

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**NIKOLAI BASSANI SANTOS NEVES**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO  
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO, BASEADA EM  
PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA E DA MOTIVAÇÃO**

**VITÓRIA, 2019**

**NIKOLAI BASSANI SANTOS NEVES**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO  
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO, BASEADA EM  
PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA E DA MOTIVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, polo 12 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física, para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti.

**VITÓRIA, 2019**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

N511s      Neves, Nikolai Bassani Santos, 1988-  
              Uma sequência didática para o ensino do  
              eletromagnetismo no ensino médio, baseada em pressupostos da  
              teoria da aprendizagem significativa e da motivação / Nikolai  
              Bassani Santos Neves. - 2019.  
              193 f.

              Orientador: Giuseppi Gava Camiletti.  
              Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) -  
              Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências  
              Exatas.

              1. Física (Ensino médio). 2. Eletromagnetismo. 3. Teoria da  
              Aprendizagem Significativa. 4. Motivação na educação. I.  
              Camiletti, Giuseppi Gava. II. Universidade Federal do Espírito  
              Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

---



**"UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO NO  
ENSINO MÉDIO, BASEADA EM PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E DA MOTIVAÇÃO"**

**Nikolai Bassani Santos Neves**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 21 de agosto de 2019.

**Comissão Examinadora**

Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti  
(Orientador PPGEnFis/UFES)

Prof. Dr. Marco Antônio Moreira  
(Membro Externo/UFRGS)

Prof. Dr. Laércio Evandro Ferracioli da Silva  
(Membro Interno PPGEnFis/UFES)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os estudantes. Que o universo nunca deixe de os maravilhar. Nem os professores.

## AGRADECIMENTOS

Ao Cosmos, cuja espetacular dança entre Matéria e Energia faz surgir a Vida. Essa linda.

Agradeço à CAPES, FAPES e CNPq, que impessoalmente sustentaram os programas que me trouxeram até aqui. Que os jovens estudantes de hoje e de amanhã possam usufruir do alento de serem amparados e valorizados.

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

Ao meu orientador Giuseppi, pela longa parceria e pela paciência. Mas também por trabalhar pelo que acredita e, principalmente, por acreditar.

Ao Alex, que trouxe para este trabalho uma renovação de ânimo. Que ela se multiplique sempre mais, contagie outros, e não te falte, jamais!

Aos grandes mestres que souberam proporcionar o encantamento em sala de aula: Geide, Laércio, Alfredo, Capai, Narciso, Candotti, Vitorino, Gallen, Abdalla... e mesmo antes, Gontijo e José Mário. Bons exemplos são como refrigerios no caminho!

À namorada, noiva, esposa e agora mãe Patrícia, que passou por toda essa progressão de status enquanto eu fazia o mesmo mestrado duas vezes, no tempo de três. Obrigado pela franqueza, companheirismo, e pelas revisões e formatação. Junto com o pequeno Oliver, pela paciência de Jó e por serem minha inspiração. Finalmente poderemos tocar música, passear no parque, e arrumar a despensa!

Aos meus pais Fábio e Zezé, agradeço por me permitirem seguir minhas ambições livremente, me mostrando pelo exemplo a preciosidade de sermos autênticos na vida, e por todo apoio e esforço em garantir que isso fosse possível. Ou seja, por se preocuparem, verdadeiramente, com a minha educação. Como professor e pesquisador hoje reconheço essa nobreza na criação dos filhos. Obrigado. Pacas!

Aos meus irmãos Dimitri e Yuri, por todo o respeito e parceria, e pelos exemplos (e contraexemplos) que todo filho do meio tem a bênção de receber, quando seus irmãos vivem a vida com coragem. Abraços!

Ao primo João, companheiro desde sempre, terceiro irmão. Pelas longas conversas autênticas e pelo exemplo de busca incansável pelo bom e pelo justo.

Aos sogros Agnaldo e Mariângela, por todo apoio, pelo exemplo e pela energia!

Aos meus avós Jones, Léa, Geraldo e Maria da Conceição, e a seus pais. Pessoas de caráter cujas vidas deixam e deixaram frutos que tenho o orgulho e honra de encontrar aqui e ali, inesperadamente, e colher a cada dia.

À minha tia Gilda, que me mostrou o mundo. Se mais pessoas seguissem a filosofia de passar adiante o que de bom receberam, o mundo e suas relações seriam mais leves, dinâmicos e felizes. (E o seu trabalho seria mais fácil, *for sure*).

Aos amigos que me acompanharam nessa estrada acadêmica, reduzindo a aridez que muitas vezes atravessamos: Polyanna, Geandré, Nathália, Arthur, Thiago, Mário, Jonathan, Alex Silva, Messias, Conrado, Raphael, Sandro, Aysha... Muitos dos quais desbravaram essa rota da pós-graduação antes de mim. Exemplos.

Aos colegas de mestrado, de tantas turmas que já nem sei! Rafael, Ernani, Wilson, Túlio, Chico, Robson, João Mauro, Rodolfo, Sanderley, Estevão, Robson, Rogério, Rosa, João Zandomênico... O mais rico desse processo foi viver os momentos de aprendizagem podendo contar com a visão de cada um de vocês!

E por fim, e mais importante, aos meus alunos! Aos que colaboraram diretamente para esse trabalho a primeira vez, aos que colaboraram diretamente para esse trabalho a segunda vez, aos que tiveram que aturar minhas aulas despreparadas enquanto eu preparava as aulas do mestrado (paradoxo). Vocês são a razão disso tudo, que os frutos dessa parceria se multipliquem!

“Acredito muito mais em um homem que se dedica mental e fisicamente a uma questão, do que em seis que meramente falam sobre ela.

A natureza é nossa amiga mais gentil e a melhor crítica em ciência experimental, se apenas permitirmos que suas insinuações caiam desviesadas em nossa mente.

Não há nada melhor do que a experimentação, que não só permite a evolução a partir do erro, mas que por meio dele oferece grande avanço no conhecimento (um prêmio por nossa humildade em sermos reprovados).”

Michael Faraday  
(Carta a John Tyndall, 1851. Tradução nossa.)

## RESUMO

Descreve o processo de montagem, utilização e avaliação de uma sequência didática sobre Eletromagnetismo (Magnetismo e Indução Eletromagnética) que foi aplicada com turmas de alunos do 3º ano do Ensino Médio da rede estadual de ensino do Espírito Santo, em Vitória. A sequência constitui material complementar para uso com o livro “Física: aula por aula, volume 3” de Barreto e Xavier (2013), mas encontra-se adaptada com material que pode ser empregado juntamente com qualquer outro livro didático de Ensino Médio que cubra o assunto. Trata-se de orientações de montagem e roteiros de uso de experimentos, de material multimídia disponibilizado em pasta compartilhada online, bem como sugestões de sequenciamento dos conteúdos a serem abordados em sala de aula. O conteúdo apresentado pelo livro-texto foi reduzido a fim de se adequar à carga horária anual de 80h da rede estadual de ensino do Espírito Santo, mas buscou-se manter a relação de conteúdos, competências e habilidades trazidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais) e suas orientações PCN+ (BRASIL, PCN+), as matrizes curriculares do Enem (INEP, 2014) e do Paebes (PAEBES), o Currículo Básico das Escolas Estaduais (SEDU, 2009) e as orientações curriculares correspondentes (SEDU, 2017). Foi utilizada como base para o trabalho a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 2009, 2011a, 2011b, 2012, 2016,), complementada pela técnica de Instrução pelos Colegas (ARAÚJO; MAZUR, 2013, CROUCH et al., 2003) como forma de negociação de significados, e com elementos de estudos sobre Motivação compilados por Bzuneck (2010). O estudo teve delineamento quase-experimental, com uso de grupo controle e grupo experimental com pré e pós-testes e questionários de opinião. A avaliação da implementação lançou mão de testes estatísticos e de análise qualitativa do diário do professor e das opiniões dos alunos, investigadas com Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977), indicando que houve maior avanço no aproveitamento do curso pelos alunos das turmas experimentais entre o pré e o pós-teste do que pelos alunos das turmas controle. Os registros do professor corroboram os elementos das teorias empregados em sala e as opiniões dos alunos foram de aprovação da sequência, principalmente pela abundância de experimentos e pelas relações estabelecidas entre conteúdo e cotidiano. Conclui-se que o avanço mais pronunciado nos escores do grupo experimental parece decorrer do emprego do corpo teórico escolhido, e que, no entanto, é desejável fazer um

estudo com universo mais amplo de alunos, professores e escolas, de modo a reduzir a relevância de fatores fora do nosso controle. Por fim, o trabalho do mestrado profissional se mostra sobremaneira transformador para professores mestrados, pois contribui para a formação de suas faces pesquisadoras à medida que aperfeiçoa a prática profissional.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Eletromagnetismo. Instrução pelos Colegas. Motivação.

## ABSTRACT

Describes the process of assembly, use and evaluation of a didactic sequence on Electromagnetism (Magnetism and Electromagnetic Induction) that was applied with classes of students of the 3rd year of High School of the state education network of Espírito Santo, in Vitória. The sequence is a complementary material for use with Barreto and Xavier's book "Física: aula por aula, volume 3" (2013), but it is adapted with material that can be used in conjunction with any other high school textbook that covers the subject. These are assembly guidelines and experiment guides, multimedia material available in online shared folder, as well as suggestions for sequencing the contents to be addressed in the classroom. The content presented by the textbook was reduced to fit the annual 80-hour class schedule of the Espírito Santo state education network, but the content, skills and abilities brought by the National Curricular Parameters (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais) and its Guidelines (BRASIL, PCN+), the Enem (INEP, 2014) and Paebes (PAEBES) curricula, the Basic Curriculum of State Schools (SEDU, 2009) and the corresponding curricular guidelines (SEDU, 2017). In this work, we used the Meaningful Learning Theory (AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 2009, 2011a, 2011b, 2012, 2016) as a basis for the study, complemented by Peer Instruction (ARAÚJO, MAZUR, 2013, CROUCH et al. 2003) as a way of negotiating meanings, and with elements of studies on Motivation compiled by Bzuneck (2010). The study had a quasi-experimental design, with use of control group and experimental group with pre and post-tests and opinion questionnaires. The evaluation of the implementation made use of statistical tests and also qualitative analysis of the teacher's diary and the opinions of the students, investigated with Content Analysis (BARDIN, 1977), indicating that there was more progress made in the test scores by the students of the experimental groups, between the pre and post-tests, than by the students in the control group. The teacher's records corroborate the elements of the theories used in the classroom and the students' opinions were of approval of the sequence, mainly due to the abundance of experiments and the relations established between the topics studied and daily life. It is concluded that the most pronounced advance in the scores of the experimental group seems to result from the use of the chosen theoretical body, and that nevertheless it is desirable to make a study with a larger universe of students, teachers and

schools, in order to reduce the relevance of factors out of our control. Finally, the work of the professional master's degree course is particularly transformative for master's professors, since it contributes to the formation of their researcher side while simultaneously improving their professional practice.

Keywords: Meaningful Learning. Electromagnetism. Peer Instruction. Motivation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Código QR do URL com os arquivos compartilhados. ....	19
Figura 2 – Diagrama do método de utilização da Instrução pelos Colegas.....	35
Figura 3 – Código QR para o vídeo com o experimento que exemplifica uma aplicação da Força Magnética. ....	67
Figura 4 – Exemplo de box plot horizontal. ....	77
Figura 5 – Exemplos de diagramas de caixa relacionando a idade de pacientes com incontinência urinária e a duração dos sintomas, em meses.....	78
Figura 6 – Uma distribuição normal de dados, ou curva gaussiana. ....	79
Figura 7 – Porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas/em branco de todos os testes respondidos. ....	83
Figura 8 – Histogramas das notas de pré e pós-testes dos grupos experimental e controle. ....	92
Figura 9 – Diagramas de caixa com as notas dos pré-testes e pós-testes para os grupos controle e experimental. ....	93
Figura 10 – Diagrama de caixa comparando notas do pré-teste para grupo experimental e controle. ....	96
Figura 11 – Diagrama de caixa comparando notas do pós-teste para grupo experimental e controle. ....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das atividades desenvolvidas em cada aula da SD e o respectivo pressuposto teórico que norteou seu desenvolvimento.....	72
Tabela 2 – Diferenciação do tratamento entre grupos experimental e controle, com relação aos pressupostos teóricos adotados.....	73
Tabela 3 – Categorias para análise das respostas dadas pelos alunos no MI. ....	82
Tabela 4 – Resultados dos testes de normalidade.....	93
Tabela 5 – Resultados dos testes de Wilcoxon com a hipótese nula de que “os valores do pré e do pós-testes foram iguais”, refutada em ambos os casos.....	94
Tabela 6 – Resultados dos testes de comparação entre os grupos, com a hipótese nula de que não há diferença significativa nos valores dos testes entre o GE e o GC.....	98
Tabela 7 – Categorização das respostas sobre o que os alunos mais gostaram nas aulas de Eletromagnetismo.....	100
Tabela 8 – Categorização das respostas sobre o que os alunos menos gostaram nas aulas de Eletromagnetismo.....	102
Tabela 9 – Ocorrência de respostas “sim”, “não” e em branco sobre ver utilidade no Estudo do Eletromagnetismo.....	102
Tabela 105 – Categorização dos exemplos dados sobre as utilidades práticas de estudar Eletromagnetismo.....	103
Tabela 11 – Ocorrência de respostas “sim”, “não” e em branco sobre ver vantagem em montar o experimento sobre indução, do ponto de vista do aprendizdo.....	104
Tabela 12 – Categorização do complemento da pergunta 4: exemplos de vantagem em montar o experimento sobre indução, do ponto de vista do aprendizdo.....	105
Tabela 13 – Categorização das sugestões dadas pelos alunos.....	106

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AS – Aprendizagem Significativa

CBEE – Currículo Base das Escolas Estaduais (ES)

C – Correta (classificação de respostas)

CN – Ciências da Natureza

EEEM – Escola Estadual de Ensino Médio

EM – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

ERP – Escola Renato Pacheco

GC – Grupo Experimental

GE – Grupo Controle

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

I – Incorreta (classificação de respostas)

IC – Iniciação Científica

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IpC – instrução pelos Colegas

MNPEF – mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PC – Parcialmente Correta (classificação de respostas)

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

Pibid – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PNLD – Programa Nacional do Livro e Material Didático

PPGenFis – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES

SAE – Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República

SD – Sequência Didática

SEDU – Secretaria de Estado de Educação

SEGES – Secretaria de Gestão, Planejamento e Comunicação de Vitória

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

UEPS – Unidade(s) de Ensino Potencialmente Significativa(s)

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

URL - Localizador Uniforme de Recursos (em inglês)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1	TRABALHOS ANTERIORES.....	19
1.2	ESCOLHA DOS REFERENCIAIS .....	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
2.1.1	Conhecimentos Prévios.....	23
2.1.2	Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa.....	24
2.1.3	Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Recepção .....	25
2.1.4	Condições para Ocorrência da Aprendizagem Significativa .....	26
2.1.5	Ausência de Subsunoçores e os Organizadores Prévios .....	27
2.1.6	Evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa .....	29
2.1.7	Assimilação.....	30
2.1.8	Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora.....	31
2.1.9	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS.....	32
2.1.10	Instrução Pelos Colegas, Negociação de Significados e Consolidação.....	33
2.1.10.1	Instrução Pelos Colegas na Prática .....	34
2.1.10.2	Efeitos Conhecidos .....	35
2.2	ESTRATÉGIAS PARA MOTIVAÇÃO DE ALUNOS.....	37
2.2.1	A Predisposição para Aprender e Estratégias para Motivação .....	37
2.2.2	Motivação para todos.....	37
2.2.3	Estratégias de Embelezamento .....	38
2.2.4	Cautela e Limitações no uso de Embelezamentos .....	39
2.2.5	Desafios e Feedback do Professor .....	40
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
3.1	OBJETIVOS E DELINEAMENTO .....	42
3.2	CONTEXTO DO ESTUDO E SUJEITOS.....	46
3.3	ESCOLHA DE TEMA E LEVANTAMENTO DO CONTEÚDO EM DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	48
3.3.1	Parâmetros Curriculares Nacionais.....	49
3.3.2	Exame Nacional do Ensino Médio .....	53
3.3.3	Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo - Paebs.....	54
3.3.4	Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo – SEDU .....	55
3.3.5	Considerações .....	57

3.4	ELABORAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	58
3.4.1	O Livro Texto .....	58
3.4.2	Definição de Conteúdo .....	59
3.4.3	Trabalho conjunto com graduando - aluno de Iniciação Científica.....	60
3.4.4	Estrutura e utilização da Sequência Didática.....	62
3.5	OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....	74
3.6	TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE ANÁLISE DE DADOS .....	77
3.7	TÉCNICAS QUALITATIVAS DE ANÁLISE DE DADOS .....	80
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>81</b>
4.1	PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE .....	81
4.1.1	Os testes estatísticos e diagramas de caixa .....	91
4.2	OPINIÕES DOS ALUNOS.....	99
4.3	OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR .....	107
4.3.1	Balanço da SD .....	107
4.3.2	A Dinâmica da SD .....	1079
4.3.3	Impressões sobre os 6 pressupostos adotados.....	114
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>122</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>126</b>
	APÊNDICE A – PRÉ E PÓS-TESTES, QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	132
	APÊNDICE B – TABELA DE DADOS E CÓDIGOS DO R USADOS .....	140
	APÊNDICE C - MINIATURAS DAS APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA .....	148
	APÊNDICE D - PRODUTO EDUCACIONAL.....	152

## 1 INTRODUÇÃO

Em sua época de Ensino Médio, foi frustrante para o autor constatar que os colegas alunos, em sua maioria, não cultivavam muitos amores pela Física. O formalismo do raciocínio lógico e matemático parecia ser uma grande preocupação, roubando a atenção que devia estar no comportamento da natureza em si, na beleza dos fenômenos. Beleza que se reserva com exclusividade aos olhares mais cuidadosos. Nesse contexto nasceu a vontade de cursar Física: munir-se de ferramental para revelar a quem fosse as maravilhas que a natureza reserva. Muitas oportunidades foram aproveitadas durante a graduação, atuando no Planetário de Vitória, em observatórios astronômicos, nas Mostras de Física e no Show de Física da Ufes. Mal foi concluída a graduação e seguiu-se o início da prática docente e o ingresso como aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ligado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da Ufes. No mestrado, o contato com colegas docentes proporcionou uma visão ampla do cotidiano de várias instituições de ensino e, com isso, vieram constatações: a primeira afirmação deste parágrafo é universal, independente da rede de ensino; os licenciados em física são escassos no ES (e poucos se formam a cada ano, apesar de muitos ingressarem nas graduações); os índices de domínio do conteúdo de física pelos alunos, apresentados pelo Paebes (Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo), revelam como a maioria figura abaixo do nível básico; a realidade das salas de aula escolas afora é complexa e desafiadora, desafiando o professor a promover a motivação para aprender e; não se está sozinho nesta empreitada.

Esta dissertação representa um esforço de balancear basicamente dois fatores: num lado o anseio de trazer aos alunos uma abordagem fenomenológica, encantadora, aguçando seus olhares e aprofundando suas compreensões sobre a natureza, e no outro as demandas da realidade das escolas públicas da rede estadual do Espírito Santo e de exames como o Paebes e o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Para isso são apresentados no capítulo 2 os referenciais teóricos com os quais travou-se contato e julgaram-se adequados para esse desafio. No capítulo 3 é descrito de que forma as teorias contribuíram para a concretização de uma proposta de intervenção com turmas

de 3º ano do Ensino Médio, e traz-se detalhes dessa proposta. O capítulo 4 lança um olhar crítico sobre a execução da intervenção, uma avaliação do processo em aspectos qualitativos e quantitativos. O capítulo 5 faz um balanço sobre o que foi proposto e o que foi alcançado e discute os crescimento pessoal e profissional trazidos pelo processo. No capítulo 6 encontram-se as referências bibliográficas em sua maioria citadas diretamente no texto, mas algumas referências representam leituras que auxiliaram no desenvolvimento de forma mais imprecisa e dispersa, não sendo citadas no corpo do trabalho. No apêndice A encontram-se os testes que foram utilizados para a análise quantitativa estatística. No apêndice B tem-se a tabela com os dados compilados desses testes, bem como códigos utilizados no programa R e seus resultados. O apêndice C traz miniaturas das apresentações multimídia citadas no texto e disponíveis na pasta compartilhada online<sup>1</sup>. O apêndice D traz o Produto Educacional resultante desta dissertação, revisado após a primeira aplicação. A saber, uma Sequência Didática sobre Eletromagnetismo (Magnetismo e Indução Eletromagnética) que será mais bem descrita no capítulo 4, e está disponível na mesma pasta compartilhada.



**Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre**

*Figura 1 – Código QR do URL com os arquivos compartilhados (escaneie com dispositivos móveis). Fonte: QR CODE GENERATOR.*

## 1.1 TRABALHOS ANTERIORES

---

<sup>1</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

A utilização dos pressupostos da Aprendizagem Significativa em trabalhos anteriores do programa tem indicado resultados positivos. Silva (2015) produziu e depois utilizou um material instrucional sobre Movimento baseado na teoria de Ausubel com um grupo experimental numa escola de aprendizes marinheiros e o grupo obteve rendimento superior ao grupo controle. Muniz (2016) obteve resultado semelhante com turmas menos numerosas em escola estadual de ensino médio abordando o tema “Energia”. Libardi (2014) construiu uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre Termodinâmica com os pressupostos de Ausubel e Moreira e encontrou crescimento significativo da qualidade (conceitos, proposições válidas, proposições cruzadas e hierarquia) dos mapas conceituais produzidos pelos alunos, sobre a matéria. Benaquio (2016) também fez uso de mapas conceituais, além de avaliações somativas, ao abordar o Efeito Fotoelétrico, e também observou evolução na qualidade dos mapas e no rendimento dos alunos. Em processo semelhante, Pereira (2016) também observou evolução mais consistente no rendimento dos alunos do grupo experimental, bem como na qualidade de seus mapas conceituais, ao abordar a Cinemática e as Leis de Newton para o estudo do movimento.

Os resultados anteriores têm demonstrado um retorno positivo na utilização de Materiais Instrucionais e Sequências Didáticas baseadas nos pressupostos da Aprendizagem Significativa em sala de aula, com relação a aprendizagem dos alunos.

O presente trabalho inova com relação aos anteriores no sentido de não construir todo um material didático novo, mas utilizar um material didático já existente como base de trabalho e anexar a ele um produto que corresponde a orientações ao professor e material de apoio, como um complemento, trazendo sugestões de experimentos, técnicas como a Instrução pelos Colegas, material multimídia, etc. Esse caminho será mais bem descrito no capítulo 3. Baseia-se na crença de que apresenta maior replicabilidade: é mais provável que um professor utilize um produto como complemento ao material didático já disponível na escola (seja através do Plano Nacional do Livro Didático ou da compra de livros didáticos nas escolas da rede privada) do que opte por substituir seu material didático pelo produto aqui apresentado.

## 1.2 ESCOLHA DOS REFERENCIAIS

A Teoria da Aprendizagem Significativa teve sua primeira grande publicação em 1968, das mãos do estadunidense David Paul Ausubel. Desde então a teoria se aprimorou em novas publicações e foi adquirindo novos tons dos retoques de outros pesquisadores que se debruçaram sobre o tema, principalmente Joseph Novak, conterrâneo de Ausubel, numa parceria que rendeu a primeira grande publicação em 1980.

Tendo iniciado a atuação profissional juntamente com o mestrado, o autor da presente dissertação ainda tinha pouco conhecimento sobre a teoria e seus pressupostos, mas pouco a pouco foi se tornando claro que se trata efetivamente de uma teoria de aprendizagem, e não uma teoria da cognição como a maioria das demais com as quais teve contato. Esse fato atraiu sua atenção e decidiu que deveria aprofundar-se no tema e compreender suas possibilidades e limites na realidade da docência. Alguns elementos da teoria com os quais teve o primeiro contato nas disciplinas do mestrado indicavam que ela tem uma estrutura bem organizada, podendo culminar em aplicações precisas na relação professor-aluno. Levando essa ideia adiante, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) tomou seu lugar no trabalho.

Debruçando-se sobre a teoria de Ausubel, é notável que ele aponte duas condições essenciais para a ocorrência da aprendizagem significativa: a utilização de um material potencialmente significativo e a predisposição do aprendiz. Um pouco mais sobre cada um segue abaixo, mas este segundo tópico conduziu o mestrando a buscar elementos complementares em outros autores. Bzuneck (2010) traz uma compilação de várias estratégias que podem auxiliar na motivação do aluno em sala de aula. Acreditando que estas estratégias podem contribuir para aumentar a predisposição do aluno, as sugestões de Bzuneck (ibid.) também foram incorporadas a este trabalho.

As teorias apresentam mecanismos de funcionamento da cognição ou da aprendizagem, mas cabe a cada mestrando profissional adaptar atividades concretas

que tragam esses elementos abstratos para a realidade das relações na escola. O desafio de sustentar o engajamento dos alunos em discussões e negociações de significado com o professor, bem como o de proporcionar momentos que estimulem a interação entre os alunos e a construção coletiva do conhecimento, aproximaram esta dissertação do trabalho de Araújo e Mazur (2013). A técnica da Instrução pelos Colegas foi utilizada nesse contexto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Utilizou-se como principal referência da Aprendizagem Significativa a obra de Marco Antônio Moreira: UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS versão 6.0 (MOREIRA, 2011b), onde encontra-se uma leitura dos principais conceitos da teoria para o professor que pretende utilizá-la em sala de aula. A releitura de Moreira foi escolhida justamente por já apresentar uma sistematização que tem em vista a sala de aula.

Considera-se a aprendizagem como significativa quando ela ocorre de maneira não-arbitrária nem literal, afastando-se de um processo mecânico onde são decoradas e reproduzidas frases prontas. Aprender significativamente implica em articular o novo conhecimento com outros, os *conhecimentos prévios*, consolidando progressivamente uma estrutura cognitiva mais abrangente: o emprego do conhecimento aprendido de maneira significativa estende-se a outras situações, diferentes daquela na qual ocorreu a aprendizagem, sempre que o aprendiz reconhece os padrões em comum. Essa prática diferencia os conceitos ainda mais uns dos outros e, na medida em que suas relações com os demais conhecimentos vai se tornando mais clara, os integra mais e mais à estrutura cognitiva. A aprendizagem mecânica não possibilita a transferência dos conhecimentos, nem tampouco a diferenciação progressiva ou tal reconciliação integradora.

Propõe-se ainda outras condições para a ocorrência de aprendizagem significativa, além da presença de conhecimentos prévios. Uma delas é a existência de material potencialmente significativo, ou seja, que os novos conhecimentos estejam apresentados de maneira lógica e suficientemente não-arbitrária (não se refere exclusivamente a material didático, mas a tudo que possa proporcionar o aprendizado ao aprendiz). Outra é que haja intencionalidade para aprender significativamente: que o aprendiz esteja disposto a empregar um esforço cognitivo extra, se comparado à aprendizagem mecânica.

### *2.1.1 Conhecimentos Prévios*

Na visão de Moreira, e segundo o próprio Ausubel (apud MOREIRA, 2011b) o fator mais importante a ser levado em conta num processo de aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Dessa forma é necessário algum tipo de identificação do que ele traz como **conhecimentos prévios**, uma atividade que, na prática, pode ser levada a vários níveis: a sondagem desses conhecimentos prévios pode ser tão complexa quanto se desejar, sendo limitada pela disponibilidade de trabalho e pelas ferramentas que são encontradas para identificar conceitos e relações na **estrutura cognitiva** do aluno. Importante salientar que com a expressão “o que o aluno já sabe” não se indica aqui apenas a ideia de “pré-requisitos” para o estudo dos novos conceitos, mas importa ao professor ir além e conhecer de maneira mais ampla o universo no qual o aluno está inserido conceitualmente, ou seja, a organização de conceitos, ideias e proposições que ele possui, uma vez que todos esses elementos poderão servir como subsídios para a atividade docente. O cerne dessa prática é, por um lado, identificar o que o aluno já sabe, identificar e organizar por outro lado o que se pretende ensinar, e então trabalhar para relacionar as duas coisas de maneira que toda intervenção encontre ressonância naquilo que já lhe é conhecido, auxiliando o aprendiz a estabelecer significados num novo contexto.

### 2.1.2 *Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa*

Compreendida a questão dos conhecimentos prévios, faz-se necessário definir como deve ser a aprendizagem. **Aprendizagem significativa** é o conceito central da teoria de Ausubel, representando um processo no qual as novas informações se relacionam com a estrutura cognitiva do aprendiz em pontos muito específicos chamados **conceitos subsunçores**, cuja serventia é semelhante à de um “ancoradouro” para as novas informações. Esse processo de ancoragem não ocorre de maneira literal (simplesmente ao pé da letra) nem arbitrária, aleatória, mas “de maneira substantiva e não arbitrária”, nas palavras de Moreira (2012), ou seja, diretamente com subsunçores específicos. O subsunçor não é necessariamente um conceito, mas pode ser uma ideia ou uma proposição existente, o fundamental é que ele seja capaz de interagir com as novas informações. Ao mesmo tempo que essa **interação** possibilita a “inclusão” da nova informação na estrutura cognitiva, provoca também a modificação de ambos: do novo conhecimento e do próprio subsunçor, configurando um processo contínuo e dinâmico de aprendizagem. O conceito subsunçor “máquina” é um bom exemplo: a cada nova máquina conhecida pelo aprendiz (térmica, simples, pneumática, pública etc.), esse subsunçor crescerá, se tornará mais abrangente e elaborado. Com o tempo esse subsunçor e a própria estrutura cognitiva se tornam mais estáveis, de maneira progressiva, ampliando suas capacidades de servirem como subsunçores a novas informações sobre máquinas.

A contraparte desse processo é a aprendizagem mecânica, ou automática, na qual a nova informação é “armazenada” de maneira arbitrária e literal, numa espécie de memorização que praticamente não oferece contribuição para a elaboração de elementos da estrutura cognitiva, já que a interação entre novos conhecimentos e subsunçores não é observada. Essa forma de aprendizagem é a que mais comumente observamos quando um estudante procura memorizar informações para uma prova que cobra conhecimentos de maneira isolada, sem articulação com novas situações e problemas.

Para promover a aprendizagem significativa, fica evidente a importância dessa interação entre conhecimentos novos e subsunçores. Observa-se que ela pode ser

efetivada em diferentes intensidades formando um contínuo, desde praticamente nenhuma interação até uma interação intensa que modifica profundamente a estrutura cognitiva. Ausubel propõe que a aprendizagem mecânica e a significativa representam assim os dois extremos desse contínuo.

### *2.1.3 Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Recepção*

Um segundo contínuo independente do apresentado tem como extremos a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção. Ambas podem ocorrer tanto significativamente quanto mecanicamente, de acordo com o estabelecido acima. A aprendizagem por recepção já apresenta o conteúdo para o aluno em sua forma final, enquanto na outra modalidade o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Relacionando os dois contínuos, um exemplo de aprendizagem por descoberta que pode ocorrer mecanicamente é a aprendizagem da solução de um determinado quebra-cabeças, pois a disposição das peças pode ser incorporada de maneira arbitrária à estrutura cognitiva do indivíduo. Nos outros extremos, uma lei da Física pode ser aprendida significativamente sem que o aluno a tenha que descobrir, desde que ao recebê-la “pronta” seja capaz de associá-la aos subsunçores adequados. A instrução baseada em aprendizagem receptiva tem seu lugar principalmente quando se apresenta um grande volume de conhecimento, e não deve ser condenada, desde que sua execução esteja voltada para facilitar a aprendizagem significativa. A aprendizagem por descoberta, por exigir uma organização diferenciada e mais tempo, seria impraticável nesse contexto específico, mas torna-se essencial em situações como a aprendizagem de procedimentos científicos, ou mesmo na vida diária afastada do contexto escolar, quando a maioria de nosso aprendizado ocorre por descoberta.

Importante ponderar que a aprendizagem por descoberta tende a predominar nas fases iniciais do desenvolvimento cognitivo de uma criança, como na idade pré-escolar e possivelmente nos primeiros anos de escolarização, quando os conceitos e proposições são adquiridos em processos indutivos baseados em experiência não-verbal e concreta. Posteriormente, com a maturidade cognitiva, poderá predominar a

aprendizagem por recepção, quando proposições e conceitos apresentados verbalmente podem interagir com subsunçores mesmo na ausência de experiência empírico-concreta. Gelman (1999) critica estas afirmações sobre as épocas iniciais do desenvolvimento, e também traz implicações para o estabelecimento dos primeiros subsunçores de um indivíduo. Mas como o público-alvo aqui é o ensino médio, que se encontra 10 anos além da idade pré-escolar, não será aprofundada essa discussão.

#### 2.1.4 Condições para Ocorrência da Aprendizagem Significativa

Adicionalmente a levar-se em conta os conhecimentos prévios dos aprendizes, há ainda dois condicionantes para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Uma condição é que o material utilizado nas aulas seja potencialmente significativo. Nas palavras de Moreira (2016):

A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais, ou duas condições subjacentes, quais sejam, a natureza do material, em si, e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto à natureza do material, ele deve ser "logicamente significativo" ou ter "significado lógico", i.e., ser suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não-arbitrária, a ideias, correspondentemente relevantes, que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável.

De um modo geral, todo conteúdo que é ensinado na escola tem *significado lógico*. O *significado psicológico*, por outro lado, é um conceito ausubeliano que se faz presente quando há relacionabilidade substantiva e não-arbitrária entre o significado lógico do material e a estrutura cognitiva de um aprendiz em particular. Nota-se aqui como a adequação do material ao aprendiz é essencial no processo da aprendizagem significativa. Cabe ao professor, portanto, ter clareza da estrutura do que quer ensinar, de forma a saber quais os subsunçores específicos necessários a esse aprendizado e então trabalhar para relacionar esses subsunçores às novas informações, utilizando como suporte o material potencialmente significativo. Ressalta-se que por mais que o significado psicológico seja estabelecido de maneira muito pessoal para

cada aprendiz, observa-se que certos elementos culturais podem constituir uma base comum de subsunçores, tornando possível ao professor trabalhar a criação desse significado psicológico mesmo numa turma aparentemente diversa. Em uma comunidade onde predomine a economia pesqueira, por exemplo, estarão presentes na estrutura conceitual dos indivíduos conceitos como marés, espécies de peixes, dinâmica de ventos etc. E ainda que esses conceitos não estejam presentes da maneira como cientificamente são aceitos, podem servir como uma base para o trabalho do professor.

Além da condição de que o material seja potencialmente significativo (onde o autor mestrando inclui também a responsabilidade do professor em explorar esse potencial), Ausubel estabelece que o aprendiz deve manifestar disposição para relacionar tal material à sua estrutura cognitiva, de maneira substantiva e não-arbitrária. De fato, todos os esforços do professor em prol de uma aprendizagem significativa serão vãos se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizar arbitrária e literalmente o novo material. Evitando o risco e o conforto de atribuir toda a responsabilidade ao aprendiz, foram encontrados vários elementos apresentados por Bzuneck (2010) que podem servir de auxílio neste impasse. Eles são apresentados na seção 2.2.

### *2.1.5 Ausência de Subsunçores e os Organizadores Prévios*

Uma questão muito pertinente no contexto educacional diz respeito ao que fazer quando os subsunçores identificados como necessários parecem não estar presentes na estrutura cognitiva do(s) aprendiz(es).

Abrindo um parêntese nessa revisão: no ambiente de professores do Ensino Médio é habitual encontrá-los, durante os momentos de planejamento, comentando sobre como pode-se proceder nas aulas que seguem, pois aparentemente os alunos vêm chegando do Ensino Fundamental sem os conhecimentos considerados minimamente necessários para terem sucesso na sequência dos estudos. O autor observa costumeiramente 3 tipos de atitude: a dos que apenas lamentam o fato e

seguem seus planos de aula sem alterações; a dos que, muito preocupados com o tempo disponível e com o volume de conteúdo à frente, acrescentam algumas informações que buscam estabelecer relações com a vivência dos estudantes, ainda que de maneira apressada; e a dos que se dispõem a “sacrificar” tempo de aula para retomar conteúdos anteriores de forma a estabelecer alguma base para seguir em frente, sem muita segurança sobre se esse método surte todo o efeito desejado ou não. A primeira opção é vã. Ingênua, até. A segunda parece obter algum sucesso para os alunos que estejam com uma defasagem pequena com relação aos subsunçores esperados para o contexto da disciplina. A terceira opção é mais eficiente para os que apresentam uma defasagem maior, mas pode ser estafante para os que estão mais “em dia” com os conteúdos, além de comprometer o planejamento anual da disciplina. Na impossibilidade de intervir nas séries anteriores e sanar o problema, parece importante ter recursos para optar pela segunda ou terceira opções de acordo com o perfil de cada classe de alunos. Para isso observamos algumas estratégias de Ausubel e Novak.

Novak, que chegou a trabalhar com Ausubel e em muito contribuiu para a Teoria da Aprendizagem Significativa, propôs em 1977 (apud MOREIRA, 2016) que a aprendizagem mecânica pode ser utilizada numa área completamente nova para o aprendiz como uma forma de inserir alguns elementos de conhecimento dessa área em sua estrutura cognitiva que possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados, até que a aprendizagem comece a se tornar significativa e esses subsunçores fiquem mais diferenciados e capazes de servir de ancoradouro a novas informações.

Ausubel propõe uma outra possibilidade, na qual utilizam-se materiais introdutórios antes do material que se quer apresentar. Esses materiais recebem o nome de **organizadores prévios** e têm um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade que o material mesmo. Essa generalidade diferencia os organizadores prévios de introduções ou “visões gerais” comuns, que seriam apresentações no mesmo nível de inclusividade e abstração do material. Os organizadores prévios não têm uma definição muito específica, e Moreira (2016) coloca que Ausubel é criticado por essa imprecisão. Determinado material será um organizador prévio em determinado contexto: para um determinado material de aprendizagem, uma determinada faixa etária de aprendizes e determinado grau de familiaridade destes

com o assunto a ser aprendido. O essencial é que o organizador prévio busque preencher a lacuna que há entre o que o aluno sabe e o que precisa saber, numa estratégia de manipulação da estrutura cognitiva. Funciona como uma ponte que provê noções de um conhecimento em um nível maior de organização para que os novos conceitos mais específicos possam ser incorporados de maneira estável à estrutura cognitiva. Havendo a adequação necessária, tal organizador pode ser, por exemplo, um texto, uma discussão, uma demonstração, um filme ou um vídeo.

Retomando a situação de planejamento no colégio que apresentei, parece que a solução proposta por Novak guarda certa relação com a segunda e terceira opções, em que podem-se apresentar os conceitos faltantes de maneira ligeira e visando uma aprendizagem mecânica (na segunda opção) ou de maneira mais aprofundada até o limite de apresentar os conceitos com profundidade e de maneira significativa (no extremo da terceira opção), integrando-os ao próprio conteúdo que se pretende ministrar. Já a solução apresentada por Ausubel parece identificar-se melhor com a segunda opção, numa abordagem mais ligeira que se propõe a prover um subsídio temporário para sustentar a aprendizagem significativa que se tem em vista. Enxergo uma certa semelhança entre a proposta de Novak de uma aprendizagem mecânica de base e a dos organizadores prévios de Ausubel: eles podem ocasionalmente diferir em complexidade e generalidade, mas ambos parecem cumprir bem a tarefa a que se propõem no contexto das necessidades de sala de aula. Em situações onde subsunções mais essenciais estiverem em falta, como a ausência de determinadas relações matemáticas para a Física, podem necessitar da opção mais ousada de retornar a conteúdos anteriores de maneira significativa.

#### *2.1.6 Evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa*

Com base na ideia de que “a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (AUSUBEL, apud MOREIRA, 2016), a busca por evidência de sua ocorrência deve seguir uma orientação tal que consiga “filtrar” dos resultados o aprendizado que ocorreu por memorização mecânica. Testes de compreensão que

permitem efetuar essa discriminação baseiam-se, por exemplo, na solução de problemas escritos de maneira diferente e apresentados em contextos diferentes dos encontrados no material instrucional, mas que envolvem os mesmos conceitos trabalhados. O aluno que resolver o problema terá aprendido de maneira significativa. Contudo, não se pode assegurar que o aluno que não o resolver não tenha aprendido dessa maneira, pois a resolução de um problema exige o uso de outras habilidades além da compreensão. Há ainda a possibilidade de apresentar uma lista com elementos variados e pedir que o aluno identifique os que dizem respeito ao conceito em foco, ou ainda propor uma sequência de tarefas de aprendizagem em que cada uma não possa ser realizada sem a genuína compreensão da anterior.

### 2.1.7 *Assimilação*

A *assimilação* segundo Ausubel diferencia-se do conceito de mesmo nome utilizado por Piaget, onde o novo conhecimento interage com toda a estrutura cognitiva. Novak (apud MOREIRA, 2016) aponta a diferença salientando que segundo Ausubel a assimilação ocorre com a interação do novo conhecimento com conceitos ou proposições específicas da estrutura cognitiva, os subsunçores, e não com toda ela.

O processo ocorre de forma que uma ideia, conceito ou proposição potencialmente significativa “a” é assimilado sob uma ideia, conceito ou proposição subsunçora “A” (pode ser sob mais de um subsunçor simultaneamente). A interação entre os dois provoca a modificação de ambos, que podemos representar como “a’” e “A’”. Estes permanecem relacionados participando juntos de uma nova unidade ideacional “A’a’”. Dessa forma o produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem significativa inclui a modificação da ideia-âncora.

Neste processo as novas ideias são assimiladas sem suplantarem a ideia-âncora, que permanece, ainda que modificada. Inicialmente a ideia nova e a ideia âncora são facilmente dissociáveis, mas admite-se que com o passar do tempo ocorra um processo de esquecimento, através do qual a ideia nova vai perdendo sua

dissociabilidade do subsunçor, que é mais estável. Dessa forma ocorre a chamada *obliteração*: “as novas ideias tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis da estrutura cognitiva até não ser mais possível reproduzi-las isoladamente nem se poder dizer que houve esquecimento” (MOREIRA, 2016). Assim, a “assimilação obliteradora” é um segundo estágio do processo de assimilação, conduzindo a unidade “A’a” até o grau de dissociabilidade nulo onde resta apenas “A”. Diz-se que esse esquecimento é uma continuação temporal do mesmo processo que facilita a aprendizagem. A interação com a nova ideia, contudo, deixa sua “marca”, pois o subsunçor foi modificado de “A” para “A” no processo, assim como podem ter sido modificados outros subsunçores.

#### 2.1.8 *Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora*

O processo no qual um novo conceito ou proposição é aprendido por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor é denominado *aprendizagem subordinada*. Toda vez que esse processo ocorre é promovida uma *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor, ou seja, ele recebe cada vez mais características que o tornam singular, diferente dos demais conceitos.

A reconciliação integradora ocorre principalmente com a aprendizagem *superordenada* e a *combinatória*. A aprendizagem superordenada ocorre quando um novo conceito ou proposição potencialmente significativo é adquirido(a) a partir de conceitos menos gerais e menos inclusivos que ele. Esses conceitos menos gerais são então subordinados ao novo conceito, o qual foi aprendido de maneira superordenada. A aprendizagem combinatória ocorre na ausência de relações de subordinação ou de superordenação com proposições ou conceitos específicos. Ocorre com conteúdo mais amplo existente na estrutura cognitiva, como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo. Tanto na aprendizagem superordenada quanto na combinatória ocorre uma reorganização de elementos já existentes na estrutura cognitiva, que Ausubel denomina reconciliação integradora, também denominada *reconciliação integrativa*:

Conflitos entre novos significados podem ser resolvidos através da reconciliação integrativa. Trata-se de um processo cujo resultado é o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas.

Cabe, também, destacar que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará igualmente em diferenciação progressiva adicional de conceitos ou proposições. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa (MOREIRA, 2016).

Adicionalmente, a organização conceitual na mente de um indivíduo tende a uma estrutura hierárquica na qual “as ideias mais inclusivas situam-se no topo desta estrutura e, progressivamente, abrangem proposições, conceitos e dados factuais menos inclusivos e mais diferenciados” (ibid.). Essa organização hierárquica é construída em processos dinâmicos, de forma que mesmo a aprendizagem significativa receptiva não é um processo cognitivo passivo: o processo de aquisição de significados é necessariamente ativo.

#### *2.1.9 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS*

Conforme exposto na subseção 2.2.4, uma condição para a ocorrência de aprendizagem significativa é que o material utilizado nas aulas seja potencialmente significativo. Deve ter, portanto, significado lógico, e deve também ser relacionável aos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Moreira (2011b) compila e propõe ainda uma série de princípios a partir dos quais deve ocorrer a elaboração de uma UEPS, com contribuições de Gowin, Vergnaud, Novak, Johnson-Laird e Vygotsky. Seguem alguns:

- A. o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- B. organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- C. são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;

- D. situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- E. frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- F. a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- G. o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- H. a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- I. um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- J. a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Esses princípios serviram de inspiração para nossa Sequência Didática. Não se buscou atender a todos eles, metodicamente, a fim de construir uma UEPS, mas como trabalhou-se pelo o alinhamento com a TAS, muitos desses princípios são efetivamente encontrados na SD, conforme pode ser verificado nas descrições do capítulo de Metodologia.

#### 2.1.10 *Instrução Pelos Colegas, Negociação de Significados e Consolidação*

O ponto fundamental desse método é a interação social voltada para a aprendizagem dos conteúdos que se dá ao colocar o aluno no centro do

processo educativo, atuando o professor como um facilitador dessa aprendizagem (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

A Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*, no original) é uma metodologia ativa de ensino que vem sendo desenvolvida desde a década de 1990 pelo professor Eric Mazur na Universidade de Harvard, EUA. A premissa é que os alunos possam utilizar mais o seu tempo em sala de aula discutindo o conteúdo que está sendo trabalhado do que apenas recebendo informações expostas pelo professor (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

No contexto desta dissertação, a IpC apresenta-se como uma ferramenta para promoção de negociação de significados, uma relação triádica que ocorre entre aluno, professor e materiais educativos (MOREIRA, 2016). Com o apoio dos testes conceituais, o que a técnica possibilita é intensificar a interação entre os indivíduos, com supervisão do professor, e possibilitar que mais alunos caminhem em direção à consolidação do conteúdo em questão antes de partir para os seguintes.

O fato de Ausubel chamar atenção para a consolidação é coerente com sua premissa básica de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe (MOREIRA, 2016).

#### 2.1.10.1 Instrução Pelos Colegas na Prática

A técnica consiste basicamente em fazer uma breve exposição oral de um conteúdo em sala de aula e em seguida propor questões conceituais de múltipla escolha para a classe, geralmente utilizando um projetor multimídia. O ponto alto, contudo, está na forma como se conduz a discussão em torno dessas questões conceituais.

Como critério de escolha, aconselha-se procurar questões que requeiram o entendimento e aplicação dos conceitos em estudo e não questões que possam ser respondidas com base na lembrança de algo lido ou através da simples substituição de valores em fórmulas. Usualmente, os Testes Conceituais mais eficientes na promoção de discussões entre os alunos são aqueles que apresentam como possibilidade de resposta, raciocínios associados com concepções alternativas e dificuldades dos discentes sobre o conteúdo estudado (MAZUR; CROUCH, apud ARAÚJO; MAZUR, 2013).

Por questão conceitual entende-se uma questão que trate da teoria, quer seja pura ou aplicada, mas nunca um problema que exija detalhada análise matemática. É proporcionado aos alunos um curto tempo inicial para que reflitam individualmente sobre a questão e escolham sua resposta. Ao comando do professor, todos os alunos revelam suas respostas simultaneamente: seja levantando cartões ou utilizando dispositivos eletrônicos (nesse caso é possível encaminhar as respostas exclusivamente ao computador do professor). Então, ainda sem indicar qual é a resposta correta, há 3 possibilidades para o professor: se menos de 30% dos alunos indicarem a resposta correta, a respectiva teoria é retomada para reforçar as ideias e propõe-se uma nova questão em seguida; se mais de 70% do alunos acertarem a resposta, o professor comenta brevemente a questão e segue para a próxima, ou para um próximo tópico do conteúdo; se o percentual de acertos estiver entre 30 e 70, propõe-se que os alunos procurem dialogar com os colegas à sua volta e tentem convencer uns aos outros de suas respostas, durante alguns minutos, e em seguida é feita uma nova votação. O esquema da Figura 2.1 abaixo ilustra o fluxograma de aplicação do teste em sala de aula.

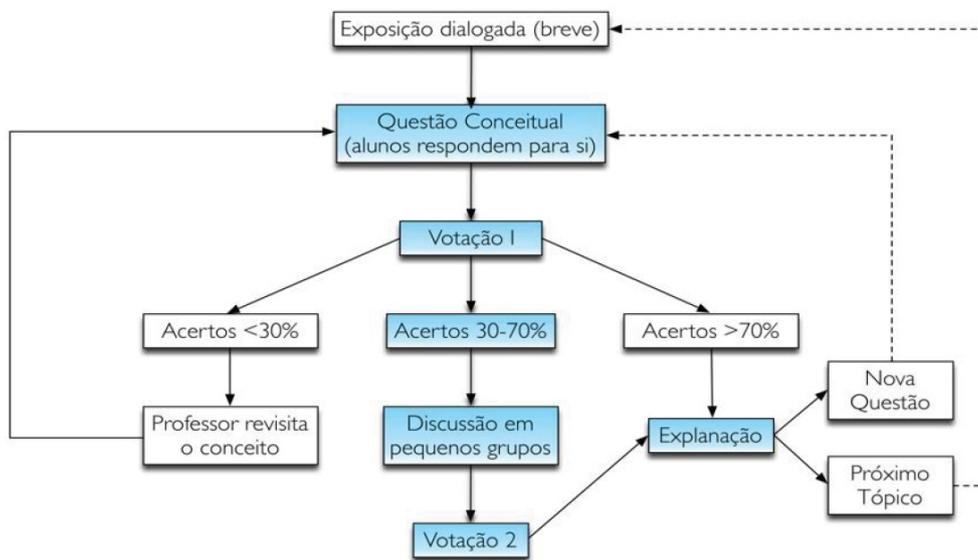


Figura 2 – Diagrama do método de utilização da Instrução pelos Colegas. Fonte: ARAÚJO; MAZUR, 2013.

### 2.1.10.2 Efeitos Conhecidos

Estratégias como a IpC e os ConcepTests foram desenvolvidas num contexto onde os alunos das disciplinas de Física iniciais em cursos de graduação pareciam desenvolver bem suas competências e habilidades em resoluções de problemas, mas concluíam a disciplina mantendo suas concepções alternativas sobre os conceitos estudados. Assim, os efeitos buscados com IpC estão relacionados à melhor compreensão conceitual dos conteúdos. Não obstante, estudos como o de Crouch (CROUCH et al., 2007) indicam ocorrer um aumento em ambas as frentes: compreensão conceitual e resolução de problemas, quando a IpC é incorporada à prática do professor ao longo de toda uma disciplina (no caso, com curso superior).

Turpen e Finkelstein (2009) analisam a utilização de IpC em 3 contextos (instituições e professores diferentes) e comparam suas práticas com foco em 3 aspectos centrais para o IpC: o nível de interação professor-aluno, o nível de interação aluno-aluno e o quanto os alunos são encorajados a construir o entendimento da questão conceitual, em contraste com simplesmente chegar à resposta correta. Os resultados apontam estatisticamente que na sala de aula onde o professor criou mais espaço para os dois tipos de interação e encorajou mais a construção do entendimento sobre a simples construção de uma resposta, os alunos declararam: sentirem-se mais confortáveis para fazer perguntas ao professor e discutir as respostas com ele; estarem mais à vontade para discutir as questões com os colegas e; valorizarem o entendimento das questões mais do que apenas a capacidade de encontrar a resposta correta. O ponto crucial dos resultados é que a utilização do método com atenção a esses 3 pontos promove a construção de uma cultura de valorização dos mesmos por parte dos alunos.

Sobre as alterações na dinâmica da aula, Crouch et al. (2007, tradução nossa) trazem a seguinte descrição:

Aulas com Instrução pelos Colegas são muito menos rígidas do que as de método convencional porque, com elas, uma certa quantidade de flexibilidade é necessária para responder aos resultados por vezes inesperados dos Testes Conceituais. O instrutor geralmente precisa improvisar com maior frequência do que no ensino convencional. Apesar de parecer inicialmente uma perspectiva perturbadora, nós descobrimos que maior flexibilidade em verdade torna o ensino mais fácil de várias maneiras, bem como mais desafiador em outras. Durante os períodos de silêncio (quando os estudantes estão pensando), o instrutor tem uma pausa para respirar e pensar. Durante as discussões de convença-seu-vizinho, o instrutor e seus assistentes podem participar de algumas das discussões. Essa participação é benéfica de duas formas. Primeiro, ajuda a ouvir os estudantes explicarem a resposta com suas

próprias palavras. Enquanto a explicação do instrutor pode ser o caminho mais direto da pergunta à resposta - o mais eficiente em termos de palavras e tempo - aquelas oferecidas pelos estudantes são frequentemente mais eficientes em convencer outro estudante, mesmo que de maneira menos direta. Algumas vezes os estudantes oferecem uma perspectiva completamente diferente sobre o problema, que pode ajudar o instrutor a explicar melhor o conceito. Com efeito, os estudantes podem ensinar o professor como ensinar. O que também é importante é que ao escutar os estudantes que raciocinaram rumo à resposta errada, pode-se ter uma noção do que se passa em suas mentes. Esse envolvimento auxilia o instrutor a melhor entender os problemas que os estudantes estão enfrentando e endereçá-los diretamente em aula. Por fim, as interações pessoais durante as discussões podem ajudar o professor a conectar-se com a turma.

## 2.2 ESTRATÉGIAS PARA MOTIVAÇÃO DE ALUNOS

### 2.2.1 *A Predisposição para Aprender e Estratégias para Motivação*

Consta na subseção 2.1.4 que outra condição para a ocorrência de Aprendizagem Significativa é que o aluno esteja disposto a integrar os novos conhecimentos de maneira significativa a sua estrutura cognitiva. Entendo que essa disposição muito se relaciona com a **motivação** que o aluno apresenta para aplicar-se ao estudo do assunto em questão. Extensa literatura debruça-se sobre o tema da motivação, mostrando como essa predisposição não é algo simples de ser compreendido, dentro do universo de cada aluno. No contexto do mestrado profissional, encontrei em Bzuneck (2010) uma compilação de opções práticas diretamente aplicáveis à realidade de sala de aula. Tendo em mente que esta é uma compilação do trabalho de muitos autores, faço aqui um apanhado dos aspectos que mais transformaram a minha própria prática e que foram levados em conta na produção e/ou utilização do produto desta dissertação.

### 2.2.2 *Motivação para todos*

A primeira contribuição do material compilado por Bzuneck (MITCHELL, apud BZUNECK, 2010) ocorre no sentido do professor ocupar-se da motivação de toda

uma turma, pois concentrar esforços nos alunos que parecem mais desmotivados pode deixar de lado muitos outros que têm uma motivação frágil, sendo possivelmente movidos apenas pelo desejo de se desincumbir das tarefas apresentadas ou de obter o diploma. O autor dessa dissertação crê que a atitude do professor deve manifestar sempre uma dose de entusiasmo para com o que ensina, de forma a possibilitar, ainda que vez ou outra, a ocorrência de algum tipo de “encantamento” ou “deslumbramento” por parte dos alunos para com os conteúdos escolares de sua competência, procurando assim manter certo nível motivacional nas turmas e favorecendo a persistência do trabalho mental nos estudos. Essa ideia concorda com o exposto por Bzuneck:

(...) um importante fator de convencimento do valor ou importância de uma disciplina por parte dos alunos consiste em o próprio professor mostrar que acredita nessa importância e assim atuar como modelo para seus alunos. Tal valorização transparece em comportamentos como de dedicação, trabalho sério na preparação de aulas e avaliações, pontualidade e, acima de tudo, evidencia-se no entusiasmo e vitalidade com que trata os assuntos relacionados à sua disciplina (BERGIN, 1999; PATRICK; HISLEY & KEMPLER, 2000). A suposição é de que haverá um contágio afetivo, que facilitaria inclusive a emergência de motivação intrínseca entre os alunos (BZUNECK, 2010).

Dentro do âmbito da disciplina, a busca por curiosidades, por relações com acontecimentos divulgados pela mídia, filmes recentes, conteúdos de outras disciplinas, além do fomento do uso de grupos nas redes sociais como meio de explorar notícias e assuntos relacionados aos conteúdos científicos escolares entre alunos, ex-alunos e o próprio autor dessa dissertação (enquanto professor) têm se demonstrado capazes de auxiliar na manutenção de uma constante discussão e relacionabilidade de conteúdos com diversas realidades, aumentando a expectativa e envolvimento de parte dos alunos com relação aos novos conteúdos. Estes assuntos serão retomados na análise de dados, colocando como a preocupação excessiva com o passo a passo da sequência didática programada interferiu nesse entusiasmo, na medida em que a fluidez e espontaneidade foram comprometidos.

### 2.2.3 *Estratégias de Embelezamento*

Com o propósito de atrair atenção e a curiosidade - e portanto o interesse - a proposta é utilizar práticas diferentes das usuais em sala de aula. Os estímulos apresentados devem ter um grau intermediário de novidade, de distanciamento do padrão, para que não sejam nem familiares demais e nem distantes demais da realidade do aluno. Exemplos de implementação dessa ideia são: inovações de método, de materiais, disposição física da sala ou mudança de ambiente, uso de audiovisuais e computadores, aprendizagem cooperativa, montagem de experimentos pelos alunos, ensino por colegas ou com a ajuda deles, entre outros.

Uma forma de fazer isso é evidenciar uma crença ou conhecimento comum aos alunos e então apresentar novos conhecimentos que conflitem com os antigos. Segue uma das ações planejadas nessa linha, a título de exemplo: uma concepção alternativa levantada indica que muitos alunos, ao longo do estudo de Eletromagnetismo, desenvolvem a ideia de que um ímã apresenta polos elétricos, positivo e negativo. Após estudo dos processos de eletrização (inclusive com experimentos e demonstrações), eles terão visto concretamente os efeitos de um corpo polarizado eletricamente e de um corpo eletrizado, mostrando que este, por exemplo, é capaz de atrair para junto de si qualquer objeto neutro suficientemente leve. Por fim, serão confrontadas empiricamente as duas afirmações: fornecendo ímãs aos alunos, eles poderão aproximá-los de pequenos pedaços de papel e de fios de cabelo. Espera-se que se surpreendam com a ausência de efeitos nesses casos e com a seletividade dos ímãs: só atraem alguns tipos de metal! Ao cair nesse “vazio conceitual”, espera-se que percebam instantaneamente a necessidade de outra explicação teórica para o funcionamento dos ímãs: assim pretende-se promover a motivação para o estudo do ferromagnetismo.

#### *2.2.4 Cautela e Limitações no uso de Embelezamentos*

Há evidências de que os embelezamentos são limitados e têm que ser utilizados com a cautela adequada. Observa-se, por exemplo, que as novidades ou mudanças no ambiente de sala de aula não costumam ter efeito duradouro, a não ser que por ventura tenham despertado o interesse pessoal do aluno. Quando esse não é o caso, sugere-se

que práticas como a aprendizagem por projetos, o trabalho cooperativo em grupo e a tutoria individualizada têm potencial para manter vivo o interesse. Além disso, os alunos mais maduros e motivados pelo conteúdo em si podem receber certas formas de embelezamento de maneira negativa, o que torna delicada a utilização dessas ferramentas em classes maiores e/ou mais heterogêneas.

Durante a utilização da Sequência Didática elaborada, nos momentos onde foram propostas atividades experimentais em grupo, realmente pode-se observar envolvimento e empolgação muito evidentes dos alunos. O fato de não terem tido práticas experimentais nos anos anteriores, com outros professores, certamente contribuiu para que se interessassem ainda mais pela atividade. Mas, como alerta Bzuneck, a empolgação logo se desvia para aspectos marginais da atividade, e os registros solicitados não foram realizados no momento proposto por muitos estudantes, que passaram a se distrair empolgadamente com o experimento ou realizar atividades paralelas. Essa vivência parece indicar pelo menos 2 condições: é interessante que o professor realize essa atividade algumas vezes e conheça a reação típica dos alunos à novidade apresentada para que possa conduzir de maneira adequada as próximas intervenções do tipo e; visando manter a continuidade e o foco nos aspectos relevantes que a atividade apresenta para a disciplina, o professor deve buscar retomar a discussão proposta com toda a classe simultaneamente na aula, pois deixar que preencham fichas ou respondam questões por conta própria pode não funcionar sem algum estímulo adicional.

### *2.2.5 Desafios e Feedback do Professor*

A proposição de desafios também é vista como ação motivadora, e não há limites para sua quantidade, desde alguns parâmetros sejam observados. Atividades muito fáceis não são estimulantes e, portanto, levam ao tédio. Desafios por sua natureza são difíceis, mas para serem elementos motivadores precisam ser também acessíveis (e percebidos como tal pelos aprendizes). Um desafio grande demais leva a ansiedade, fracasso, frustração, irritação e uma autoavaliação de baixa capacidade. Assim deve-se levar em conta a idade do aprendiz, a série e o conhecimento que de fato incorporou.

O *feedback*, ou seja, o retorno que o professor dá aos alunos sobre sua produção - adequação e qualidade dos trabalhos - necessita de grande atenção. Esse aspecto demanda atenção e revisão contínua dos próprios hábitos do professor, que deve buscar dar feedback adequado ao aluno no dia a dia da sala de aula. Se o aluno se manifesta de forma errada sobre algum conceito, ou faz alguma afirmativa que não condiz com a teoria aceita na Física, o professor deve sinalizar para ele qual é o equívoco. Esse é dito feedback negativo. Ele não é negativo no efeito, mas no sentido de que o professor está indicando que o aluno está errando. O feedback negativo deve sempre vir acompanhado da indicação das causas desse erro para que o aluno saiba como trabalhar a questão, evitando que atribua a si mesmo uma falta de capacidade, que é fatal para a motivação. Uma forma de proceder é indicar especificamente a falta de algum conhecimento prévio ou o uso inadequado de alguma estratégia, deixando para o aluno uma perspectiva positiva de que ele pode obter um resultado melhor numa próxima oportunidade, desde busque esses elementos indicados. Por outro lado, se o aluno cumpriu a atividade de forma correta, com sucesso, o professor deve reconhecer o esforço do aluno. Esse é o feedback positivo. Recomenda-se não comparar alunos, não os expor e nem elogiar a inteligência, mas sim o esforço/empenho. O professor deve conscientizar-se, progressivamente, das oportunidades de atuar com o feedback para os alunos, como ao atender às suas dúvidas ao realizarem exercícios em sala, ao indicar especificamente os erros nas provas e ao elogiar posturas e esforço que levam a bons resultados.

### **3 METODOLOGIA**

Este capítulo descreve os objetivos do trabalho e as estratégias utilizadas para alcançá-los: a elaboração e utilização da sequência didática e material de apoio, características dos testes e as formas de análise quantitativa escolhidas para serem aplicadas aos valores obtidos, a utilização de um diário do professor, as análises subjetivas feitas e as opiniões dos alunos. Retratamos aqui também o perfil dos alunos e da escola onde foi feita a pesquisa.

### 3.1 OBJETIVOS E DELINEAMENTO

Objetivo geral: elaborar uma sequência didática (SD) sobre Eletromagnetismo, como apoio ao uso do livro didático adotado pela Escola Estadual de Ensino Médio Professor Renato José da Costa Pacheco (ERP) em 2017, tomando como referência princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), estratégias de motivação dos alunos e a técnica de Instrução pelos Colegas (IpC) e buscar efeitos de sua utilização com alunos da escola em questão.

Objetivos específicos:

1. *Elaborar uma SD sobre Eletromagnetismo com base nos pressupostos teóricos compilados por Moreira (2011b), Bzuneck (2010) e Araújo & Mazur (2016);*
2. *Comparar as notas obtidas pelos alunos do grupo experimental e do grupo controle em dois testes: um anterior e um posterior à utilização da SD, buscando avaliar efeitos de sua utilização;*
3. *Avaliar a utilização da SD em sala de aula com base nas comparações feitas, assim como nas observações e anotações do professor mestrando e nas opiniões dos alunos, obtidas através de questionários.*

Para efetivar a busca por efeitos da utilização da SD, foi empregado um delineamento quase-experimental (MOREIRA, 2011, CAMPBELL; STANLEY, 1963). A definição dos indivíduos que compõem as turmas dos grupos experimental (GE) e controle (GC) não foi aleatória: primeiro pois as turmas da escola já estavam estabelecidas, sem que pudessemos reorganizá-las, e em parte porque das 8 turmas participantes selecionamos duas (a considerada “mais fácil de trabalhar” e a considerada “mais difícil”, pelos professores) para se juntarem ao grupo experimental, sorteando apenas as 6 demais.

Um delineamento experimental exige que indivíduos sejam selecionados aleatoriamente numa população para receber os tratamentos controle e experimental. Sempre que esse delineamento não é possível, como é muito comum com pesquisa em ensino, faz-se uso de delineamentos quase-experimentais. No caso foi selecionado o delineamento com grupo controle não equivalente. A não equivalência vem justamente da não aleatoriedade na escolha das amostras (MOREIRA, 2011a). Sua estrutura é:

$$\begin{array}{l} \text{GE: } O_1 \quad X \quad O_2 \\ \text{GC: } O_3 \quad \quad O_4 \end{array}$$

Onde o grupo experimental (GE) é submetido a um tratamento, enquanto o grupo controle (GC) não é.

Em realidade, como argumentaremos mais ao longo do capítulo, como o GC também recebeu um tratamento diferenciado, com elementos de X, poderíamos propor uma ilustração diferente do delineamento:

$$\begin{array}{l} \text{GE: } O_1 \quad X_1 \quad O_2 \\ \text{GC: } O_3 \quad X_2 \quad O_4 \end{array}$$

Com  $X_1$  trazendo de maneira mais completa os elementos teóricos que serão propostos, enquanto  $X_2$  o faz de maneira parcial.

Há também outros fatores que impossibilitam todo o rigor de um delineamento experimental, ou mesmo todo o rigor que o tratamento quase-experimental poderia ter em outras condições. Um exemplo é o fator de “história intraseção” e medidas: propõe-se que os grupos controle e experimental tenham tratamento simultâneo, de forma a minimizar efeitos de história intraseção (*intrasession history*) que possam influenciar apenas um dos grupos, comprometendo a pesquisa. Sugere-se aleatorização de fatores como dias da semana, horários, proximidade de provas, época do período letivo. Na escola, contudo, há uma grade de horários estabelecida. O que pode ser feito nesse sentido é de fato prosseguir com a intervenção na mesma época do trimestre, configurando uma aproximação da simultaneidade, ainda que não seja a simultaneidade completa (ao longo das mesmas semanas, mas não nos mesmos dias e horários).

Diante de essa e outras questões, formulou-se muitas críticas à pesquisa quantitativa em ensino. Moreira traz, entre outros, argumentos de Erickson de que a estratégia experimental foi apropriada de estudos agrícolas:

Nessa pesquisa, manipula-se algumas variáveis, controla-se outras, faz-se medições, compara-se tratamentos, utiliza-se técnicas estatísticas, procura-se correlações. Tudo muito semelhante aos procedimentos usados na pesquisa em ensino. Entretanto, o argumento é de que isso é possível na área da agricultura porque, apesar das variações climáticas de um ano para o outro, das diferenças de solo de uma região para outra, as variáveis fundamentais – tais como os componentes químicos, as estruturas genéticas das plantas, a bioquímica do crescimento e metabolismo das plantas – são suficientemente constantes em forma e limitadas em escopo de modo a permitir pesquisa e desenvolvimento através de repetidas medições, previsões e intervenção experimental controlada (ERICKSON, 1986). Em ensino, contudo, não há nos fenômenos estudados esse grau de uniformidade (MOREIRA, 2011a).

Posteriormente menciona que o próprio Campbell (bastante citado no livro) teria, em 1975, sugerido o uso de métodos observacionais “mais naturalísticos”, de estudos de caso ou de documentação. Ainda assim nos propomos a percorrer o caminho da análise quantitativa, para conhecer essas questões de dentro do processo, possibilitando um posicionamento sobre as críticas com mais conhecimento de causa. No entanto, faremos também uma análise qualitativa do processo. A análise qualitativa não é complementar ou secundária, mas necessária, e no contexto da divulgação deste trabalho entre pares, mais valiosa, pois para além de um resultado positivo ou negativo, oferece aos colegas professores informações sobre os detalhes, sobre a realidade desta pesquisa neste caso particular, assim provendo recursos para que possam adaptar o que considerarem proveitoso para dentro da realidade onde atuam.

Num comparativo, enquanto a análise quantitativa investe na perspectiva de poder investigar um fenômeno com o mínimo de viés, de fora, e testar hipóteses de maneira mais objetiva, buscando asserções de caráter mais geral possível e com base na crença de que observador e observado são independentes, a análise qualitativa reconhece a interação e troca que caracteriza qualquer interação ou “observação” entre esses dois sujeitos - ou melhor, atores - e valoriza justamente o oposto: o que há de particular nessa relação específica, características o mais específicas quanto for possível, dos grupos, dos indivíduos, das relações. Desenvolver hipóteses ao invés de partir delas, e daí pesar o que é particular de um estudo e o que parece generalizável.

Para isso foi mantido um diário do professor: registros sobre as experiências diárias ao longo da intervenção, com análises subjetivas que se desenvolveram mais num segundo olhar posterior sobre o conteúdo desse registro. Por não ser até então uma prática adotada, utilizamos o diário como uma primeira experiência, para que possa ter início um processo de aprimoramento do olhar e transformação da prática, bem como para evidenciar situações inéditas que possam ter sido desencadeadas em função do trabalho no mestrado.

Com as turmas do GC buscamos manter minha forma cotidiana de trabalho: mais espontânea e sem grandes períodos de tempo dedicados a planejamento (nesse ponto, inclusive, interferem questões práticas com nossos horários de planejamento na rede estadual: são inúmeras demandas, que vêm aumentando), no entanto aproveitamos todos os materiais experimentais e multimídia produzidos para o GE, já que habitualmente quando tenho materiais disponíveis não desperdiço as oportunidades de trazê-los para as turmas. Além disso, o planejamento dedicado às aulas do GE certamente influenciou a dinâmica em sala de aula com o GC da mesma forma que cada aula dada sobre um mesmo tema é aperfeiçoada cada vez que é ministrada. O trabalho com GE foi bem caracterizado em pontos chave dos pressupostos teóricos adotados: a manipulação dos materiais e discussão foi feita em grupos menores, valorizando e proporcionando maior negociação de significados, foi proposto pelo menos 1 desafio a mais durante a SD, em comparação com o GC, e o método IpC foi utilizado de fato (no GC a discussão foi conduzida apresentando as questões aos alunos e permitindo a votação, mas as discussões ocorreram somente entre o professor e a turma, e não entre os alunos seguida de uma segunda votação). Outros pontos como a recursividade no refazer das avaliações e nos processos de recuperação paralela e trimestral, bem como proporcionar feedback, não deixaram de ser feitos nas turmas do GC. Procurei também não modificar minha prática espontânea de maneira “negativa”, deixando deliberadamente de realizar alguma “boa prática” que já fosse habitual.

Nesse desenho, todas as turmas tiveram o conteúdo de Eletromagnetismo trabalhado de maneira mais estruturada do que o habitual: o GC com materiais experimentais e multimídia adicionais e o GE com um passo além, realizando mais incisivamente atividades embasadas nas orientações das teorias adotadas. Importante

ressaltar que, com a leitura e discussão das teorias no mestrado, bem como com o trabalho de estruturação da SD, muito do que se planejou afetou a minha prática, e certamente interferiu e ainda interfere no planejamento e no ministrar das minhas aulas (o que é excelente!). Trata-se de uma variável sobre a qual não temos pleno controle, sendo outro fator que contribui para o “quase” de nosso delineamento de pesquisa.

Utilizamos duas observações para as análises quantitativas: um pré e um pós-testes, que foram realizados antes e após a utilização da SD. Pedimos também que os alunos preenchessem questionários de opinião ao fim do processo, e utilizamos as anotações do professor para enriquecer o contexto e os impactos do trabalho na sala de aula.

### 3.2 CONTEXTO DO ESTUDO E SUJEITOS

No ano letivo de 2017 lecionei para 9 turmas do Ensino Médio na Escola Estadual de Ensino Médio Professor Renato José da Costa Pacheco (ERP), 8 de 3º ano e 1 do 1º ano. Antes de aprofundar em detalhes do trabalho, lancemos um olhar sobre a escola e o público atendido por ela.

A ERP iniciou seu funcionamento em fevereiro de 2007 sendo, portanto, uma escola relativamente nova. Localiza-se no bairro mais populoso de Vitória, a capital espírito-santense. O bairro de Jardim Camburi tinha 39.157 habitantes segundo o censo de 2010 (IBGE, apud SEGES, 2010), representando aproximadamente 11,95% do total de 327.801 moradores da cidade. Pelos dados de renda familiar deste censo, mais de 63% dos moradores do bairro podem ser enquadrados nas classes sociais C ou B (SAE/PR, 2014), ou seja, classe média e classe média alta.

A escola localiza-se no extremo Norte do município de Vitória, já nas proximidades do município de Serra. Por essa razão e por ter sido construída pela gestão estadual para se tornar uma escola modelo, a ERP não se configura como uma escola da comunidade local, mas recebe alunos de muitos bairros de Vitória e Serra,

e eventualmente de Cariacica e Vila-Velha, municípios localizados a mais de 10 quilômetros de distância da escola.

Os dados do Enem 2014 para a escola (INEP, 2014) revelam um indicador socioeconômico alto e uma média de 502,20 em Ciências da Natureza, sendo a 3º maior média nesta área entre as escolas estaduais e municipais da Grande Vitória e a 12ª entre as do Estado. Nas outras 4 categorias a colocação estadual entre as escolas públicas estaduais e municipais foi: Ciências Humanas, 4ª maior média; Linguagens e Códigos, 3ª; Redação, 9ª; e Matemática, 11ª.

A ERP funciona em 2 turnos, contando em 2017 com 14 turmas no turno matutino e 14 turmas no turno vespertino. Das 28 turmas, 11 foram de 1º ano, 9 de 2º ano e 8 de 3º ano, cada um com cerca de 40 alunos.

No que se refere ao espaço físico, há 14 salas de aula, amplo espaço de pátio, campo de futebol, quadra coberta, laboratório de Ciências da Natureza, laboratório de Informática, biblioteca, sala de Artes, sala de apoio para alunos com necessidades especiais, cozinha, refeitório e auditório. Quanto a acessibilidade, há piso tátil instalado, rampa para o 2º andar e algumas indicações em braille.

Em 2017, pude optar por realizar o trabalho de pesquisa com quaisquer turmas. Resolvi utilizar as 8 turmas do 3º ano, a quem diz respeito o conteúdo escolhido. Optei por trabalhar com as 8 procurando me precaver de possíveis contratempos que me levassem a desconsiderar a pesquisa realizada com alguma das turmas, e buscando maior quantidade de dados para fortalecer as análises estatísticas. Dessa forma, mediante sorteio, comecei a trabalhar com 5 turmas experimentais e 3 turmas controle, sendo três experimentais e duas controle no turno matutino e duas experimentais e uma controle no vespertino. O total foi de 344 alunos nessas 8 turmas, cuja média de idade era 17,4 anos (a partir de dados de idade inteira, contada no 3º trimestre).

Foi elaborado um termo de consentimento livre e esclarecido para que os responsáveis dos alunos assinem, basicamente informando sobre a pesquisa e solicitando autorização para utilizar os dados. O termo consta no APÊNDICE A.

### 3.3 ESCOLHA DE TEMA E LEVANTAMENTO DO CONTEÚDO EM DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Em 2013 tive minha primeira experiência lecionando para uma turma de 3º ano, o que ocorreu no turno noturno. Descobri então que entre os conteúdos de Física dos 3 anos do Ensino Médio, aquele no qual mais encontrei dificuldade em conduzir as aulas de maneira que eu julgasse satisfatória foi o conteúdo de Eletricidade do 3º ano, tanto a Eletrostática quanto a Eletrodinâmica, por dois motivos: primeiro por tratar de fenômenos em escala e nível atômico e, portanto, mais abstratos, que da forma tradicionalmente discutida apresentam-se distantes da experiência cotidiana de nossos sentidos; e segundo pois notei que eu mesmo apresentava insegurança em alguns pontos do conteúdo, dificultando a exemplificação com fenômenos que auxiliassem no processo de aprendizagem. Essa dupla dificuldade me inspirou a abordar o tema, que é muito vasto. Precisando restringir a amplitude da pesquisa, e tendo em vista o período disponível para realizá-la, decidi por abordar o Eletromagnetismo: compreendido após Eletrostática e Eletrodinâmica, abrangendo, portanto, ímãs e campo magnético, e os relacionando com o que foi visto de Eletricidade e Campo Elétrico, culminando nos processos de Indução.

O assunto depende em grande medida de conceitos subsunçores trabalhados anteriormente no ano: carga elétrica, campo elétrico, a ideia de campo em si e corrente elétrica; bem como conceitos estudados anteriormente como massa, velocidade, energia mecânica, vetores e trigonometria básica.

Tendo decidido pelo tema, fiz um levantamento de como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), suas respectivas Orientações Educacionais Complementares (PCN+), o Programa de Avaliação da Educação Pública do Espírito Santo (PAEBES), a Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santos (SEDU) e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) propõem/cobram sua abordagem. A seguir, teço comentários sobre o conteúdo dos documentos.

### 3.3.1 *Parâmetros Curriculares Nacionais*

Os PCN apresentam 15 competências e habilidades para a Física, divididas em 3 grupos: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural. Não há menção direta de conteúdos, isso surge posteriormente nas PCN+. Saliento 5 das competências e habilidades, indicando sua presença na SD:

Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais).

Mantemos na SD a abordagem formal da Física, com sua linguagem própria (inclusive matemática, na maioria dos conceitos). Incluímos discussão sobre concepções alternativas que auxiliam na diferenciação da abordagem científica com relação ao senso comum, e buscamos justificar aspectos quantitativos das equações através do uso dos experimentos, auxiliando na transposição de uma linguagem para outra. A representação e utilização de tais linguagens foi cobrada na resolução de exercícios em sala, nas provas e na apresentação e explicação dos experimentos.

Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o ‘como funciona’ de aparelhos (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais).

Desde a introdução do conteúdo, com apresentação multimídia onde abrangemos alto-falantes, bússolas, trens-bala e outras aplicações tecnológicas do Eletromagnetismo, até a última atividade de construção de motores e geradores com base em indução eletromagnética, buscamos apresentar os fenômenos físicos como integrantes da nossa experiência cotidiana (que muitas vezes passam de maneira despercebida), e desmistificar o funcionamento dos aparelhos.

Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais).

Podemos evidenciar aqui a interface com a Geofísica e Geografia ao abordarmos o magnetismo terrestre e as conseqüentes questões de orientação geográfica, bem como com a Química ao buscarmos os fundamentos do ferromagnetismo, diamagnetismo e paramagnetismo nas configurações de spin dos elétrons dos diferentes materiais. A Geometria também surge ao abordarmos a forma dos campos

magnéticos induzidos pelas correntes elétricas nos condutores, bem como no tratamento do fluxo magnético que atravessa uma espira, de acordo com o ângulo no qual se apresenta com relação às linhas de campo magnético, e na descrição da força magnética que atua num objeto carregado ao atravessar uma região com campo magnético.

Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais).

A questão histórica foi abordada predominantemente em 2 momentos: ao resgatarmos as origens do magnetismo na região da Magnésia, na Grécia, e ao tocarmos no assunto da 2ª revolução industrial. O contexto político, social e econômico apareceu na discussão do papel da indução eletromagnética na geração de energia elétrica, bem como das vantagens que os carros elétricos apresentam sobre os carros com motor a combustão, e principalmente ao procurarmos identificar os motivos pelos quais a comercialização e uso de carros elétricos ainda não são significativos no Brasil e no mundo.

Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia (BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais).

Foi abordada principalmente ao discutirmos o funcionamento dos trens-bala e sua dependência da física dos supercondutores, ramo que hoje busca pela supercondutividade a temperaturas cada vez mais elevadas (mais próximas de temperaturas ambientes) para viabilizar sua utilização em escala mais larga.

As orientações PCN+ (BRASIL, PCN+) trazem uma proposta bastante ampla para a Física:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais

imediatamente quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (BRASIL, PCN+).

Em concordância com os PCN, percebemos a necessidade de transcender a teoria, de atingir o cotidiano tanto no que é vivenciado diretamente através do uso da tecnologia como no que atinge os jovens através da mídia, de forma que sejam conscientes do processo de construção do conhecimento científico e seus impactos na vida.

Para propor uma seleção de conteúdos, o documento mantém em vista as competências e habilidades, cuja “promoção e construção são frutos de um contínuo processo que ocorre por meio de ações e intervenções concretas, no dia-a-dia da sala de aula, em atividades envolvendo diferentes assuntos, conhecimentos e informações” (BRASIL, PCN+). Assim, organizou-se os conteúdos da Física em torno de temas estruturadores das ações pedagógicas, visando alcançar o proposto acima. Para o Eletromagnetismo propõe-se a abordagem através de equipamentos elétricos e telecomunicações:

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. Ao mesmo tempo, esses mesmos fenômenos podem explicar os processos de transmissão de informações, desenvolvendo competências para lidar com as questões relacionadas às telecomunicações. Dessa forma, o sentido para o estudo da eletricidade e do eletromagnetismo pode ser organizado em torno dos equipamentos elétricos e telecomunicações (BRASIL, PCN+).

Nossa SD apresenta os elementos conceituais necessários para a compreensão do funcionamento de motores e geradores, que são então abordados de maneira prática no projeto final da sequência. Quanto a telecomunicações, não apresentamos aprofundamento por ser um assunto que foi abordado no contexto de ondulatória, no 2º ano. Foi também abordado no 3º ano no contexto do estudo da Eletrostática da

“gaiola de Faraday” quando fizemos a atividade de embrulhar um telefone celular em papel alumínio e perceber que a operadora o acusa como “fora da área de cobertura ou desligado pelo cliente”.

Discussões estabelecidas na sociedade a respeito dos PCN suscitaram a importância de esmiuçar questões nele presentes, levando a elaboração e publicação do documento PCN+ (NETO, 2008). Para a Física do Ensino Médio, o documento traz 6 temas estruturadores como sugestão de organização do ensino da disciplina: 1 - Movimentos: variações e conservações; 2 - Calor, ambiente e usos de energia; 3 - Som, imagem e informação; 4 - Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5 - Matéria e radiação; 6 - Universo, Terra e vida. Nota-se que o Eletromagnetismo está potencialmente presente em todos os 6 temas, uma vez que a interação eletromagnética é responsável pela maior gama de fenômenos que observamos cotidianamente, em comparação com as outras 3 interações fundamentais da Física (a saber: interações nucleares forte e fraca e interação gravitacional). No entanto, o estudo de toda essa multiplicidade não é reservado ao 3º ano, mas diluído nesses temas estruturadores ao longo dos 3 anos do EM.

As orientações PCN+ apresentam exemplos de conteúdos que podem servir como base para esse estudo, divididos em unidades temáticas. Do que é proposto para o tema 4, a parte que abordamos nesse momento específico do último trimestre do 3º ano - e na SD - compreende:

#### Unidades temática 2 - Motores elétricos:

- Compreender fenômenos magnéticos para explicar, por exemplo, o magnetismo terrestre, o campo magnético de um ímã, a magnetização de materiais ferromagnéticos ou a inseparabilidade dos polos magnéticos.
- Reconhecer a relação entre fenômenos magnéticos e elétricos, para explicar o funcionamento de motores elétricos e seus componentes, interações envolvendo bobinas e transformações de energia.
- Conhecer critérios que orientem a utilização de aparelhos elétricos como, por exemplo, especificações do Inmetro, gastos de energia, eficiência, riscos e cuidados, direitos do consumidor etc. (BRASIL, PCN+).

Este último tópico da unidade 2 foi abordado ao estudarmos potência de aparelhos, em Eletrodinâmica.

#### Unidades temática 3 - Geradores:

- Em sistemas que geram energia elétrica, como pilhas, baterias, dínamos, geradores ou usinas, identificar semelhanças e diferenças entre os diversos processos físicos envolvidos e suas implicações práticas.
- Compreender o funcionamento de diferentes geradores para explicar a produção de energia em hidrelétricas, termelétricas etc. Utilizar esses elementos na discussão dos problemas associados desde a transmissão de energia até sua utilização residencial (BRASIL, PCN+).

#### Unidades temática 4 - Emissores e receptores:

- Identificar a função de dispositivos como capacitores, indutores e transformadores para analisar suas diferentes formas de utilização (BRASIL, PCN+).

Os tópicos descritos pelas unidades temáticas são abordados ao longo da SD, ainda que não estejam todos explícitos em experimentos e questões, ou aprofundados, são sempre incluídos nas aulas ao menos como exemplificação de aplicação dos conceitos.

#### 3.3.2 Exame Nacional do Ensino Médio

As 45 questões sobre “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” correspondem a 25% das questões objetivas do Enem, e são baseadas em 8 competências específicas da área, presentes da matriz de referência (INEP, 2012). Tais competências, por sua vez, são subdivididas em 30 habilidades. Algumas correspondem bem a nossa temática:

H17: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica (INEP, 2012)

São relações que exploramos ao longo de todo o ensino da Física, mas que em particular no Eletromagnetismo ganham o aspecto vetorial em três dimensões ao abordarmos a força magnética e a indução eletromagnética.

H20: Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21: Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e (ou) do eletromagnetismo (INEP, 2012)

À medida que o conceito de campo magnético é estudado, naturalmente abordamos seus efeitos sobre a matéria. Na SD exemplificamos especificamente o movimento das partículas nas auroras e nos aparelhos de televisão com tubo de raios catódicos, bem como no experimento apresentado no vídeo produzido, que demonstra a deflexão de um feixe de elétrons.

H23: Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas (INEP, 2012)

Ao propormos o trabalho experimental sobre indução eletromagnética, naturalmente surgiram montagens com indução de corrente elétrica por meio da variação do campo magnético no interior de bobinas, contexto no qual abordamos brevemente a simplicidade da geração de energia elétrica em pequena escala, e que esse é o mesmo princípio aplicados nas grandes usinas. No entanto não abordamos as implicações éticas, ambientais, sociais ou econômicas por uma limitação no tempo de aplicação do material. Ainda assim, sugestões de implementação desse assunto foram incluídas na SD do produto educacional (APÊNDICE D) após revisão.

### 3.3.3 Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo - Paebes

O Paebes avalia os 3<sup>os</sup> anos do EM do estado do Espírito Santo anualmente. os conteúdos específicos de Ciências da Natureza são avaliados bienalmente, seguindo a respectiva matriz de referência. A matriz (PAEBES, CN) traz 75 descritores apresentados como ações cujo domínio pretende-se verificar nas provas, em questões objetivas. São 23 descritores de Física, 26 de Biologia e 26 de Química, distribuídos em 5 temas: Matéria e Energia, Terra e Universo, Vida e Ambiente, Ser Humano e Saúde e Tecnologia e Sociedade.

Dentro da temática do Eletromagnetismo, destacamos:

D11: Identificar o princípio geral de conservação da energia em processos térmicos, elétricos e mecânicos.

D47: Compreender as propriedades dos ímãs e o funcionamento das agulhas magnéticas nas proximidades da Terra.

D70: Reconhecer a Lei de Indução Eletromagnética no funcionamento de motores e geradores.

D71: Identificar processos de produção de energia elétrica (PAEBES, CN).

O conteúdo do descritor D47 é bem trabalhado tanto teoricamente como experimentalmente na SD, por exemplo na atividade prática com ímã e limalha de ferro, que inclui pendurarmos os ímãs para estudar seu alinhamento.

Sobre D11, D70 e D71, durante as atividades experimentais discutimos como a energia elétrica não é produzida “de graça”, mas como os alunos bem constataram, exige esforço. Foi cobrado em suas explicações sobre os experimentos que descrevessem as transformações de energia que estavam acontecendo ali.

#### 3.3.4 *Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo – SEDU*

A SEDU/ES possui desde 2009 um Currículo Base das Escolas Estaduais, o CBEE (SEDU, 2009) contendo orientações, competências, habilidades e conteúdos para uso do professor ao organizar a disciplina.

As 2 competências propostas para o 3º ano têm foco na tecnologia e na sociedade:

Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas à Física em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal.

Compreender o papel da Física e das tecnologias a ela associadas nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social contemporâneo (SEDU, 2009).

Às competências seguem 7 habilidades que abrangem interpretação de circuitos, compreensão de manuais, de parâmetros de qualidade visando a defesa do consumidor, identificação de radiações, comparação de processos tecnológicos visando qualidade de vida, sustentabilidade e geração de energia.

Dos conteúdos propostos, então, filtramos o nosso escopo:

Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético.

Força de Lorentz.

Lei de Ampère.

Lei de Faraday e indução eletromagnética (SEDU, 2009).

Em 2017 foi emitido um novo documento técnico denominado “Orientações Curriculares 2017” (SEDU, 2017), que reconhece o CBEE como ainda sendo o documento norteador oficial, mas traz a proposta de alinhamento curricular com o PAEBES e o ENEM. Não são colocadas novamente (como nos PCN, Enem e CBEE) as competências e habilidades, mas parte-se dos conteúdos (“conhecimentos”) e detalha-se quais são as expectativas de aprendizagem (“operações cognitivas esperadas para o desenvolvimento”) para eles, trimestre a trimestre. Para o 3º trimestre temos os conhecimentos relativos ao nosso recorte do Eletromagnetismo:

Fontes do campo magnético;

Força magnética sobre cargas elétricas em movimento;

Movimento de uma carga pontual em um campo magnético uniforme;

Força magnética sobre fios percorridos por corrente elétrica;

Indução Eletromagnética;

Fluxo magnético;

Força eletromotriz induzida;

Corrente induzida;

Lei de Faraday;

Lei de Lenz;

Transformadores e motores elétricos (SEDU, 2009).

E as respectivas expectativas de aprendizagem:

Compreender as propriedades dos ímãs e o funcionamento das agulhas magnéticas nas proximidades da Terra;

Reconhecer a Lei de Indução Eletromagnética no funcionamento de motores e geradores;

Identificar processos de produção de energia elétrica;

Descrever qualitativamente os campos magnéticos produzidos por ímãs, por cargas em movimento, e o campo magnético terrestre;

Descrever quantitativamente o campo magnético produzido por condutores retilíneos e circulares percorridos por correntes elétricas contínuas;

Descrever a interação entre cargas e campos magnéticos uniformes e utilizá-la para interpretar fenômenos;

Descrever qualitativamente a força entre condutores retilíneos e paralelos percorridos por correntes contínuas;

Definir fluxo magnético, força eletromotriz e corrente induzida e aplicar as leis de Faraday e de Lenz para resolver problemas e interpretar fenômenos;

Descrever qualitativamente os transformadores e os motores elétricos;

Identificar a presença de radiações eletromagnéticas em situações cotidianas (SEDU, 2009).

### 3.3.5 Considerações

Desse apanhado hierárquico de orientações curriculares, podemos notar que o tema de Eletromagnetismo coroa o conteúdo de Física do 3º ano, trazendo questões sociais, ambientais e econômicas presentes no cerne da sociedade contemporânea: enquanto integrante das tecnologias de comunicação, insere-se tanto nos princípios de funcionamento quanto no fornecimento da energia elétrica que mantém o funcionamento dos aparelhos que fazem uso dessas tecnologias. A SD proposta precisa, necessariamente, abordar esses temas.

Dos documentos oficiais, podemos nos orientar essencialmente pelo que se refere ao conteúdo, pois por mais que os PCN, PCN+ e o CBEE e suas orientações contenham também informações de caráter metodológico, precisamos manter o enfoque nos referenciais apresentados na dissertação. Na prática existe bastante liberdade de emprego de metodologias e referenciais em sala de aula, liberdade que muito temos aproveitado para realizar pesquisas como essa.

Ainda assim, a tendência dos documentos em não apresentar apenas uma listagem de conteúdos, mas habilidades ou competências a serem desenvolvidas,

demonstra uma preocupação em estabelecer relações entre os conteúdos e a vida, em diversas possibilidades de contexto. Ficamos felizes em observar nos documentos aspectos ligados à compreensão de especificações de aparelhos, de notícias ligadas a ciência, de características magnéticas do planeta, etc., que são ligados ao cotidiano e estão de acordo com sugestões para promoção de interesse e motivação apresentadas por Bzuneck (2010), tais como: mostrar a relação do que é estudado com a vida, o mundo e interesses pessoais e; demonstrar o valor útil/instrumental do que se estuda.

### 3.4 ELABORAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

#### 3.4.1 *O Livro Texto*

No triênio 2015/16/17 os professores de Física da ERP fizeram uso da coleção “Física aula por aula”, 2ª edição, de Benigno Barreto Filho e Claudio Xavier da Silva. Com as turmas envolvidas neste trabalho foi utilizado o volume 3 (BARRETO; XAVIER, 2013). Como o nome da coleção sugere, as orientações ao professor que acompanham a obra propõem uma divisão do conteúdo em aulas, tendo em vista um curso de 120 aulas no ano<sup>2</sup>. O conteúdo abordado em nossa SD está compreendido na unidade 4 “Eletromagnetismo”, abrangendo o capítulo 8 “Magnetismo” (6 aulas propostas), o capítulo 9 “Campo Magnético e Corrente Elétrica” (10 aulas), o capítulo 10 “Força Magnética” (8 aulas) e o capítulo 11 “Indução Eletromagnética” (6 aulas). As orientações chegam a propor que algumas partes do livro podem ser trabalhadas pelos alunos fora da sala de aula, como leitura complementar. No entanto, em toda a unidade 4, apenas 2 textos do capítulo 9 são indicados como possíveis leituras complementares, potencialmente reduzindo o total de aulas previstas para “Campo magnético e corrente elétrica” de 10 para 8 aulas. Ainda assim, trata-se de 28 aulas só para conteúdo! (Sem considerar provas, trabalhos e projetos) Esse período

---

<sup>2</sup> Em minha opinião, é lamentável que os livros sejam dimensionados para 120h de curso ao mesmo tempo que a Secretaria de Estado de Educação proponha 80h anuais para a rede pública do Espírito Santo: os livros custam mais ao Estado do que o necessário, os alunos carregam mais volume e peso que o necessário e os professores têm a tarefa de adaptar, ano após ano, o conteúdo trazido pelos livros, o que acarreta dificuldades operacionais na contemplação do currículo proposto.

corresponde a um trimestre inteiro na rede estadual, pois dispomos de 2 aulas semanais que totalizam 80 aulas no ano letivo, separadas em 3 trimestres.

Retornando ao que nos propõem as “Orientações Curriculares 2017” da Sedu, o 3º trimestre do 3º ano do EM é dedicado a outros dois temas além do Eletromagnetismo: “Radiações Eletromagnéticas” e “Física Moderna e Contemporânea”. O livro texto propõe 6 aulas para o capítulo 14 que aborda as Ondas Eletromagnéticas” e 11 aulas para a unidade 6 que traz elementos de Física Moderna, assim teríamos 45 aulas propostas para o trimestre. Diante desta inviabilidade, propomos nossa SD com uma quantidade reduzida de 14 aulas de Eletromagnetismo, já incluindo os testes. Nessa necessidade, deixamos de aproveitar muito material que é trazido no livro como textos complementares, atividades experimentais e questões. É necessário reconstruir um novo todo a partir de partes do livro texto selecionadas. Nos vemos diante do trabalho de analisar as demandas de forma a:

1. selecionar conteúdos indispensáveis para serem abordados de maneira mais completa;
2. sintetizar os conteúdos menos centrais (abordando-os apenas conceitualmente, e não quantitativamente, por exemplo);
3. acrescentar elementos (atividades interativas e experimentais) às aulas desse conteúdo mínimo de forma a observar os pressupostos teóricos assumidos nesta dissertação.

#### *3.4.2 Definição de Conteúdo*

Tendo em vista o levantamento feito nos documentos orientadores, bem como a demanda evidente de adaptação do conteúdo presente no livro didático, estabelecemos o conteúdo a ser abordado na SD. Abaixo está uma lista dos conceitos físicos. Mais adiante no capítulo há uma tabela apresentando como se encaixam na sequência de aulas.

- Magnetismo: ímãs, imantação, campo magnético, linhas de campo e polos magnéticos;
- Campo magnético terrestre, bússola, declinação e inclinação magnéticas;
- Relação entre campo magnético e corrente elétrica:
  - em condutor retilíneo
  - em espira circular e bobina
  - em solenoide
- Campo magnético e spin:
  - diamagnetismo e paramagnetismo
  - ferromagnetismo e domínios magnéticos
  - eletroímã, imantação e ponto Curie
- Força Magnética (qualitativa):
  - regra da mão esquerda
  - raio da trajetória e período (apenas no vídeo)
  - em condutor retilíneo
  - entre condutores paralelos
- Indução Eletromagnética:
  - fluxo magnético (qualitativo)
  - lei de Lenz (qualitativo)
  - lei de Faraday-Newmann (qualitativo)
  - transformadores

### 3.4.3 Trabalho conjunto com graduando - aluno de Iniciação Científica

Durante o período de agosto de 2017 a julho de 2018, contei com a colaboração do licenciando em Física Alessandro Cunha Pereira. Como seu projeto de Iniciação

Científica (IC) foi na área de Ensino de Física e idealizado para ser desenvolvido em parceria com um aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, me coloquei à disposição para o desenvolvimento deste trabalho em conjunto. Durante esse tempo, adequamos os referenciais teóricos à prática, montamos e testamos experimentos para a SD, produzimos os questionários a serem aplicados nas aulas, compilamos as respostas e analisamos os dados.

Além dos questionários utilizados aqui na dissertação, foram produzidos, utilizados e analisados os dados de outro questionário pelo aluno de IC. Trata-se de um questionário sobre a predisposição dos alunos a estudarem física, que foi aplicado tanto antes como depois da intervenção da presente dissertação. A análise desses dados como forma de sondar o interesse dos alunos pela física foi objeto de estudo da iniciação “Aprendizagem Significativa dos Conteúdos de Campo Magnético”<sup>3</sup>.

Acredito que a melhor maneira de exemplificar o impacto desta ação conjunta seja trazer a última parte do relatório final da iniciação, nas palavras do próprio graduando Alexsandro, indicando como houve bastante proveito para ambos:

Com relação à melhoria da qualidade do trabalho do professor de Física, posso dizer que este trabalho desenvolvido em parceria com o mestrando Nikolai me proporcionou o primeiro contato intenso com o ambiente profissional. Durante o projeto de iniciação surgiram imprevistos e dificultadores, trazendo o benefício de provocar maior reflexão acerca das atividades e planejamento do trabalho que estava sendo feito, resultando em maior clareza dos processos da pesquisa e do ensino.

O mais relevante com relação ao ensino foi a forma como a participação dos alunos influencia tanto no andamento das aulas quanto na aprendizagem. Inicialmente trazia comigo uma visão mais tradicional sobre aulas experimentais, com roteiros fechados de verificação. Mas, após participar das atividades diretamente na escola, passei a entender e atribuir mais importância à estruturação dos roteiros experimentais, devido ao potencial de engajamento e reflexão que estas atividades estruturadas podem proporcionar aos estudantes.

Houve também grande proveito em ter podido não apenas discutir criticamente sobre os rumos da prática docente e sobre como podemos interferir nesse meio de maneira efetiva, utilizando as ferramentas que temos investigado, mas também ter engajado de fato no trabalho correspondente, logo em seguida. Todo o processo da revisão da teoria, da preparação e utilização do material, da coleta, compilação e análise dos dados relativos ao mestrado – enfim, da pesquisa – se tornaram

---

<sup>3</sup> Arquivo da iniciação científica disponível no site dos Anais da Jornada de iniciação Científica da Ufes, no URL [http://portais4.ufes.br/posgrad/anais\\_jornada\\_ic/desc.php?&id=13115](http://portais4.ufes.br/posgrad/anais_jornada_ic/desc.php?&id=13115) – acesso em 27/04/2019.

processualmente mais claros para ambos os sujeitos (e não apenas para mim) à medida que nesse processo cooperativo nos vimos em processo constante de negociação de significados. Temos a salientar que a elaboração do Plano Complementar de Atividades [SD] e a correspondente implementação, com o choque teoria versus prática, foi provavelmente o processo que mais trouxe aprendizado à minha formação e que melhor retrata os benefícios deste trabalho, pois é uma dimensão geralmente ausente nas disciplinas de estágio e no Pibid, onde usualmente são utilizados materiais prontos, na metodologia de praxe do professor. Todos esses aspectos contribuíram para a motivação própria. Por fim, senti como é empolgante tomar parte em processos diferenciados e inovadores na sala de aula.

Todas as experiências proporcionadas por esta IC tiveram impactos positivos na minha vida pessoal e mudaram as minhas concepções para um caminho que tem me proporcionado melhor qualificação para minha futura atuação profissional (PEREIRA; CAMILETTI, 2018).

O relatório final deste trabalho de parceria foi publicado como trabalho completo no XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física em Salvador, BA e apresentado como Painel no dia 29/01/2019. O título do trabalho é “Impactos na Formação de um Mestrando e um Graduando durante trabalho colaborativo de desenvolvimento e uso de uma Sequência Didática sobre Eletromagnetismo para o Ensino Médio”<sup>4</sup>.

#### 3.4.4 *Estrutura e utilização da Sequência Didática*

Conforme apresentado no capítulo 2, a TAS busca elucidar uma série de processos que são internos à cabeça do estudante, no contexto da aprendizagem. A prática da sala de aula, por sua vez, demanda que tais processos sejam traduzidos em estratégias e ações concretas. Retomando principalmente o fator mais importante e os dois condicionantes para a ocorrência da aprendizagem significativa (ou seja, o ensino de acordo com os conhecimentos prévios do aprendiz, o uso de material potencialmente significativo e a predisposição do aprendiz em aprender significativamente), foram sintetizados da TAS e da Motivação seis pressupostos para orientar a montagem da SD e o consequente trabalho do professor em sala de aula:

---

<sup>4</sup> Trabalho disponível em <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0272-1.pdf> - acesso em 30/01/2019.

1 - **Mapeamento de conhecimentos prévios** (AUSUBEL, 2003): a relevância desse primeiro tópico é bastante enfatizada por Ausubel quando diz:

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2012)

Assim, o professor deve encontrar uma forma de mapear estes conhecimentos dos alunos e o ensinar de acordo. Tanto quanto é importante, é também o mais delicado ou difícil de ser implementado. Trazemos aqui uma abordagem dentre muitas possíveis.

Propomos um mapeamento feito na primeira aula da sequência, a partir da aplicação de um pré-teste aos alunos, sobre conceitos de Eletromagnetismo. Foi aplicado a ambos, grupo experimental (GE) e grupo controle (GC).

Considerando que fui o professor das turmas durante os trimestres anteriores, lecionei e avaliei o conteúdo de Eletricidade, que traz justamente muitos dos subsunçores para o estudo de Eletromagnetismo. Nesse sentido, já vim com uma boa ideia de como estava o domínio do conteúdo por parte desses alunos, de forma que a SD, montada nesse contexto, foi adequada para estes alunos nessa situação específica. Assim como colocamos nas considerações sobre pesquisa qualitativa, cabe a cada professor adequar o material para seus alunos, conferindo o que é particular de uma realidade e o que é comum.

Outra maneira de levar em conta o conhecimento prévio dos alunos é fazer uso de compilações de concepções alternativas. Há bastante material disponível *online*, por exemplo na compilação de Reinders Duit, da Universidade de Kiel, Alemanha. Trata-se de uma listagem com milhares de artigos com concepções e orientações para professores, disponível em <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>. Essa é uma via indireta de identificação de concepções alternativas, uma vez que estas não são levantadas diretamente dos indivíduos envolvidos no processo. No entanto, tem-se observado que essas concepções possuem caráter bastante universal: independentemente da cultura, as concepções alternativas que costumam surgir no aprendizado da Física são muito semelhantes. Sobre essa afirmação, podemos partir da comparação do

desenvolvimento histórico do pensamento da Física com o desenvolvimento individual, conforme aborda Jorge Valadares em sua tese de doutoramento (VALADARES, 1995), em sequência de ideias atribuída a Jean Piaget e Rolando Garcia:

A Epistemologia histórico-crítica, que tem como objectivo a análise da construção do conhecimento ao longo da história, e a Psicologia genética, que estuda a construção do conhecimento no ser humano até ao seu pleno desenvolvimento, revelam um isomorfismo entre essas duas construções.

E mais adiante:

[...] não se trata de afirmar que o percurso da criança é o mesmo da Ciência no que toca a conteúdos. A homogeneidade verifica-se, sim, no que respeita ao modo como o conhecimento científico é construído pelo ser humano e pela história.

Assim, por exemplo, houve, a nível do conhecimento histórico, barreiras difíceis de transpor no caminho para o pensamento científico. Essas mesmas barreiras surgem no ser humano. Bachelard estudou e referenciou algumas dessas barreiras. O conhecimento vulgar e primeiro, as ideias prévias, são um obstáculo ao conhecimento científico. Pois tanto o são na criança como na história.

Essa linha de raciocínio é notável, indicando a difícil relação entre o conhecimento científico e as ideias prévias, tanto na história quanto no indivíduo. Mais útil ainda para nós, no momento, são as considerações sobre a universalidade dessas ideias prévias. Sobre isso, Valadares continua:

A investigação efectuada até ao momento também tem revelado que muitas representações dos estudantes, ainda que diferentes das representações cientificamente aceites, nem por isso deixam de ser bastante homogêneas quanto à sua natureza (VALADARES, 1995).

Parte de sua tese dedica-se, de fato, a demonstrar “como estudantes com experiências de aprendizagem completamente diversas, em países diferentes, têm revelado ideias muito semelhantes ao interpretarem as mesmas situações físicas”. As concepções alternativas dos estudantes seriam modelos conceituais interpretativos autênticos que utilizam da mesma forma que cientistas, ao interpretar a realidade.

Essa universalidade das concepções alternativas entre estudantes nos vem a ser muito útil, pois há uma grande compilação destas, principalmente em artigos das décadas de 80 e 90. Buscamos tomar conhecimento delas como forma de estarmos conscientes e mais preparados para lidar com os obstáculos encontrados pelos

estudantes. Há vezes que nem imaginamos que poderia existir uma concepção alternativa específica. Noutras vezes nos vemos “vítimas” das mesmas concepções que os alunos.

Segue uma pequena compilação de concepções alternativas sobre Eletromagnetismo, em tradução livre do inglês, e suas respectivas fontes.

O professor Richard Gunstone (Monash University) numa apresentação realizada em novembro de 2016 para o evento Unit 3 Course Planning Days no Vicphysics Teachers' Network Inc. em Victoria, Austrália, listou várias concepções, entre elas (GUNSTONE, tradução nossa):

“O conceito X em uma área (Dinâmica, por exemplo) não é o mesmo que X em outra (Eletricidade, por exemplo)” [X pode ser “energia”, potencial elétrico em eletrostática ou circuitos]

“Um campo elétrico é uma área ao redor de uma carga elétrica” (e não o que há naquela área) (isso em essência atribui a “campo” o significado cotidiano).

“Um campo elétrico é um conjunto de cargas.”

“Campo elétrico e força elétrica são a mesma coisa, e na mesma direção”.

“Linhas de campo são o campo” (só há campo onde as linhas estão).

“Linhas de campo mostram a direção do movimento de [algo relevante] naquele ponto do campo.”

“Linhas de campo podem se cruzar”

“Campos elétricos só podem existir quando há carga em movimento” (e assim, como não há carga em movimento num isolante, não pode haver campo elétrico num isolante)

“As explicações para o movimento de cargas [da Dinâmica] não se conectam com as ideias de “ação à distância”, “campo” e “força elétrica”.”

“Corrente elétrica passa através de um fio porque existe mais carga [significando maior quantidade de carga] numa ponta do fio do que na outra.”

Para a tese de Jeff Marx (MARX, 1998) “Criação de exame diagnóstico para introdução de eletricidade e magnetismo na graduação” (tradução nossa) o autor também identificou concepções alternativas:

O campo tem limites.

O campo flui.

(sobre a ideia de campo elétrico ao usar uma carga de teste e a equação  $F=qE$ ) Se não houver carga de teste, não há campo.

Linhas de campo em configurações mais complexas são confundidas com o caminho das partículas carregadas.

O conhecimento da Mecânica interfere na compreensão de Eletricidade e Magnetismo, por exemplo, conceituar campo em duas etapas: 1) Criação: primeiro objeto cria campo; 2) Ação: campo age sobre segundo objeto; pode dificultar ao aluno aplicar a 3ª lei nessa situação.

Confusão entre intensidade do campo e potencial.

Linhas de campo como “entidades concretas”.

Falta de diferenciação entre campo elétrico e campo magnético.

Na universidade do estado de Illinois (Illinois State University), em Dallas, EUA, o projeto “Currículo Conceitual Abrangente para a Física” (tradução nossa) teve como um de seus resultados a compilação de uma série de concepções prévias e concepções alternativas sobre Física identificadas em estudantes do Ensino Médio e Superior por seus professores (PRECONCEPTIONS, tradução nossa). Para campos magnéticos, em particular, surgiram:

Polos norte e sul magnéticos são o mesmo que cargas positivas e negativas.

Linhas de campo magnético começam num polo e terminam no outro.

Polos podem ser isolados.

Fluxo é o mesmo que linhas de campo.

Fluxo (*flux*) representa o “fluir” (*flow*) do campo magnético.

Campos magnéticos são o mesmo que campos elétricos.

Cargas em repouso podem experimentar forças magnéticas.

Campos magnéticos de ímãs não são causados por cargas em movimento.

Campos magnéticos não são tridimensionais.

Linhas de campo magnético te seguram sobre a Terra.

Cargas, quando abandonadas, se moverão em direção aos polos de um ímã.

Apesar de serem bastantes concepções, podemos identificar várias relações entre elas, como a confusão entre polos magnéticos e concentração de cargas e também entre campo magnético e campo elétrico. Algumas de fato surgem de diferentes autores, como confundir o campo com as linhas que o representam, ou cair no equívoco de que as linhas de campo indicam que este flui no sentido das setas que acompanham as linhas.

Para nosso trabalho, fizemos uso do conhecimento sobre essas concepções para auxiliar na seleção de questões para os testes (pré, pós e conceituais), dando preferências a questões que incluíssem essas concepções nas alternativas, por exemplo. Além disso, se apropriar da existência dessas concepções e do seu teor nos auxilia a planejar as aulas, observar mais cuidado com o discurso (principalmente com a forma de colocar os termos, exemplo: quando se diz “o campo vai do polo norte para o polo sul”, passa-se a impressão de movimento, e deve-se preferir formas como “o campo é orientado do polo norte para o polo sul”), e a reconhecer mais prontamente as concepções “escondidas” no discurso dos alunos (seja em respostas escritas, seja em perguntas ou colocações orais).

2 - **Uso de diferentes recursos** (BZUNECK 2010, MOREIRA 2011b): Para seguir a orientação tanto da Teoria da Aprendizagem Significativa quanto a da Motivação sobre o uso de diferentes recursos, na SD desenvolvida eles foram usados para mostrar ao aluno o fenômeno a ser estudado, a utilidade e a aplicação dos conteúdos e para auxiliar na explicação dos conceitos, partindo de situações que façam parte do cotidiano do estudante em direção ao formalismo conceitual. A SD lançou mão de um vídeo e de vários experimentos, que foram alternados com aulas expositivas (incluindo uso de testes conceituais) e aulas para resolução de exercícios. O vídeo busca ilustrar o conteúdo de Força Magnética e pode ser acessado no endereço



*Figura 3 – Código QR para o vídeo com o experimento que exemplifica uma aplicação da Força Magnética. Fonte: QR CODE GENERATOR.*

<https://youtu.be/nAgyY5jeBcM><sup>5</sup>, foi gravado pelo próprio professor, utilizando uma montagem experimental da universidade, e permite visualizar um experimento similar ao proposto por J. J. Thomson para determinar a relação carga/massa do elétron. Os experimentos que foram selecionados e efetivamente desenvolvidos foram: o ímã com limalha de ferro, que em seguida é suspenso, onde procura-se evidenciar os polos e linhas de campo, além da presença e orientação do campo magnético da Terra; a “lanterna de emergência” que traz a visualização de um fenômeno de indução e uma utilidade prática, bem como o eletroímã; o experimento da bola de isopor com polos magnéticos, que ilustra o campo magnético da Terra e sua relação com o norte e sul geográficos; o trem magnético no solenoide, que traz uma bela aplicação da indução; o freio magnético, que permite análise da queda de um ímã dentro de tubos de materiais diferentes e a demonstração da Lei de Lenz e; a demonstração da Lei de Faraday com ímã, bobina e galvanômetro. Para cada experimento foi pensado um roteiro com perguntas prévias, incentivando o levantamento de hipóteses por parte dos estudantes, a execução do experimento com sua participação ativa e a consequente testagem das hipóteses. Durante todo o tempo o professor e o graduando devem desenvolver o papel do parceiro mais capaz, preconizado por Vigotski, citado por Gaspar (2014). Para o GE buscamos possibilitar maior contato dos alunos com os experimentos, possibilitando que pudessem explorá-los com maior proximidade, em grupos pequenos. No GC utilizamos os experimentos de maneira mais demonstrativa/expositiva, onde apenas alguns alunos vieram a manipular o material, e o diálogo foi promovido com a turma inteira (e não em grupos).

3 - **Proposição de desafios** (BZUNECK, 2010): Buscando motivar os alunos através de desafios, este pressuposto aparece em alguns momentos: durante a exploração dos experimentos, como ao propor deixar completamente imóvel um ímã suspenso num fio (não é trivial!), ou em tarefas esporádicas propostas para casa, como verificar se a rosa dos ventos no piso de um shopping próximo é alinhada geograficamente ou magneticamente. Outro desafio, proposto como trabalho final da disciplina, foi o de construção e apresentação de diferentes motores e geradores

---

<sup>5</sup> URL longo: <https://www.youtube.com/watch?v=nAgyY5jeBcM&feature=youtu.be>

funcionando por indução eletromagnética. No GC apenas este último desafio foi proposto.

4 - **Consolidação dos conteúdos** (AUSUBEL, 2003): Este pressuposto é alicerçado no fato de que o conhecimento prévio, que é o aspecto central da TAS proposta originalmente por Ausubel (ibid.), é a base para os próximos conhecimentos. As atividades propostas para esse fim consistem em discussões sobre os exercícios do livro e experimentos a serem realizados, sempre provocando os estudantes em busca de dúvidas e equívocos que podem ser explorados antes de seguir para o próximo conteúdo. E, principalmente, são utilizados testes conceituais, após o estudo de um conjunto de conceitos e princípios, seguindo o método de Instrução pelos Colegas proposto por Araújo e Mazur (2013). Neste método, após a apresentação oral do professor, são apresentadas questões conceituais (*concept tests*) de múltipla escolha para serem respondidas pelos alunos individualmente e depois discutidas com os colegas. No GC o método IpC não foi utilizado: apenas projetamos as questões, votamos e discutimos enquanto turma, ou seja, não houve o momento dos colegas procurarem convencer seus pares em múltiplas discussões, mas apenas a discussão centrada no professor.

5 - **Avaliação formativa e recursiva** (MOREIRA 2012, id. 2011b): Seguindo a norma da escola em 2017, devia ser aplicada uma prova trimestral de Física e um simulado unificado, no qual eram incluídas 4 questões objetivas da. Nelas, são incluídas alternativas com concepções alternativas mapeadas na literatura e que são trabalhadas em sala. Após tais avaliações discute-se com eles cada questão com sua correção, não só argumentando em prol das alternativas corretas, mas também evidenciando as razões pelas quais as demais estão incorretas. As provas de recuperação paralela e de recuperação trimestral devem ser aplicadas de acordo com as normas da SEDU. Elas devem conter questões semelhantes às da prova trimestral, oportunizando aos alunos que não obtiveram o rendimento mínimo de 60%, revisitar os mesmos assuntos em abordagens muito semelhantes. Os alunos são orientados a refazer as próprias provas (já corrigidas) de modo a rediscutir e sanar as dúvidas antes de realizarem as recuperações. Esse processo, junto com as próprias recuperações em si, configuram a recursividade neste trabalho. O professor responsável, com a colaboração do graduando aluno de IC, a todo tempo permanecem à disposição para

tirar dúvidas sobre a prova que os alunos possam ter ao estudarem para as recuperações. Quanto ao aspecto formativo, as aulas de exercícios, o uso dos testes conceituais e as discussões em cima dos experimentos promovem interações tanto professor-aluno quanto aluno-aluno com negociações de significados que oportunizam um contínuo acesso às concepções em formação dos alunos, oportunizando uma reorientação contínua das concepções que se desviam do aceito na ciência Física. A abordagem aqui foi a mesma no GE e no GC.

**6 - Feedback do professor** (BZUNECK, 2010): O professor deve dar feedback adequado ao aluno, no dia a dia da sala de aula. Se o aluno se manifesta de forma errada sobre algum conceito, ou faz alguma afirmativa errada, o professor deve sinalizar para ele qual é o erro. Ao mesmo tempo deve ajudá-lo a encontrar o caminho correto. Da mesma forma, se o aluno cumpriu a atividade de forma correta, com sucesso, o professor deve reconhecer esse esforço do aluno. Aqui também utilizamos o mesmo tratamento entre o GE e o GC, onde o professor precisa conscientizar-se, progressivamente, das oportunidades de atuar com o feedback para os alunos. Algumas formas já eram praticadas, como atender às dúvidas dos alunos ao realizarem exercícios em sala, indicar especificamente os erros nas provas e elogiar bons resultados. Dessa forma passamos a buscar novas oportunidades de proporcionar feedback aos alunos, bem como maneiras de valorizar, aprofundar e adequar esse feedback.

Comentários sobre o processo de construção de feedback e sobre a aplicação dos outros pressupostos são tecidos no capítulo de análise de dados.

O livro foi citado sempre, permanecendo como referência do conteúdo. Além disso, suas imagens foram utilizadas para ilustrar os fenômenos e ele foi a principal fonte de exercícios/questões para trabalho em sala de aula e em casa, pelos alunos.

A Tabela 1 apresenta um resumo das principais atividades desenvolvidas em cada aula e na coluna da direita é citado o pressuposto teórico que norteou o desenvolvimento das atividades em cada aula.

<b>Aula</b>	<b>Planejamento</b>	<b>Elementos da Teoria Envolvidos</b>
1	Pré-teste	Levantamento de conhecimentos prévios.
2	Introdução ao Eletromagnetismo, com projetor multimídia e objetos relacionados ao conteúdo.	Uso de diferentes recursos. Contextualização histórica.

	Assuntos contemplados: origem da palavra na região de Magnésia, na Grécia, primeira bússola chinesa, ímãs de geladeira, motores a indução, campainhas, alto falantes e microfones, disco rígido de computador, trem de levitação magnética, bússola do celular, cartão magnético de crédito/débito, auroras, motor homopolar.	Prover elementos motivacionais: relação com o cotidiano/utilidade prática.
3	Atividade experimental com ímãs e limalha de ferro para conhecerem o fenômeno e algumas propriedades dos ímãs. (Roteiro no fim do produto, APÊNDICE D)  Conteúdos da aula explorativa: magnetismo, ímãs, imantação, campo magnético, linhas de campo e polos magnéticos, campo magnético terrestre e bússola.	Uso de diferentes recursos. Partir do fenômeno em direção à conceituação. Proposição de desafios.
4	Discussão da atividade experimental, construindo e formalizando os conceitos de ímãs, campo magnético e polos magnéticos.  Conteúdos da aula: magnetismo, ímãs, imantação, campo magnético, linhas de campo e polos magnéticos.	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados.
5	Realização de exercícios do livro didático, das págs. 135 e 136.  Os exercícios abordam os conteúdos das aulas 3 e 4.	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados. Oportunidade mais intensiva de dar Feedback devido à resolução de exercícios.
6	Retomada da discussão da aula 4 e prosseguimento sobre campo magnético terrestre, com auxílio da bola de isopor com ímã dentro (experimento demonstrativo simulando o campo magnético terrestre). Algumas “questões IpC”. Para casa: questões da pág. 140.  Conteúdos da aula: campo magnético terrestre, linhas de campo, polos magnéticos e geográficos, declinação e inclinação magnéticas.	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados. Proposição de desafio (para casa). Uso de diferentes recursos.
7	Discussão sobre tarefa de casa. Aula teórica com demonstração do experimento de Øersted: relação de campo magnético e corrente elétrica. Uso de material emprestado: montagens em acrílico transparente com bobina, solenoide e toroide com fonte improvisada (lâmpadas em paralelo) para visualização de linhas de campo com limalha de ferro em retroprojeter. Apresentação da “regra da mão direita”.	Uso de diferentes recursos. Negociação de significados. Proposição de desafio para a turma (como formar o campo mais intenso possível com um pedaço de fio e uma pilha).
8	Aula de exercícios do livro, das págs. 147 e 149.	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados.

		Oportunidade mais intensiva de dar Feedback devido à resolução de exercícios.
9	Aula teórica expositiva sobre spin, camadas eletrônicas e domínios magnéticos, diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo e imantação (histerese e bússolas). Materiais de apoio: chave de fenda imantada, ímãs, pregos longos de ferro, cliques ferromagnéticos, rolo de fio de cobre, esquadria de alumínio da janela. (Desejável: alto falante aberto). Exercícios para casa (da pág. 157).	Negociação de significados. Uso de diferentes recursos. Proposição de desafio para a turma (como erguer os cliques magneticamente, mas sem encostar o ímã neles?)
10	Breve exposição teórica: Ponto Curie. Questões IpC baseadas no livro (pág. 157 e “Pense Além”). Exercícios finais da pág. 157.	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados.
11	Aula teórica sobre Força Magnética, inclusive “regra da mão esquerda”. Levei uma bolinha de epóxi com 3 canudos fixados perpendicularmente entre si para ilustrar os vetores velocidade, campo magnético e força magnética. Exibição do vídeo com experimento do laboratório de Física Moderna da Ufes. (URL do vídeo: <a href="https://youtu.be/nAgyY5jeBcM">https://youtu.be/nAgyY5jeBcM</a> ) Para casa: leitura e atividades da pág. 161 e 165 (trem MagLev e cinturões de VanAllen).	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados. Uso de diferentes recursos. Proposição de desafio para a turma (como aplicar a regra da mão esquerda ao feixe de elétrons do vídeo?)
12*	Abordagem teórica conceitual sobre força magnética em condutores retilíneos. Exercícios do livro (coletânea do capítulo).	Consolidação dos conteúdos através da Negociação de significados. Oportunidade mais intensiva de dar Feedback devido à resolução de exercícios.
13*	Aula teórica sobre Indução Eletromagnética. Demonstração do princípio de Faraday com bobina, ímã e amperímetro analógico de ponteiro central. Fluxo magnético utilizando lanterna e a sombra da mão em diferentes posições. Demonstração e discussão da Lei de Lenz com canos de PVC, de cobre e de alumínio e ímãs.	Negociação de significados. Uso de diferentes recursos.
14**	Pós-testes, questionários de opinião e apresentação dos trabalhos sobre indução eletromagnética.	Negociação de significados. Uso de diferentes recursos. Oportunidade mais intensiva de dar Feedback devido à apresentação dos experimentos.
<i>*Nessas aulas ocorreu falta em massa, estando nas proximidades do fim do período letivo e nos dias em torno da festa de formatura.</i>		
<i>**Originalmente previa-se utilizar os questionários na aula seguinte, mas os alunos não planejavam mais frequentar as aulas após a apresentação do trabalho (alguns já não foram nesse dia).</i>		

Tabela 1 – Descrição das atividades desenvolvidas em cada aula da SD e o respectivo pressuposto teórico que norteou seu desenvolvimento. Fonte: do autor.

A Tabela 2 apresenta a diferenciação do tratamento entre os grupos experimental e controle. Para o grupo controle foram mantidos os materiais de trabalho, mas a metodologia foi adaptada no que se refere aos 6 pressupostos apresentados como bases do trabalho:

<b>Pressuposto teórico</b>	<b>Grupo experimental</b>	<b>Grupo controle</b>
Levar em conta conhecimentos prévios	-Levantamento de conhecimento prévio a partir de questionários; -Levantamento de concepções alternativas.	Mesma metodologia.
Uso de diferentes recursos	-Apresentação multimídia introdutória. -Alunos com contato direto com os experimentos, explorando-os em grupos com mobilização das carteiras e roteiros de ações e reflexões propostas; -Utilizamos o vídeo para ilustrar um fenômeno com Força Magnética sobre partículas carregadas eletricamente.	-Apresentação multimídia introdutória. -Uso de experimentos pela turma inteira: interação coletiva mediada pelo professor, que conduziu a reflexão pelos pontos chave. -Vídeo utilizado da mesma maneira.
Proposição de desafios	Desafios foram propostos ao longo da exploração dos experimentos, bem como foi proposto o desafio de descobrir sobre o alinhamento da rosa dos ventos no piso do shopping próximo a escola. Além do desafio da montagem do experimento final.	Apenas o desafio da montagem do experimento final foi proposto.
Consolidação dos conteúdos	Utilizou-se o método de Instrução pelos Colegas de fato, com tempo para interação aluno-aluno e re-votação, conforme orientações.	Uso dos mesmos testes conceituais com votação única para guiar discussão mediada pelo professor.
Avaliação formativa e recursiva	Avaliações sempre comentadas em sala, atendimento aos alunos na carteira em aulas de exercícios. Oportunidades de recuperação, com questões semelhantes, na prova trimestral.	Mesma metodologia.
Feedback do professor	Valorização da participação do aluno, demonstrando interesse por seus raciocínios e comentando à luz da Física. Atendimento individual nas aulas de exercícios, na medida do possível.	Mesma metodologia.

Tabela 1 – Diferenciação do tratamento entre grupos experimental e controle, com relação aos pressupostos teóricos adotados. Fonte: do autor.

Partimos então para a utilização da SD em sala de aula com acompanhamento do aluno de IC em vários momentos. Ocorreu da forma descrita na tabela 1 com 5 turmas do GE, e da maneira adaptada para o GC com outras 3, todas do 3º ano da ERP, em Vitória, ES, em 2017, de outubro a meados de dezembro.

Por último fizemos a compilação e análise dos dados, visando a avaliação dos impactos da aplicação da SD. Os dados coletados consistiram na opinião dos alunos, na descrição estatística das notas do pré e pós-testes e nas anotações, comentários e avaliações do professor mestrando.

### 3.5 OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O **pré e o pós-testes** (disponíveis no APÊNDICE A) foram compostos por 17 questões. Inicialmente montamos o pós-teste, com todo o conteúdo que pretendíamos que fosse abordado ao longo da SD, e o submetemos a validação por pares. Das 17 questões, 5 são discursivas e ligadas a prática: o que há no cotidiano que se relacione com Eletromagnetismo, como usar uma bússola, como mostrar a relação entre corrente elétrica e campo magnético, etc., outras 2 propõem que o aluno desenhe: uma pede vetores de campo magnético em pontos específicos ao redor de um ímã e a outra a trajetória de uma partícula carregada eletricamente, cujo vetor velocidade está explicitado, ao adentrar uma região permeada por um campo magnético perpendicular à página. As demais 10 questões são de múltipla escolha, abordando desde a explicação física para ferromagnetismo e características dos polos magnéticos de ímãs e da Terra, até características vetoriais (intensidade, direção e sentido) de campos magnéticos gerados por correntes elétricas em condutores, de corrente induzida em espiras pela movimentação de ímãs e características de transformadores. As questões foram selecionadas do próprio livro didático, de vestibulares e do livro Física Conceitual (HEWITT, 2011). Optamos por não incluir questões no teste que precisassem de fórmulas, consideramos que seria deveras frustrante para os alunos receberem um pré-teste que exigisse articulação numérica de grandezas ainda não estudadas. Além disso, as aulas planejadas põem foco predominantemente em

aspectos qualitativos dos conceitos, e buscamos coerência entre as aulas e os testes e avaliações.

Além dos testes, utilizamos um **questionário de opinião** para que os alunos avaliassem a SD. Foi aplicado no final da intervenção e contém 5 perguntas abertas:

1. “Com relação às aulas sobre Eletromagnetismo (3º trimestre), do que você MAIS gostou e por quê?”
2. “Com relação às aulas sobre Eletromagnetismo (3º trimestre), do que você MENOS gostou e por quê?”
3. “Você viu alguma utilidade prática em estudar este assunto de Eletromagnetismo? ( ) SIM ( ) NÃO

Caso tenha respondido SIM, você poderia citar algumas? Use o espaço abaixo.

Caso tenha respondido NÃO, você poderia dizer por quê? Use o espaço abaixo.”

4. “Você viu alguma vantagem em montar o experimento sobre indução (motor ou gerador), no ponto de vista do seu aprendizado?”
5. “Dê sugestões que poderiam mudar para melhorar o aprendizado e o aproveitamento das aulas para as próximas turmas.”

As respostas serão analisadas qualitativamente e agrupadas por semelhança de argumentos (BARDIN, 1977), espera-se que indiquem as atividades com maiores impactos, positivos e negativos, no dia a dia da sala de aula, sob o ponto de vista dos estudantes.

Quanto ao **diário do professor**, Santos (2005) tece comentários em torno de ideias de Martín e Porlán (1997) e Zabalza (2002). O instrumento é considerado fundamental para formação inicial e continuada de professores, trazendo possibilidade de evidenciar tanto aspectos da dinâmica da sala de aula quanto da pessoa e prática do professor. O início da escrita desse tipo de documento é mais narrativo, mas pode-

se progredir para níveis mais profundos de descrição da dinâmica da sala de aula, à medida que o professor desenvolve habilidades de observação, categorização e, por isso, leitura da realidade.

Analisar esses registros pode problematizar questões que gerem transformações na prática docente e na qualidade das observações seguintes, tornando o uso contínuo da ferramenta cada vez mais efetivo.

Os primeiros registros trazem muita subjetividade, o que pode ser superado gradualmente com leituras reflexivas individuais e coletivas do material, buscando diferenciar o que se escreve do que pode ser apreendido de sua análise. Esse caminho pode resultar na transformação não só da própria prática em sala de aula, mas também da escola.

No que diz respeito à própria pessoa, o diário pode auxiliar a trabalhar questões de autonomia emocional, ao representar uma oportunidade de analisar o ocorrido a partir de uma certa distância que possibilita melhor análise e crítica.

O diário pode ser encarado como uma maneira de documentar o processo que se está desenvolvendo, o momento que se está vivendo, como se está vivendo, sobretudo quando este processo ou este momento tem sentido formativo. Desenvolve a capacidade de escrever e o gosto pela escrita. Através dele, podemos identificar as dificuldades encontradas, os procedimentos utilizados, os sentimentos envolvidos, as situações coincidentes, as inéditas e, do ponto de vista pessoal, como se enfrentou o processo, quais foram os bons e os maus momentos pelos quais se passou, que tipo de impressões e de sentimentos apareceram ao longo da atividade ou ação desenvolvida. É uma via de análise de situações, de tomada de decisões e de correção de rumos (SANTOS, 2005).

Tendo em vista essas perspectivas, utilizamos o diário como uma primeira experiência de registro de aulas, para que possa ter início esse processo de aprimoramento do olhar e transformação da prática, bem como as situações inéditas que possam ter sido desencadeadas em função do trabalho no mestrado.

Os registros foram feitos na forma de anotações casuais no caderno, durante as aulas, e então expandidos após o expediente, no computador.

### 3.6 TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE ANÁLISE DE DADOS

Para melhor visualização dos dados compilados a partir das notas do pré e pós-testes, utilizamos os diagramas de caixa, ou *box plots*. Os diagramas são construídos em algumas etapas: coloca-se os valores (no caso, as notas dos testes) em ordem crescente e então traça-se uma linha na mediana desta distribuição, dividindo-a ao meio. Em seguida identifica-se a mediana de cada uma dessas metades, marcando-as também. O diagrama fica com 4 partes de igual número de dados, divididas por valores (as medianas) que são então chamados, em ordem crescente, de 1º quartil, 2º quartil (a mediana da distribuição completa) e 3º quartil. A “caixa” é desenhada englobando a metade central dos valores, que se encontra entre o 1º e o 3º quartis. Os 25% dos valores abaixo do 1º quartil, bem como os outros 25% acima do 3º quartil ficam fora da caixa, demarcados por linhas que são apelidadas de “fios de bigode”.

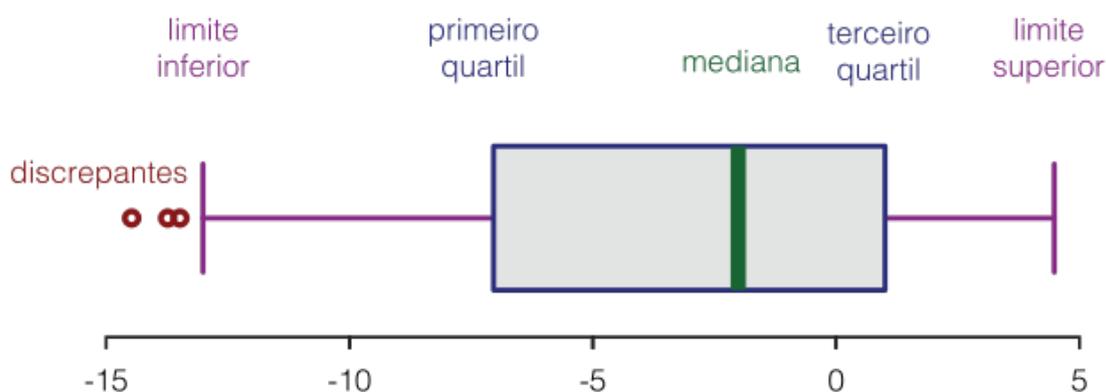


Figura 4 – Exemplo de box plot horizontal. Os “discrepantes” também recebem o nome de “outliers”.  
Fonte: CEPID NeuroMat - Wikimedia. Uso sob licença creative commons 4.0.

Cada diagrama de caixa tem um formato próprio, dependendo das posições dos quartis, bem como da distribuição dos valores. O diagrama que resulta, apesar de não ser um teste estatístico, facilita nossa compreensão da distribuição dos dados e sua comparação com outras distribuições. Algumas vezes um valor encontra-se muito afastado do restante da distribuição de dados e convencionou-se que, quando sua distância até a mediana central (2º quartil) é superior a 1,5 vezes o tamanho da caixa, esse valor é considerado fora dos limites do diagrama, sendo chamado “outlier”

(STAPEL)<sup>6</sup>, ou “discrepante” e, para que não fiquem omitidos, podem constar como um pequeno círculo no diagrama.

Segue um exemplo com vários diagramas de caixa, utilizados no contexto da saúde (alguns não apresentam fios de bigode):

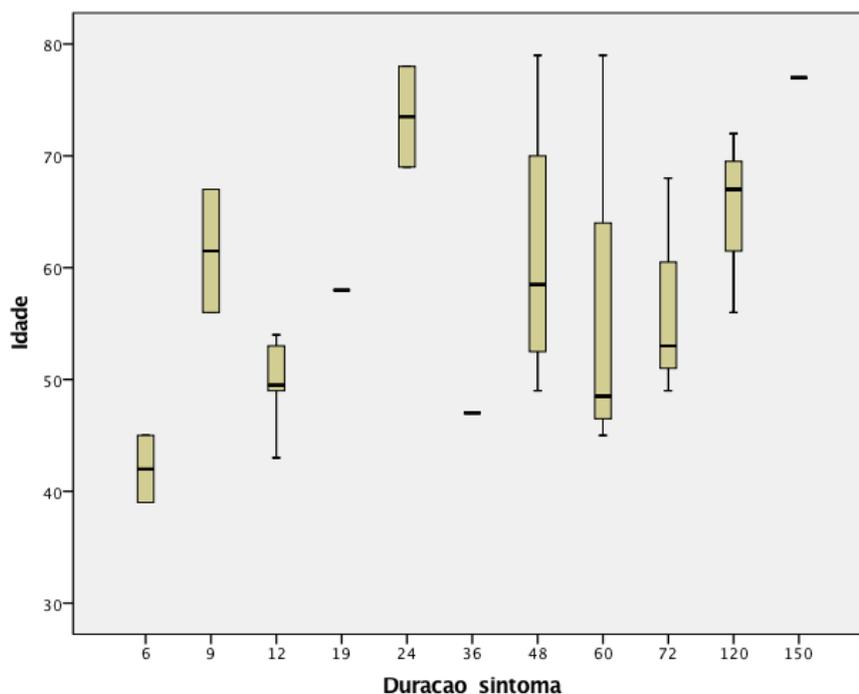


Figura 5 – Exemplos de diagramas de caixa relacionando a idade de pacientes com incontinência urinária e a duração dos sintomas, em meses. Fonte: YAMACITA.

Na perspectiva do delineamento quase-experimental, os testes estatísticos serão utilizados como forma de comparar as notas obtidas no pré-teste e no pós-teste pelos grupos experimental e controle, ou seja, verificar se houve aumento real das notas dentro de cada grupo, bem como comparar se o GC ou o GE apresentou maiores notas, tanto no pré como no pós-testes.

Antes de prosseguir com a aplicação de testes estatísticos, é necessário verificar a normalidade da distribuição dos dados. Uma distribuição normal de valores assemelha-se graficamente a uma curva gaussiana, e o comportamento bem conhecido desses dados admite a aplicação de testes considerados estatisticamente “poderosos”, os chamados testes paramétricos (CAMPOS, 1997). Uma distribuição de dados que

<sup>6</sup> Purplemath, por Elizabeth Stapel é um reconhecido portal onde encontramos material sobre matemática e estatística: <https://www.purplemath.com/modules/boxwhisk3.htm>.

não seja normal admite apenas o uso de testes não paramétricos, que são menos poderosos e por isso utilizados apenas nesses casos onde os testes paramétricos não são cabíveis.

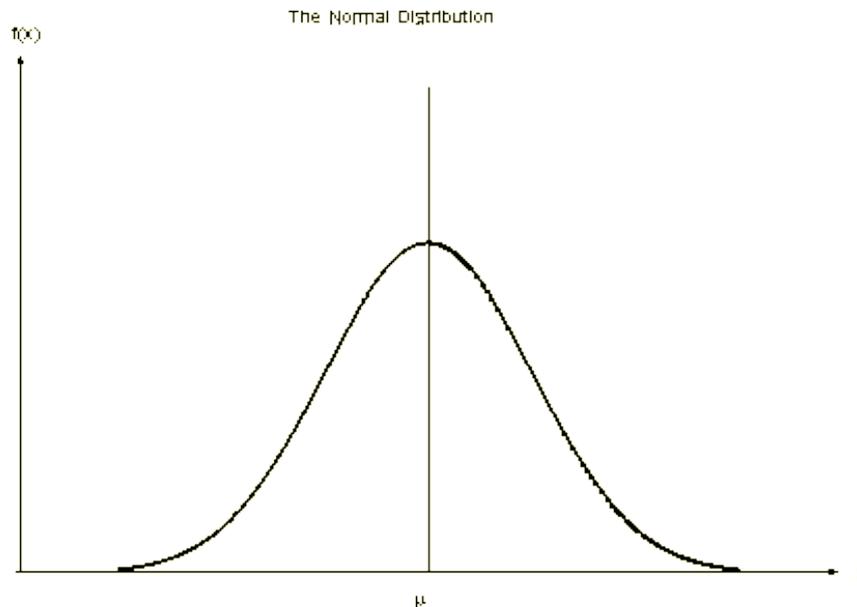


Figura 6 – Uma distribuição normal de dados, ou curva gaussiana. Os valores estão no eixo vertical. O valor em  $\mu$  corresponde à média. Fonte: NIST.

O teste t de Student (paramétrico) e o teste U de Mann-Whitney (não paramétrico) são utilizados para indicar se há diferenças estatisticamente significativas entre os dados obtidos de dois grupos distintos. Faremos uso deles com os dados do pré-teste e do pós-teste em comparação do GE com o GC, de acordo com a normalidade ou não-normalidade da distribuição.

O teste t faz a divisão da “diferença entre as duas médias que se deseja comparar pelo desvio padrão comum às amostras a que elas se referem. Portanto, o valor resultante dessa divisão indica quantas vezes a distância que vai de uma média à outra contém a distância representada pelo valor do desvio-padrão:  $t = (m1 - m2) / s$  (CAMPOS, 1997), onde “s” é o desvio padrão amostral.

Como não falamos em desvio-padrão em distribuições não normais, o teste de Mann-Whitney propõe uma abordagem onde os dados de ambos os grupos são ordenados, o que tende a uma mistura uniforme, e então é verificado o grau de entrelaçamento entre as amostras, pois à medida que os valores referentes a cada grupo

começam a se afastar na ordenação feita, a probabilidade de que pertencerem à mesma população diminui.

O teste de Wilcoxon permite comparar dois conjuntos de dados de um mesmo grupo e verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre eles. Será utilizado internamente em ambos, GE e GC, para comparar os valores obtidos pelos alunos nos dois testes e verificar se houve aumento significativo nas notas de um momento para o outro. Nesse caso é necessário que analisemos apenas os escores dos alunos que realizaram ambos: pré e pós-testes. Ou seja, é um teste pareado.

Para todos os testes adotaremos um nível de significância de 5%. Isso indica que para um p-valor abaixo de 0,05 aceitaremos a hipótese nula como sendo falsa. Ou seja, aceitaremos como satisfatória uma probabilidade de um para vinte, buscando uma hipótese alternativa em cada teste.

Todos os testes serão feitos no software gratuito R<sup>7</sup> e os códigos utilizados constam no APÊNDICE B.

### 3.7 TÉCNICAS QUALITATIVAS DE ANÁLISE DE DADOS

Tendo um papel duplo de professor e de pesquisador neste trabalho, e pensando na replicabilidade do material produzido assim como no crescimento proporcionado a colegas de profissão que vierem a se beneficiar desta pesquisa, é importante que eu forneça informações de caráter qualitativo sobre o desenvolvimento das atividades na sala de aula. Registro assim as minhas impressões sobre o andamento da SD, sobre a receptividade das turmas às atividades propostas, bem como sugestões para melhoria do trabalho para novo emprego da SD ou, ainda, como maneira de informar o professor ou pesquisador interessado sobre possíveis percalços da metodologia proposta, assim como os pontos altos que devem ser encorajados.

Colhemos opiniões dos alunos sobre a SD, ao final dela, em questionários curtos com 5 questões, predominantemente abertas. Para analisar as respostas e identificar tendências aproveitamos elementos também de Bardin (1977), onde é proposto,

---

<sup>7</sup> <https://www.r-project.org/>

simplificadamente: ler as respostas inicialmente aproveitando intuições que possam surgir para formular hipóteses; em seguida pode-se propor grandes grupos/categorias e alocar neles as respostas, de cima para baixo, bem como pode-se ir agrupando as respostas por similaridade, progressivamente, de baixo para cima.

## 4 ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo analisamos as informações coletadas ao longo da intervenção, que são de 3 naturezas: os dados numéricos resultantes da correção dos pré e pós-testes, as opiniões dos alunos colhidas em questionários predominantemente abertos e as observações feitas ao longo do processo pelo próprio professor. Para os dados numéricos lançamos mão de testes estatísticos, para os demais fizemos observações qualitativas.

### 4.1 PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Conforme exposto no capítulo precedente, os testes (pré e pós, disponíveis no APÊNDICE A) utilizados são compostos por questões discursivas e objetivas. A maioria das questões objetivas foram corrigidas apenas como corretas ou incorretas. Para a questão 4 admitimos alternativas como parcialmente corretas<sup>8</sup>. Já as discursivas (1, 3, 5, 6, 7, 13 e 14) foram corrigidas por mim, uma a uma. Para a conversão dos resultados do pré-teste e do pós-teste em valores numéricos, classificamos as respostas dos alunos em categorias que convêm a nosso estudo, conforme sugere Bardin (1977). Utilizamos as categorias mostrados na Tabela 3, abaixo.

---

<sup>8</sup> A questão apresenta algumas afirmativas e as alternativas indicam quais delas estão corretas. O aluno que marcou uma alternativa que julga corretamente parte das alternativas recebeu correção “parcialmente correta”.

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações Relevantes</b>
<b>Correta (C)</b>	Resposta que coincide com a esperada, de acordo com o estabelecido pelo conhecimento científico aceito.	Utilização de conceitos e grandezas corretas, com proposições corretas.
<b>Parcialmente Correta (PC)</b>	Resposta que contém ideia geral correta ou próxima à esperada, porém com utilização de grandezas ou conceitos incorretos.	Demonstra possuir conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada. Por isso, as proposições utilizadas podem estar incorretas.
<b>Incorreta (I)</b>	Resposta que não possui as informações necessárias para explicação do fenômeno ou que diverge do estabelecido pelo conhecimento científico.	Demonstra não possuir conhecimento acerca do assunto abordado, ou inverte as características dos conceitos/grandezas analisados na questão.
<b>Branco (B)</b>	Resposta em Branco	-

*Tabela 3 – Categorias para análise das respostas dadas pelos alunos no MI. Fontes: Silva, (2014), Libardi, (2014) e Benaquio, (2016).*

Esses resultados foram tabulados e para propósito de análise foram atribuídos valores numéricos a cada categoria: questões incorretas (I) ou em branco (B) receberam valor nulo, questões parcialmente corretas (PC) receberam valor 0,5 e questões corretas (C) receberam valor 1,0. O valor numérico atribuído a cada prova foi então normalizado para que 100% corresponda a nota 10, possibilitando a aplicação dos testes estatísticos.

O pós-teste utilizado correspondeu ao pré-teste, com pequenas alterações: a substituição das questões 2 e 8 visou diferenciar as questões do pós-teste dos exercícios do livro, para que não respondessem por lembrar-se da questão em si, mas efetivamente por conhecerem seu conteúdo; a mudança nas alternativas da questão 11 se deu por receio de terem memorizado a posição da alternativa correta, que acabou ficando bem evidente por estar deslocada à direita. Essa grande correspondência entre as questões do pré e do pós-testes visa manter o nível de cobrança do conteúdo, para que possamos efetivamente comparar as notas obtidas antes e depois. Não vemos como factível a possibilidade de terem decorado as questões do pré-teste, pois não dominavam seu conteúdo e nem mesmo os termos apresentados nas questões (podemos confirmar esse fato, talvez, através das notas obtidas).

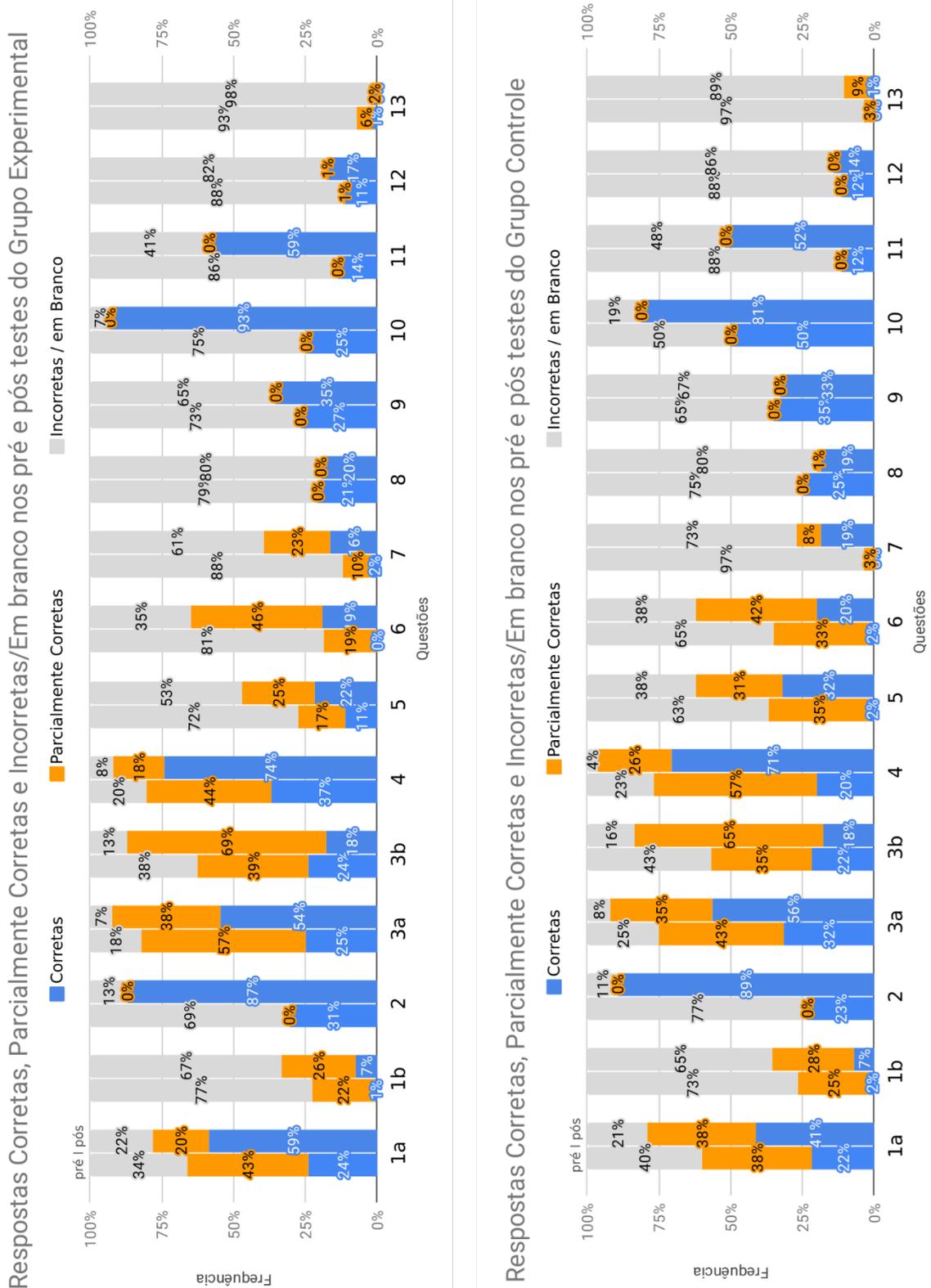


Figura 7 – Porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas/em branco de todos os testes respondidos. Os valores do pré teste foram colocados lado a lado com os do pós-teste para comparação. Grupo experimental e grupo controle. Fonte: do autor.

Os gráficos da figura 7 foram construídos com as médias de todos os alunos que responderam aos questionários, não importando se responderam apenas ao primeiro ou ao segundo, ou se responderam a ambos. No GE foram 101 no pré-teste e 147 no pós-teste. No GC tivemos 60 no pré-teste e 85 no pós-teste (o número de pré-testes respondidos é consideravelmente menor por problemas operacionais que privaram uma turma experimental e uma turma controle de respondê-los).

O aspecto dos dois gráficos é muito semelhante, apresentando diferenças pequenas aqui e ali. Na maioria das questões houve aumento do percentual de respostas corretas em ambos os grupos, exceto nas questões 3b, 8 e 13 para o grupo experimental e 3b, 8 e 9 para o grupo controle. 3b pede exemplos de substâncias atraídas por metais, 8 pede para assinalar a alternativa que descreve corretamente a direção e sentido de um campo no interior de um solenoide, 9 trata de campo magnético gerado por fios condutores e 13 pede o desenho da trajetória de uma partícula carregada numa região com campo magnético. À exceção da 3b, portanto, essas são questões que exigem visualização geométrica tridimensional da corrente elétrica (ou velocidade da partícula carregada) e do campo magnético. A questão 12 também aborda esse tema de maneira semelhante, solicitando uso da “regra da mão”, e sua percentagem de acertos permaneceu baixa em ambos os grupos. A questão 10 recebeu altíssimo índice de acertos nos pós-testes, provavelmente porque a utilizei no simulado do terceiro trimestre, e portanto a discutimos após essa prova. Mas além disso, apesar dela abordar a indução de um campo magnético por uma corrente elétrica, não exige que se descubra nenhuma direção e sentido, mas apenas que se acuse qual montagem produz o campo mais intenso, fato que reduz bastante a necessidade de abstração e pensamento geométrico espacial para essa questão em comparação com a 8, a 9 e a 13. Além da questão 10, as questões 4 e 11 foram utilizadas na prova trimestral do 3º trimestre, ainda que com pequenas alterações, mas como eram de múltipla escolha e sempre discutimos as questões após a correção da prova, eles certamente se recordaram dela, o que explica a alta taxa de acertos nos pós-testes. De todo modo, não considero que seja um problema para a pesquisa, pois ambos os grupos fizeram as mesmas provas e tiveram um grande salto de acertos nessas questões. A questão 6, por outro lado, foi utilizada como questão de múltipla escolha e nem por isso houve alta taxa de acertos nos pós-testes, provavelmente porque foi cobrada de maneira discursiva no teste. No entanto os acertos parciais cresceram bastante, indicando que os alunos agora tinham palavras e conceitos apropriados para procurar descrever o uso da bússola, ainda que sem explicá-lo de maneira correta.

Importante observar que, estando aqui os dados de todos os alunos, e não apenas daqueles que responderam a ambos pré e pós-teste, não se pode garantir que variações nos acertos e erros não são fruto da variação na amostra de alunos respondentes do pré para o pós-teste.

Um primeiro olhar sobre esses valores não parece indicar uma diferença entre o rendimentos dos grupos, no entanto os testes estatísticos podem ser influenciados por fatores como a distribuição desses acertos (foi o mesmo aluno que acertou várias, obtendo notas altas enquanto outro obteve notas baixas, ou o grupo apresenta uma distribuição mais homogênea de acertos?), que não se pode visualizar nesse simples gráfico.

Pode saltar aos olhos a baixa porcentagem de acertos, mesmo nos pós-testes. Na sala de aula foi explicada a relevância dos testes para a pesquisa, mas isso por si só pode não ter motivado os alunos suficientemente para se dedicarem aos testes. Além disso, acredito que dois fatores podem ter contribuído em alguma medida para que as notas fossem particularmente baixas: a ausência da motivação extrínseca de nota por acerto, já que como uma atividade feita em sala, pontuei sua realização, e não a qualidade das respostas, e; a extensão dos testes, que visivelmente desencorajou grande parte dos alunos a realizá-los com esmero. Em realidade uma pontuação baixa em teste escrito já era esperada, de certa forma, uma vez que a maior parte do rendimento (notas) que garante a aprovação dos alunos em cada trimestre costuma vir da participação ao realizar as atividades em sala de aula e dos trabalhos escritos, experimentais ou seminários, ou seja, é comum na ERP termos a maioria das notas de provas e simulados abaixo da média de 60% na área de Ciências da Natureza (causas para o baixo rendimento poderiam ser investigadas em trabalho próprio, pois podem ser várias e exigiriam uma análise muito ampla). Como veremos mais adiante, ainda assim a intervenção parece ter surtido efeito, sendo uma pequena contribuição, a “melhora possível” nesse contexto.

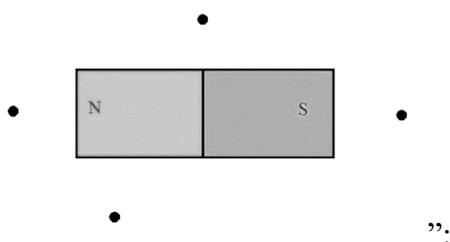
Seguem algumas considerações sobre a correção das questões discursivas dos testes. As questões não comentadas do pré-teste tiveram pouco aproveitamento:

**Pré-teste:**

- Questão 3: Corrigida como 2 questões, “*Podemos dizer que ímãs atraem qualquer substância?*” (3a) e “*Dê exemplos.*” (3b):
  - Respostas no estilo “não, apenas metais” receberam classificação PC para a pergunta 3a pois apesar de ímãs atraírem metais, é um ponto

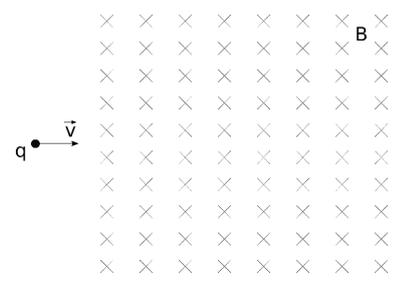
central da de nosso estudo o fato de não atraírem todos os metais. Seria necessário restringir para os metais ferromagnéticos (ou mesmo paramagnéticos). Recebeu também classificação PC para a questão 3b, pois “metais” foi considerado um exemplo, mas apenas um, e a solicitação foi feita no plural.

- Na 3b consideramos “aço” como um exemplo válido, pois há tipos de aço no cotidiano com propriedades ferromagnéticas, apesar de não ser o caso de todo aço.
- Questão 5 – *“A ilustração abaixo representa um ímã com os polos norte (N) e sul (S) representados. Nos 4 pontos marcados ao redor deste ímã desenhe pequenas bússolas: losangos (◊) corretamente orientados e com seus polos norte (N) e sul (S) identificados.*



- Desenhos de losangos sem diferenciação dos lados (por cor ou letras S e N) foram considerados I.
- Questão 6 – *“Como podemos utilizar uma bússola (agulha magnética) para encontrar a direção do norte geográfico?”:*
  - “Ela aponta sempre para o norte” e “seguir a direção em que a agulha aponta” foram consideradas PC pois não diferenciam norte geográfico e magnético.
  - “A bússola aponta para o sul magnético, que é nosso norte geográfico.” foi considerada PC pois não menciona a declinação magnética.
  - “Observando a direção para que a agulha aponta” foi considerada PC pois não especifica o que significa essa direção, nem evidencia conhecimento sobre a declinação magnética.
  - “O norte geográfico é o contrário do norte da bússola” foi considerada I, pois a bússola é construída de forma a apontar seu Norte aproximadamente (salvo pela declinação) para o Norte geográfico.

- “O norte da terra tem um ímã que puxa o norte da agulha magnética” considerada I, pois não se trata de haver um ímã em um ou no outro polo, mas um campo magnético produzido no interior da terra.
- Questão 13 – “A figura a seguir representa uma região do espaço com um campo magnético uniforme de intensidade  $B$  “entrando na página”. Nessa região é lançada uma partícula alfa (núcleo de hélio: tem carga  $q$  positiva) com alguma velocidade  $v$ , da esquerda para a direita. Levando em conta a força magnética que atuará sobre a partícula, desenhe uma possível trajetória para seu movimento através dessa região com campo magnético.”:
 



  - Casos em que a seta foi ligada à letra B (indicativa de “campo magnético”) utilizando linhas retas foram considerados I, pois denotam uma trajetória artificial.
  - Casos em que a seta foi claramente ligada à letra B através de uma curva foram considerados PC, pois apesar de apresentarem uma trajetória realista, demonstram preocupação explícita em terminar a trajetória na letra B;
  - Foram consideradas C, portanto, as trajetórias curvas para cima cujos desenhos não tiveram ênfase em apresentar uma ligação com a letra B do diagrama.
- Questão 14 – “O que pode ocorrer magneticamente com dois fios paralelos que são percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido?”:
  - “Se repelem” – considerada PC por pelo menos fazer menção a uma interação na direção correta, apesar de ter invertido o sentido.
  - “Pode ocorrer interferência entre os dois” – considerada C, pois presume uma interação entre ambas, ainda que não exprima com detalhes a forma dessa interferência como força magnética, a pergunta foi muito aberta.

**Pós-teste:**

- Questão 1 – *“Liste 3 situações e/ou atividades cotidianas onde empregamos fenômenos magnéticos. Explique brevemente de que maneira o magnetismo atua em cada exemplo.”*:
  - Observação: parece haver dificuldade na interpretação do enunciado, em “explique de que maneira o magnetismo atua em cada exemplo.”
  - Considerações sobre respostas específicas:
    - “O magnetismo no campo gravitacional da Terra”. Considerada I devido à mistura dos dois fenômenos, magnético e gravitacional. Apenas uma ocorrência, mas pode estar sinalizando que falta diferenciarmos mais a natureza de cada interação. Resposta na turma 3m4, do GC.
      - “Geradores são fundadas no gerador” copiada em muitos testes na 3m5, parecem ser cópias defeituosas da resposta de outro teste onde se lê: “Geradores - são fundamentais no gerador.” O exemplo do gerador foi considerado válido. Mas essa explicação, não.
- Questão 3 – *“Podemos dizer que ímãs atraem quaisquer substâncias? Dê exemplos.”*:
  - “Não, porque só atraem materiais ferromagnéticos” foi considerada uma resposta C (3a) e PC (3b). O conceito está correto na questão 3a, mas considerando “materiais ferromagnéticos” como um exemplo na 3b, será um exemplo insuficiente, generalizado.
  - Surgiu bastante confusão com os termos nessa questão. Respostas como: “atraem apenas ferro metálico e suas ligas”, “apenas metais e ferromagnéticos”, “geladeira e ferros da própria cadeira. Agora não grudaram no ferro da porta (maçaneta)”, “apenas ferromagnéticos e suas ligas. Ex.: aço, pratarias, chumbo, etc.”, “somente objetos ferromagnéticos e suas ligas”, assim como os termos “ferro(s) magnético(s)” (no singular e no plural), “ferros eletromagnéticos” e o uso de “ferromagnético” e de “ferromagnéticos” como substantivos. Algumas respostas como “Não. Apenas ferromagnéticas.” parecem apenas ter omitido o termo “substâncias” que já se encontra na pergunta”. O uso adequado dos termos é sempre um desafio, talvez precisemos utilizar mais abordagens verbais, formalizadas na fala e na

escrita. Ou simplesmente fazer uma revisão do que é trabalhado em Química com relação a definição de “metal”.

- Considerações sobre respostas específicas:
  - Muitas respostas trouxeram como exemplos de ferromagnetismo o ferro e o alumínio. Me preocupa que tenha se estabelecido a ideia do alumínio como ferromagnético, ainda que tenhamos experimentado fixar ímãs nas esquadrias de alumínio das janelas, sem sucesso.
  - Outro aluno, na 3m4, não mencionou o caráter metálico diretamente, mas lançou mão da condutividade: “Não, apenas bons condutores eletromagnéticos”.
- Questão 6 – *“Como podemos utilizar uma bússola (agulha magnética) para encontrar a direção do norte geográfico?”*:
  - “Observando a direção apontada pela agulha e descontar o valor em temperatura (°C) da declinação do local”. – considerada PC: há clareza de que algo deve ser descontado do rumo indicado pela bússola, mas não do quê. Relacionou “graus” (angulares) a “temperatura”.
  - “Olhando a direção sul da bússola” – considerada I, ocorreu na 3m3 e na 3m1. Preocupante, pois aparentemente o aluno entende que o S da bússola aponta o Norte geográfico. Essa resposta evidencia o cuidado, o planejamento e a calma que devemos ter ao explicar o assunto e culminar na ideia de que os polos geográficos estão próximos aos polos magnéticos, porém recebem os “nomes inversos”.
  - Há níveis de compreensão bem definidos nas respostas dessa questão: 1- dizer que o “S” da bússola aponta o Norte geográfico (inverte os polos e não menciona declinação); 2- dizer que o “N” aponta o Sul magnético, onde fica o Norte geográfico (não menciona declinação) e; 3- dizer que bastará observar a indicação da bússola e corrigir a declinação magnética.
  - “Basta posicioná-la em um local fixo” 3m4 - I - não menciona o que observar nem a declinação magnética.

- Várias respostas incompletas iguais na 3v2: “Basta observar a direção indicada pela agulha e compensar o valor em graus de diferença.” – consideradas PC, por não mencionarem que tipo de diferença é essa.
- Alguns testes da 3m3 apresentaram a resposta: “Observando a direção indicada na agulha e descontando o valor em graus da declinação do local.” que é a resposta que tínhamos em uma questão de múltipla escolha de uma prova. Considerada C.
- Questão 7 – *“Descreva uma montagem experimental que possa evidenciar a relação entre correntes elétricas e campos magnéticos.”*:
  - “Motor elétrico, gerador”, na 3m3, foi considerada PC, pois não há descrição, nem indicação da relação.
  - “Um experimento com uma pilha com um ímã natural e um não-natural”, na 3m1, considerada PC, pois deixa vaga qual é a montagem. Provavelmente quer se refere a “bobina” ao mencionar “ímã não-natural”.
  - “Um ímã perto de uma espira”, na 3m1, considerada PC, pois não menciona movimento ou descreve o que deve ser feito, nem os efeitos.
  - Feito o desenho de uma pilha com um solenoide, sem nenhuma explicação ou indicação de campo magnético. Considerada PC, ocorreu em mais de um teste na 3v2.
- Questão 14 – *“O que pode ocorrer magneticamente com dois fios paralelos que são percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido?”*:
  - “Aumentar o alcance das linhas magnéticas” – considerada C, pois fios suficientemente próximos criariam campo similar ao campo de um fio único. Ainda que se possa fazer ressalvas quanto ao termo “alcance”, onde seria mais adequado “intensidade” -3m3 (GE).
  - “A corrente magnética pode se tornar maior” – considerada PC pela troca de “campo” por “corrente” - 3m3 (GE).
  - “Pode ocorrer um curto-circuito” – considerada C já que a atração provocada pode culminar no contato entre os fios -3m5 e 3v1 (GC).
  - “Serão evitadas com maior eficácia no sentido oposto” - considerada I. Essa resposta faz referência à questão 9 sobre prevenir interferência dentro

de um circuito de uma TV com tubo de raios catódicos, por exemplo - 3m1 (GE).

Importante notar como no fim de ano o preenchimento dos pós-testes foi corrido. Não havia muito interesse por boa parte dos alunos, ou compromisso de elaborar bem as respostas. Eu também estava envolvido com outras atividades de fechamento de nota, em sala: não houve tempo para parar e ficar apenas por conta de “aplicar o teste”, mas precisei verificar outras atividades e trabalhos simultaneamente. Devido a isso, e apesar de toda a conversa a respeito do valor acadêmico dos testes e da necessidade de serem sinceros e respondê-los individualmente, durante a correção pude perceber que houve compartilhamento de respostas, ou seja, nem todos realizaram a atividade de maneira completamente individual (isso fica evidente com exemplos exatamente iguais ou frases idênticas). No entanto, são poucos casos, distribuídos em ambos os grupos, e as respostas copiadas não foram respostas corretas, mas, no máximo, parcialmente corretas, de forma que acreditamos que o resultado não foi muito influenciado. De todo modo esse é um fator a ser considerado para futuras pesquisas: ao mesmo tempo que não se trata de uma avaliação, que os alunos encaram com maior seriedade pela pontuação atribuída, a sinceridade e envolvimento deles impacta diretamente na qualidade da pesquisa. Como planejar melhor essas situações para reduzir este impasse? Certamente um ponto é evitar o final do ano letivo, quando muitas surpresas consomem o tempo disponível e acabamos como nessa situação, fazendo 3 coisas em sala ao mesmo tempo, sem poder supervisionar a aplicação dos testes adequadamente, incentivando os alunos a serem sinceros e empregarem esforço cognitivo na tarefa.

#### *4.1.1 Os testes estatísticos e diagramas de caixa*

Antes de tratarmos os dados, testamos sua normalidade. Pode-se ter uma ideia de sua normalidade com histogramas, verificando sua semelhança com uma gaussiana. Contudo, os testes de normalidade são considerados ferramentas mais formais para esse fim. Há vários testes de normalidade. Dado o tamanho de nossa amostra, optamos pelo teste Shapiro-Wilk, conforme estudo feito por Razali & Wah (2011) que o compara com os testes Kolmogorov-Smirnov, Liliefors e Anderson-

Darling. A comparação indica que todos os testes têm força crescente de maneira proporcional ao número de elementos da amostra, mas passam a ter poder total em amostras com cerca de cem a duzentos elementos, dependendo das características da distribuição. Dentre os 4 testes, o Shapiro-Wilk apresenta o crescimento mais rápido de poder em função do tamanho amostral, sendo o mais adequado para nossa amostra que tem número de elementos situado nesse limiar. Todos os testes foram aplicados a um grupo reduzido de 4 turmas experimentais (75 alunos) e 2 turmas controle (47 alunos), pois não conseguimos aplicar o pré-teste a duas das turmas.

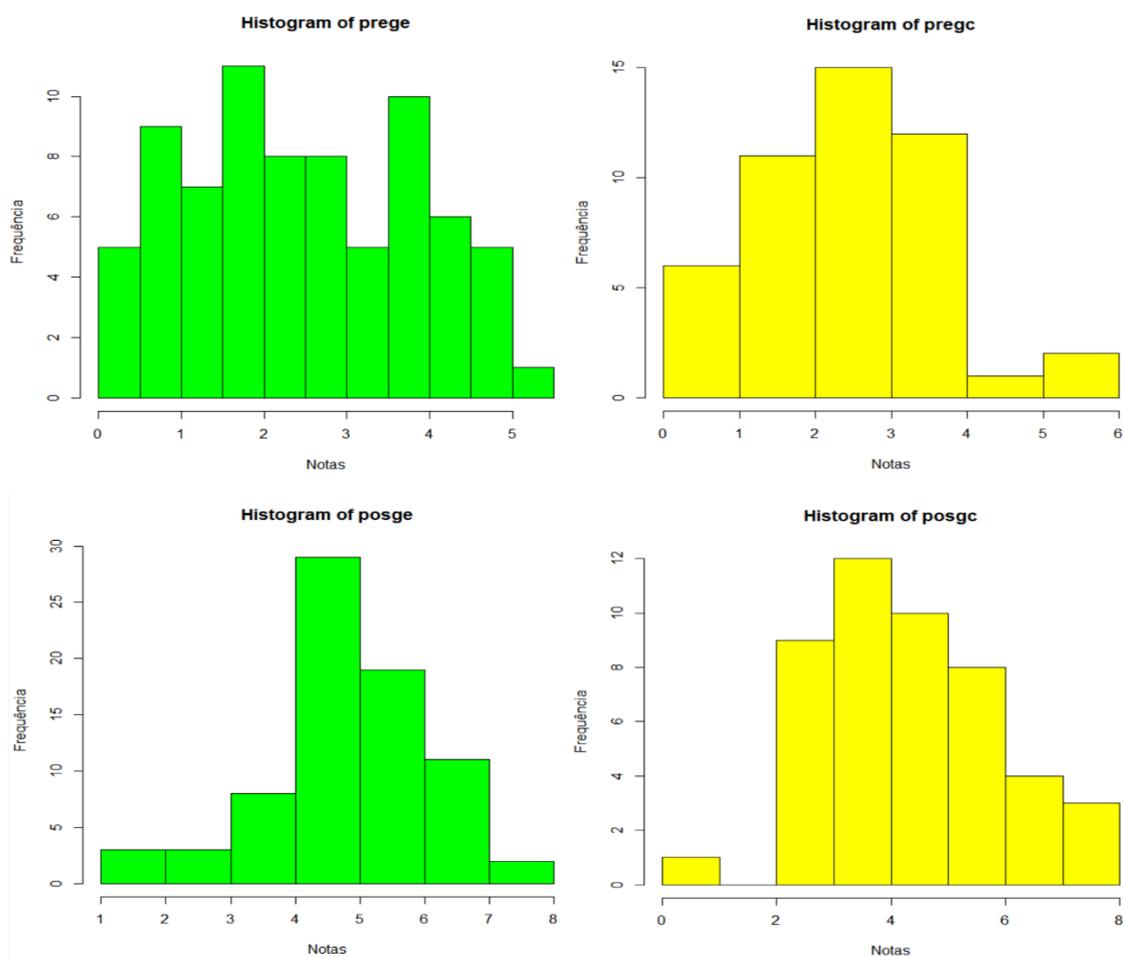


Figura 8 – Histogramas das notas de pré e pós-testes dos grupos experimental e controle: “prege” é o pré-teste do grupo experimental, “pregc” o pré-teste do grupo controle, “posge” o pós-teste do grupo controle, “posgc” é o pós-teste do grupo controle. As escalas são diferentes. Fonte: do autor.

Os testes abaixo foram aplicados sobre as notas de pré e pós-teste do GC e do GE com a hipótese nula “a distribuição dos valores é normal no intervalo de certeza de 95%”, e a hipótese alternativa “a distribuição dos valores **não** é normal no intervalo de certeza de 95%”.

## Teste de normalidade Shapiro-Wilk

Teste de Normalidade	p-valor para o Grupo Experimental	p-valor para o Grupo Controle
No pré-teste	0,0383	0,0508
No pós-teste	0,2357	0,1172

Tabela 2 – Resultados dos testes de normalidade. Fonte: do autor.

Dadas as hipóteses acima, observa-se que apenas a distribuição das notas do GE no pré-teste não é normal (ainda que a distribuição das notas do pré-teste do GC tenha apresentado um p-valor muito próximo de 5%). Dessa maneira, utilizamos o teste não-paramétrico Wilcoxon para comparar internamente as notas do pré-teste com as do pós-teste dentro de cada grupo, experimental e controle. Utilizamos ainda o teste não-paramétrico U de Mann-Whitney para comparar as notas dos pré-testes entre os grupos experimental e controle, e finalmente o teste paramétrico t de Student para comparar as notas dos pós-testes entre os grupos. Abaixo seguem os diagramas de caixa e os resultados de cada teste.

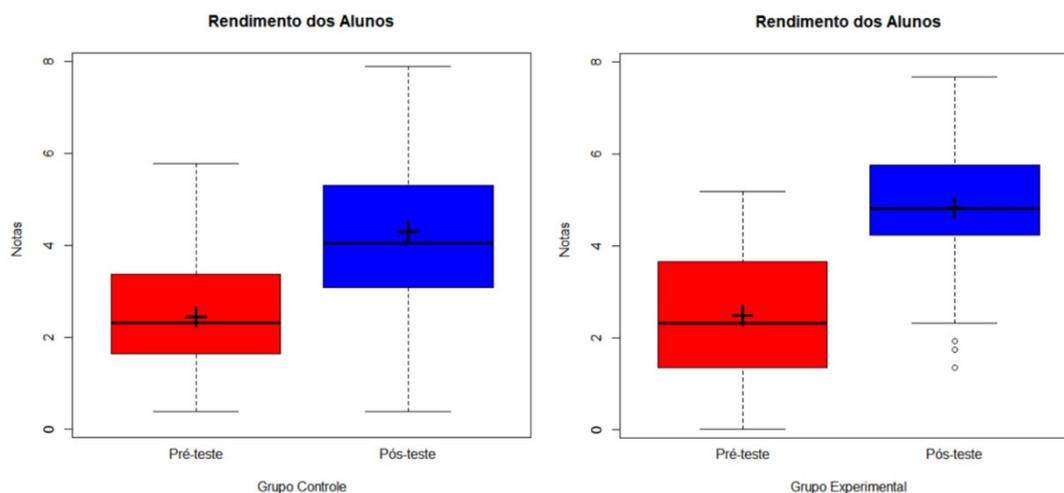


Figura 9 – Diagramas de caixa com as notas dos pré-testes (vermelho) e pós-testes (azul) para os grupos controle (esquerda) e experimental (direita). A cruz indica a média. Nota-se 3 outliers nos valores do pós-teste do grupo controle, abaixo dos demais valores. Fonte: do autor.

Os diagramas de caixa (box plots) do pré e do pós-testes do grupo controle mostram uma clara elevação da média e da mediana das notas, com ainda uma pequena interseção de valores entre as duas caixas. Observa-se também que, no pós-teste, ainda continuam existindo alunos com notas muito baixas, como se não tivessem

recebido nenhuma instrução. Por outro lado, a distribuição é bem “aberta” sinalizando notas altas no pós-teste. Portanto, podemos dizer que foi um grupo que teve bons e maus aproveitamentos da disciplina.

Os diagramas do grupo experimental indicam que houve nota zero no pré-teste, com uma distribuição de notas parecidas com a do grupo controle. Já no pós-teste, observamos algumas notas muito baixas como outliers e uma distribuição normal das notas com um deslocamento positivo em relação às notas do grupo controle. Observamos também que a distribuição central das notas (caixa) do pré-teste não apresenta interseção com a distribuição central das notas (caixa) do pós-teste. Adicionalmente, a caixa do pós-teste do grupo experimental é mais estreita que a do grupo controle, indicando uma massa de valores mais concentrada: uma indicação de maior consistência dos dados. Para verificarmos possíveis diferenças estatisticamente significativas entre os resultados, recorreremos ao teste de Wilcoxon.

O teste de Wilcoxon (*Wilcoxon signed rank test*) é um teste pareado, ou seja, as variáveis são dependentes, “vinculadas”: a nota de pré-teste de cada aluno foi comparada à nota de pós-teste do mesmo aluno. Dessa forma só pudemos utilizar os dados referentes aos alunos que responderam a ambos os testes: 75 no grupo experimental e 47 no grupo controle. Cunhamos a hipótese nula “os valores do pré e do pós-testes foram iguais”, isto é, caso tenhamos um p-valor maior do que 0,05 (5%) aceitaremos que estatisticamente não há diferença significativa entre os valores de pré e pós-testes, ou seja, que não houve aumento das notas após trabalharmos o conteúdo em sala. Se o p-valor encontrado, contudo, for menor que 0,05, refutaremos a hipótese nula, propondo uma alternativa. No caso, diremos que os valores dos testes são significativamente diferentes, ou seja, as notas aumentaram de um teste para o outro.

Teste de Wilcoxon

	p-valor
Comparação dos testes do grupo experimental	2,65E-09
Comparação dos testes do grupo controle	1,46E-03

Tabela 3 – Resultados dos testes de Wilcoxon com a hipótese nula de que “os valores do pré e do pós-testes foram iguais”, refutada em ambos os casos. Fonte: do autor.

O teste para ambos os grupos refutou a hipótese nula, confirmando que houve aumento nas notas do pré para o pós-teste em ambos os grupos. Os p-valores foram  $2,65E-09$  para o grupo experimental e  $1,46E-03$  para o controle. Esse resultado é importante, pois indica que os alunos de ambos os grupos foram capazes de responder corretamente (de maneira total ou parcial) mais questões sobre Eletromagnetismo depois de participarem da SD do que antes.

Vimos que houve aumento das notas em ambos os grupos. É interessante observarmos se ambos partiram de valores semelhantes estatisticamente, como parecem nos indicar os box plots da figura 9. Para facilitar essa comparação colocamos lado a lado, na figura 10, os box plots com as notas de pré-teste de ambos os grupos. Nota-se grande semelhança entre as distribuições, com o grupo controle tendo uma caixa mais estreita e os bigodes se estendendo mais acima do que a caixa do grupo experimental. Uma comparação estatística desses valores com o teste U de Mann-Whitney indica se há ou não alguma diferença entre eles.

O teste de U de Mann-Whitney (*Wilcoxon rank sum test*) não é pareado, podendo ser utilizado para comparar valores de amostras com tamanhos diferentes, como as notas dos pré-testes de ambos os grupos. A hipótese nula para o teste foi “não há diferença significativa entre as notas dos pré-testes entre os grupos controle e experimental”, ou seja, para valores de p-valor acima de 0,05 aceitaremos que não há diferença estatisticamente significativa entre as notas de pré-teste entre os grupos experimental e controle. Em outras palavras, “grupos experimental e controle obtiveram estatisticamente as mesmas notas no pré-teste”. Um p-valor abaixo de 0,05 nos levará a buscar uma hipótese alternativa à nula, indicando que existe, sim, diferença de nota.

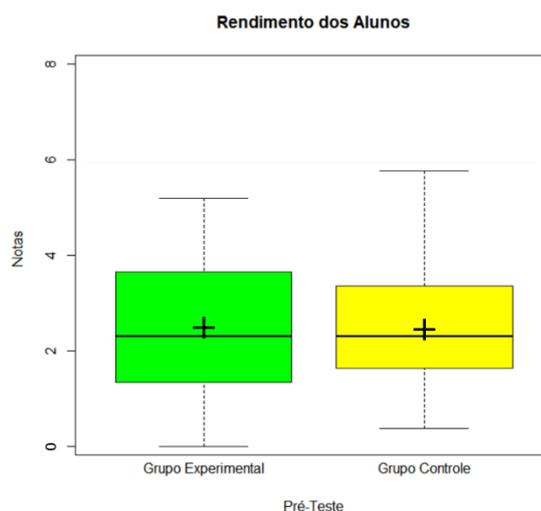


Figura 10 – Diagrama de caixa comparando notas do pré-teste para grupo experimental (verde) e controle (amarelo). Nota-se grande semelhança na distribuição. Fonte: do autor.

O resultado deste teste confirmou a hipótese nula, indicando que não há diferença estatisticamente significativa no rendimento do pré-teste entre os grupos experimental e controle, pois o p-valor encontrado foi 0,8703, muito acima de 5% (0,05).

Esse resultado indica que ambos os grupos inicialmente apresentavam um mesmo nível de conhecimentos sobre Eletromagnetismo, que seria o assunto a ser estudado.

No entanto é importante observar que esse resultado não garante completamente que as turmas são comparáveis, pois pode ser característico de alguma delas obter, habitualmente, melhor aproveitamento. Matematicamente, pode ser que um grupo tenha uma “curva de aprendizado” com inclinação mais acentuada do que outra, mesmo que partam do mesmo ponto, e analisamos apenas um ponto. Para tratar questões como essa, Campbell e Stanley (1963) propõem que sejam feitas outras observações, procurando caracterizar a inclinação dessa curva característica de cada turma, e não apenas o ponto de partida. Contudo, não dispomos de dados suficientes para uma análise como essa, que poderia se enquadrar no delineamento de “séries temporais múltiplas”, ou mesmo em uma “análise de descontinuidade de regressões com grupo controle não equivalente”. Dispomos de notas trimestrais desses alunos nos 3 trimestres, mas a composição dessa nota variou, incluindo diferentes atividades, ora gincana, ora trabalho experimental, trabalho expositivo ou pesquisa por escrito. Poder-se-ia talvez utilizar somente notas de provas escritas, contudo não temos esses

dados isolados disponíveis, pois apenas o total de cada trimestre consta no sistema da SEDU. Além disso, não seria possível fazer mais observações após o tratamento, posto que ocorreu no fim do ano letivo. Esses fatores nos impedem de construir uma análise estatística mais densa, de forma que nos restringimos ao delineamento “de pré e pós-teste com grupo controle não equivalente”. Em futuros trabalhos que venham a fazer uso da estatística certamente empregaremos delineamentos mais adequados de análise.

Comparando os pós-testes através dos box plots da figura 11, notamos diferenças visíveis entre os dois grupos. Primeiramente, mediana e média são mais elevadas para o grupo experimental, além disso ele apresenta também uma caixa mais estreita do que o grupo controle, indicando uma tendência geral de melhor aproveitamento da turma, com pouca dispersão de notas. Os fios de bigode do grupo controle compreendem notas mais baixas, enquanto o grupo experimental tem os valores equivalentes como *outliers*.

Para uma análise mais objetiva da diferença entre as notas de pós-teste dos grupos usaremos o teste paramétrico t de Student, uma vez que ambas as distribuições das notas dos pós-testes são normais e os testes paramétricos são mais poderosos. A hipótese nula adotada foi “as notas dos alunos dos grupos experimental e controle foram iguais no pós-teste”, ou seja, a hipótese nula corresponde à possibilidade de ambos os grupos terem obtido valores estatisticamente iguais, nos parâmetros considerados. Tal hipótese foi rejeitada com p-valor 0,04828 (um pouco abaixo de 0,05), evidenciando que há sim uma diferença estatisticamente significativa entre as notas dos alunos dos grupos controle e experimental, onde o grupo experimental obteve valores mais altos.

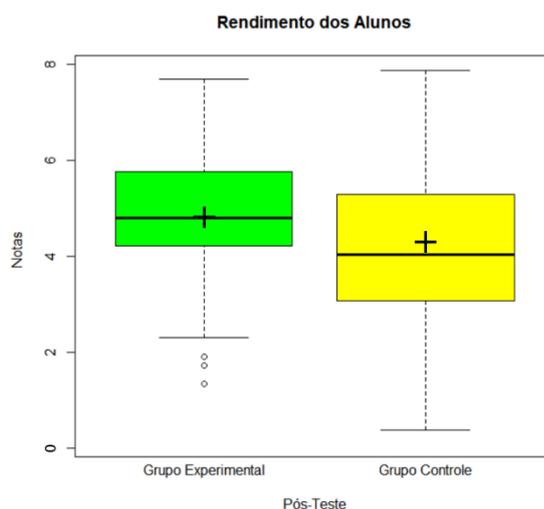


Figura 11 – Diagrama de caixa comparando notas do pós-teste para grupo experimental (esquerda - verde) e controle (direita - amarelo). Nota-se 3 outliers nos valores do grupo experimental. Fonte: do autor.

Esse resultado é positivo para a pesquisa, pois indica que o tratamento experimental com a sequência didática estruturada nos pressupostos apresentados proporcionou aos alunos correspondentes um melhor desempenho considerando os resultados das avaliações utilizadas. Adicionalmente, sugere que o esforço investido resultou em melhor entendimento dos conceitos físicos.

Testes de comparação entre grupos

Teste	p-valor
Comparação dos pré-testes (Wilcoxon)	0,8703
Comparação dos pós-testes (t de Student)	0,04828

Tabela 4 – Resultados dos testes de comparação entre os grupos, com a hipótese nula de que não há diferença significativa nos valores dos testes entre o GE e o GC. A hipótese nula foi descartada apenas na comparação das notas de pós-teste. Fonte: do autor.

Esses resultados ocorreram para um episódio em uma intervenção, e apesar dos testes favorecerem o tratamento experimental em detrimento do controle, considero que para tornar mais robusta a ideia de que a metodologia utilizada favorece o maior rendimento dos alunos seria necessário realizar uma pesquisa em escala maior, com vários professores em várias escolas, possivelmente em mais de uma intervenção. Relembro que se trata de um delineamento quase-experimental, e com isso não temos controle sobre todas as variáveis que gostaríamos, de forma que

questões pontuais sem relação com o tratamento podem ocorrer com turmas específicas e afetar os resultados. Na escola muitos eventos ocorrem sempre, e de muitos pode ser que nem tomemos conhecimento.

Campbell e Stanley (apud MOREIRA, 2011a) trazem uma série de variáveis que podem influenciar os resultados de uma pesquisa, entre elas temos história, maturação, interação do experimentador com o tratamento e interação do pré-teste com o tratamento. Diante dessas possibilidades escolhemos o delineamento mais adequado, contudo num futuro trabalho será interessante se debruçar com mais afinco sobre essas questões de modo a minimizar ainda mais os efeitos dessas e outras variáveis descritas na literatura.

Ainda assim, considerando o esforço empreendido na diferenciação das aulas para os dois grupos, acreditamos que a diferença de rendimento observada ocorreu devido à metodologia aplicada, conforme tabela 2 em 3.4.4.

A diferenciação não foi extrema: ocorreu apenas em 3 dos 6 pressupostos, e mesmo nesses 3 não foi realizada de maneira absoluta, pois não anulamos, mas reduzimos, a manifestação desses pressupostos. Nesse contexto percebemos a relevância dos pontos em questão para a aprendizagem, pois mesmo uma diferenciação na escala que foi feita já retorna impactos observáveis no rendimento. Portanto, com base nesse estudo, encorajo o planejamento das aulas de maneira a incluir esses 6 elementos, e que seu planejamento e prática possam tornar-se hábito. Não como uma meta, mas como mais um degrau que galgamos nesse processo de aprimoramento da prática do ensino e da facilitação da aprendizagem.

## 4.2 OPINIÕES DOS ALUNOS

O questionário de opinião respondido pelos alunos ao final da SD trouxe as seguintes ideias:

O questionário foi respondido pelos alunos ao fim da SD. Quase todas as questões eram discursivas. Compilamos os resultados, digitando e categorizando as respostas dos alunos por semelhança (BARDIN, 1977). Seguem os resultados.

Pergunta 1:

**Com relação às aulas sobre Eletromagnetismo (3º trimestre), do que você MAIS gostou e por quê?**

*Logo abaixo, no campo de respostas, colocamos o texto “O que eu mais gostei foi...”*

Categoria da resposta	Ocorrências Grupo Experimental		Ocorrências Grupo Controle	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Aulas experimentais / práticas, experimentos, “brincadeiras” com ímãs	63	62%	27	64%
Dinâmica com cartões	6	6%	2	5%
Funcionamento da bússola / magnetismo terrestre / relação com o dia a dia	7	7%	4	10%
“Tudo”/”a matéria toda”	-	-	3	7%
Metodologias de ensino / forma de ensinar a regra da mão direita	-	-	2	5%
“Nada” / “não sei responder”	5	5%	-	-
Aulas dinâmicas / intuitivas / meios mais didáticos	4	4%	-	-
“Oportunidade de fazer um experimento. Achei que ia ser chato mas foi muito interessante” / “surpreso com a diversão” / “tudo”	3	3%	-	-
Outros	21	21%	5	12%
Em branco	2	2%	1	2%

*Tabela 5 – Categorização das respostas sobre o que os alunos mais gostaram nas aulas de Eletromagnetismo. Há respostas citando mais de 1 argumento, de forma que o total ultrapassa o número de alunos respondentes. Fonte: do autor.*

As três primeiras linhas da tabela relacionam-se diretamente com elementos da teoria empregada: as duas primeiras evidenciam grande aceitação do uso de diferentes recursos (BZUNECK 2010, AUSUBEL 2003), seja pelo uso dos experimentos ou pelo uso da metodologia de IpC (ARAÚJO; MAZUR, 2013), cuja dinâmica que tem foco na negociação de significados (MOREIRA, 2016) muito envolveu os alunos; e a

terceira linha relaciona-se com a ideia de que uma abordagem utilitária/instrumental do conteúdo, como o uso de bússolas para orientação, é um fator motivador para o aprendizado (BZUNECK, 2010).

Como nesse ano tínhamos feito uso de experimentação apenas no primeiro trimestre, com Eletrostática, ficando o segundo trimestre sem aulas práticas (eu estava me empenhando em preparar os experimentos e atividades da Sequência Didática deste trabalho, que ocorreu no 3º trimestre), pode ser que os alunos tenham valorizado ainda mais as atividades experimentais devido ao tempo que passaram sem ter nenhuma. Outra possível razão para essa satisfação com experimentos é o fato de não terem trabalhado muito com experimentos nos anos anteriores, no colégio, com outros professores e, além disso, julgo que os experimentos de Eletromagnetismo são particularmente fascinantes, com um certo ar de “mistério” em torno dos ímãs. Mais importante: não apenas utilizamos experimentos, mas dedicamos tempo a discuti-los e visualizá-los, fazendo observações pertinentes e relacionando ao conteúdo de maneira bem articulada. Notável que o impacto positivo da experimentação e das aulas práticas no gosto dos alunos retornou praticamente a mesma parcela de respostas tanto no grupo experimental (62%) quanto no grupo controle (64%), mesmo tendo sido empregada uma abordagem experimental diferente para cada um.

Pergunta 2:

**Com relação às aulas sobre Eletromagnetismo (3º trimestre), do que você MENOS gostou e por quê?**

Categoria da resposta	Ocorrências Grupo Experimental		Ocorrências Grupo Controle	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
“nada”/“gostei de tudo”	27	26%	9	21%
“entender a matéria”/“aula”/“parte teórica”	13	14%	7	17%
“o pouco tempo que tivemos” / “poucas aulas práticas” / “não sair da escola para experimentos mais aprofundados” / “queria ter podido aprofundar mais”	11	11%	3	7%

provas, contas, cálculos, teorias e fórmulas	9	9%	7	17%
exercícios e atividades do livro, confusão com símbolos				
não sei	5	5%	3	7%
em branco	14	14%	9	21%
Outros	22	21%	4	10%

Tabela 6 – Categorização das respostas sobre o que os alunos menos gostaram nas aulas de Eletromagnetismo.  
Fonte: do autor.

Nessa questão houve menos respostas válidas (mais deixadas em branco), e menor convergência delas. Há 5% a mais de alunos do GE afirmando que gostaram de tudo, 4% a menos se ressentindo da parte teórica, 4% a mais lamentando não termos tido mais tempo, 6% a menos acusando insatisfação com as provas, cálculos e exercícios. Todas diferenças percentuais pequenas, mas indicando maior satisfação nos alunos do grupo experimental. Contudo, há mais respostas em branco no grupo controle, de alunos que não foram capazes de responder à pergunta, o que pode ser interpretado como incapacidade de encontrar algo que menos gostou.

**Você viu alguma utilidade prática em estudar este assunto de Eletromagnetismo? S/N**

Resposta	Grupo Experimental		Grupo Controle	
Sim	88	87%	40	95%
Não	11	11%	2	5%
Branco	2	2%	0	0%

Tabela 7 – Ocorrência de respostas “sim”, “não” e em branco sobre ver utilidade no Estudo do Eletromagnetismo.  
Fonte: do autor.

Essa primeira parte da pergunta expõe um resultado satisfatório com relação a um dos aspectos motivacionais apresentados por Bzuneck (2010) que é justamente a proposta de deixar clara a utilidade prática dos conteúdos. No total o resultado foi mais positivo no grupo controle, apesar de ter sido bem elevado em ambos.

Essa pergunta continha 2 partes, sendo a sequência: **Cite exemplos.**

Categoria da resposta	Ocorrências Grupo Experimental		Ocorrências Grupo Controle	
Cita ter ocorrido aprendizado/entendimento, mas não cita uso prático ou aplicação.	8	7,1%	6	13,6%
Menciona aprendizado/entendimento sobre coisas do cotidiano e aplicações, mas não referindo-se à própria experiência/uso direto.	43	38,4%	14	31,8%
Diz ter aprendido a usar algo/que algo é útil em sua vida.  Desses:	30	26,8%	15	34,1%
-subtópico: <i>[fazem referência a montagem de motor, gerador ou ventilador]</i>	[11]	[9,8%]	[3]	[6,8%]
-subtópico: <i>[falam especificamente sobre utilização da bússola e/ou orientação geográfica.]</i>	[10]	[8,9%]	[9]	[20,5%]
Responderam negativamente: não/não gosto de Física/não vi utilidade/não uso no dia a dia.	7	6,3%	2	4,5%
Outros.	16	14,3%	2	4,5%
Em branco.	8	7,1%	4	9,1%

*Tabela 8 – Categorização dos exemplos dados sobre as utilidades práticas de estudar Eletromagnetismo. Há respostas citando mais de 1 exemplo, de forma que o total ultrapassa o número de alunos respondentes. No GC há uma resposta ininteligível, assim o somatório das ocorrências não soma 100%. Fonte: do autor.*

Notável que a quantidade de respostas que indicam aprendizado ligado a aplicações + utilidade na própria vida é praticamente a mesma (65,2% no GE e 65,9% no GC) para ambos os grupos. Esse é um dos fatores motivadores apontados por Bzuneck (2010), além de atender a proposição do PCN+:

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para

utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização (BRASIL, PCN+).

As unidades temáticas 2 (motores elétricos) e 3 (geradores) do PCN+, conforme apresentados na seção 3.3.1, também estão de acordo com esse reconhecimento expresso pelos alunos.

Ainda assim, pela tabela observa-se que percentualmente mais alunos no GC indicaram ter aprendido algo que tenha uso prático em sua vida, principalmente no que diz respeito a orientação geográfica, enquanto maior porcentagem de alunos do GE manifestou-se no sentido de ter aprendido sobre usos do Eletromagnetismo, mas sem citar relação com o próprio cotidiano.

Pergunta 4:

**Você viu alguma vantagem em montar o experimento sobre indução (motor ou gerador), no ponto de vista do seu aprendizado?**

*Respostas:*

Resposta	Grupo Experimental		Grupo Controle	
	Sim	83	82%	30
Não	10	10%	7	17%
Branco/indistinguível	8	8%	5	12%

Tabela 9 – Ocorrência de respostas “sim”, “não” e em branco sobre ver vantagem em montar o experimento sobre indução, do ponto de vista do aprendizado. Fonte: do autor.

Alguns dos alunos (44 do GE e 19 do GC) que responderam essa questão espontaneamente complementaram suas respostas no espaço fornecido:

Resposta	Ocorrências Grupo Experimental		Ocorrências Grupo Controle	
	Trouxe conhecimento/aprendizado	26	25,7%	16
Conhecimento para montagem de artefatos úteis - motor e gerador	5	5,0%	2	4,8%

Valorização da prática nas aulas/gosto por experimentos.	5	5,0%	1	2,4%
Interessante/divertido	6	5,9%	2	4,8%
"Foi chato e tedioso"	1	1,0%	0	0,0%
Outros	5	5,0%	2	4,8%
Não complementaram a resposta	57	56,4%	23	54,8%

Tabela 10 – Categorização do complemento da pergunta 4: exemplos de vantagem em montar o experimento sobre indução, do ponto de vista do aprendiz. Fonte: do autor.

Percentualmente mais opiniões do GC acusaram ter obtido conhecimento e/ou aprendizado, as demais diferenças foram muito sutis. Como poucos respondentes complementaram as repostas além do “sim” ou “não”, uma comparação mais detalhada é difícil de ser feita.

Pergunta 5:

**Dê sugestões que poderiam mudar para melhorar o aprendizado e o aproveitamento das aulas para as próximas turmas.**

Resposta	Ocorrências Grupo Experimental		Ocorrências Grupo Controle	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Mais experimentos/ práticas	39	39%	16	38%
Continuar assim / não mudar nada / não / nenhuma	14	14%	7	17%
Maior dinâmica e participação do aluno	13	13%	7	17%
Trabalhar melhor questões ligadas a ordem em sala de aula (silêncio, participação, colaboração, tempo)	10	10%	3	7%
Não sei	8	8%	-	-

Mais <b>demonstrações</b> junto à teoria, seja por vídeo ou experimento	7	7%	-	-
Aulas fora da sala / extrapolar a sala de aula	4	4%	2	5%
Outros	5	5%	4	9%
Em branco	10	10%	4	10%

*Tabela 11 – Categorização das sugestões dadas pelos alunos. Há respostas citando mais de 1 argumento, de forma que o total ultrapassa o número de alunos respondentes. Fonte: do autor.*

Equiparam-se nos dois grupos, e em grande quantidade, as sugestões de trabalharmos com ainda mais experimentação em sala de aula. No grupo experimental surge ainda uma representação de 7% das opiniões sugerindo ainda mais variação de recursos ao apresentar os conteúdos, seja por vídeos ou experimentos demonstrativos. Essas duas observações enfatizam a relevância do pressuposto “uso de diferentes recursos”, mostrando como eles deixam uma marca positiva para os estudantes e como desejam ainda mais.

O protagonismo do aluno também surgiu em ambos os grupos como uma reivindicação relevante, sendo mais acentuada percentualmente no GC, onde os alunos foram um pouco menos protagonistas do processo. De fato, nossa experiência mostrou (isso vem relatado na próxima seção) que em situações onde um ou mais alunos são colocados em evidência, explorando diretamente algum fenômeno, a atenção da turma é grandemente focalizada. Possivelmente essa motivação ocorre por uma aproximação no campo afetivo.

Quantidade notável de alunos sugere maior rigidez do professor ao estabelecer ordem na sala de aula, ou maior interesse dos alunos. Procuro sempre dialogar com os alunos e apelar para responsabilidade deles e capacidade de auto-organização e autocensura da turma, mas muitas vezes é necessária uma atitude mais firme do regente pelo bem comum. É certo que no fim do terceiro ano os ânimos dos alunos estão bastante irregulares, e o professor cansado, especialmente com a carga de trabalho adicionada pelo mestrado. Ainda assim, tomei estes números como uma crítica positiva (um *feedback!*), que me faz repensar aspectos da própria prática que

possam minimizar esse efeito. Nesse ponto é interessante retomar a questão fundamental da predisposição para aprender, colocada por Ausubel como condição para a ocorrência da AS. Buscamos aplicar as orientações dos referenciais da motivação trazidos por Bzuneck nesse sentido, mas sustentar participação dos 40 alunos de cada turma nas condições acima ainda se apresenta como uma tarefa complexa para mim.

No geral as opiniões do GC e do GE não foram tão diferentes como era minha expectativa após ver os resultados dos testes estatísticos. A diversificação dos recursos apontada pelos alunos foi empregada em ambos os grupos e tida como algo marcante nos dois. As diferenciações dos tratamentos foram mais sutis e o instrumento de coleta de opiniões não evidenciou uma distinção muito grande nas opiniões: ou pelo fato dos tratamentos terem sido realmente muito semelhantes, ou talvez pelas questões sobre opinião não terem o nível de detalhamento necessário para evidenciar essa diferença. De todo modo a teoria nos mostra que há muita importância nos detalhes do planejamento: o feedback, os desafios constantes e a promoção da interação aluno-aluno são pontos trabalhados ao longo do processo de maneira sutil, que podem não parecer transformar tanto a dinâmica da sala de aula num primeiro olhar casual, mas estão promovendo uma interação mais efetiva nas entrelinhas, nos pormenores dos processos cognitivos.

### 4.3 OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR

#### 4.3.1 *Balanço da SD*

A sequência didática baseou-se nos 6 pressupostos teóricos descritos e foi orientada pelos documentos de referência dos PCN, Enem, Paebes e Sedu. Logrou-se reduzir o tempo de estudo sugerido pelo livro didático em uso no colégio (Física Aula por Aula - PNLD 2015) de 28 para 14 aulas (sendo uma aula exclusiva de aplicação do pré-teste), de forma a melhor adequar a extensão do conteúdo ao número limitado de 80 horas/aula disponíveis para todo o ano letivo na rede estadual do Espírito Santo.

Nessa adequação foi abandonado bastante material complementar do livro, bem como boa parte da abordagem quantitativa do Eletromagnetismo. Ela cedeu espaço para uma abordagem experimental e fenomenológica que buscou permitir ao aluno compreender as tecnologias da realidade contemporânea, conforme propõem os PCN e PCN+. Deste último, a unidade temática 4 não foi abordada com sucesso, sobre capacitores, indutores e transformadores. As habilidades H17, H20 e H21 do Enem, sobre uso de diferentes linguagens, caracterização de causas e efeitos dos movimentos de partículas e uso de leis físicas para interpretação de processos no contexto do eletromagnetismo, respectivamente, foram atendidas. Já a habilidade H23, que propões avaliar possibilidades de “geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas” foi trabalhada em parte, uma vez que discutimos os processos de geração de energia, inclusive experimentalmente, mas não nos aprofundamos nas citadas implicações. Sugere-se na SD revisada do produto educacional (APÊNDICE D) discutir esse assunto na aula 14, dentro do contexto dos experimentos de indução como motores e geradores elétricos. Os descritores D11, D47, D70 e D71 que destacamos do Paebes foram bem abordados nas atividades experimentais. As duas competências relativas ao eletromagnetismo do Currículo Base da Sedu-ES de 2009 foram abordadas na SD e, com a ressalva semelhante à da H23 do Enem, deixou em parte a desejar no que diz respeito à discussão sobre o papel da Física no desenvolvimento econômico e social contemporâneo. Todos os conteúdos subsequentes foram abordados. Com relação às Orientações Curriculares de 2017, dos 11 conhecimentos propostos, o fluxo magnético e a lei de Lenz não foram abordados como se pretendia (que já seria uma abordagem compacta na penúltima aula) devido a faltas em massa dos alunos no fim do ano, em todas as turmas. Da mesma forma, 3 das 10 expectativas de aprendizagem ficaram prejudicadas: a descrição da força magnética entre condutores paralelos (essa foi excluída propositalmente ao otimizar o tempo), a aplicação da lei de Lenz e a identificação de radiação eletromagnética em situações cotidianas (essa última chegou a ser citada numa breve descrição do funcionamento das antenas).

Apesar de não termos abordado todos os pontos propostos nesta intervenção, consideramos a sequência como tendo um bom aproveitamento do tempo, dada a

ênfase nas demonstrações e atividades práticas. Em nosso caso não foi possível dar continuidade ao conteúdo, mas uma reutilização da SD deverá prever uma aula a mais para englobar e consolidar esses conhecimentos (essa alteração foi implementada na SD revisada do produto educacional).

#### 4.3.2 *A Dinâmica da SD*

Nesta seção analiso anotações e observações feitas ao longo da implementação da SD.

##### **Momentos notáveis:**

No dia 07/11 alguns alunos ficam maravilhados – realmente empolgados – com algumas atividades experimentais. Nesse dia chamei voluntários para enrolarem um pedaço e de fio de cobre esmaltado ao redor de um longo prego e produzir um eletroímã, utilizando-o então para erguer uma cadeia de cliques para papel. Alguns ficaram maravilhados com o fato do fio esquentar ao ponto de não suportarem segurá-lo, aceitando o desafio de utilizar a manga do agasalho como isolante térmico para conseguir manter o eletroímã funcionando por mais tempo, outros ficaram vários minutos produzindo centelhas ao fechar e abrir o circuito consecutivamente (caso de uma aluna muito interessada nas aulas e que pretendia cursar Ciências Sociais, ela estava literalmente “saltitando” de empolgação!). A turma como um todo mudava sua postura quando via o eletroímã ser desativado (circuito aberto) e a maioria dos cliques cair. Demonstrações como essa, principalmente com participação ativa dos alunos, mostraram gerar grande envolvimento da turma, e muito acentuado em alguns alunos específicos.

Acabei incorporando a ideia de transformar atividades corriqueiras em desafios, conforme sugestão de motivação para os alunos (BZUNECK, 2010). Nesse mesmo dia 7 aproveitei uma oportunidade, que teria sido puramente demonstrativa: disponibilizando materiais como o longo prego, cliques e ímãs, lancei a pergunta “será possível erguer todos esses cliques magneticamente sem encostar o ímã em nenhum deles?”.

As apresentações dos trabalhos experimentais sobre indução eletromagnética nos dias 6 e 7 de dezembro surpreenderam: tivemos vários experimentos de indução, e parte dos alunos realmente empolgada em apresentar o que produziram. Como sempre há alunos muito empolgados e outros perdidos ou desinteressados. Notável também foi na turma 3v3 termos a maioria esmagadora dos experimentos com o mesmo erro conceitual/de montagem: ao produzirem o motor com pilha grande, bobina de fio de cobre esmaltado, ímã e alfinetes de fralda, raspavam completamente ambos os lados (“pernas”) da bobina, mantendo assim contato elétrico permanente e uma passagem constante de corrente elétrica pela bobina, impedindo a indução do campo magnético e seu correto funcionamento. Questionados, disseram que foram orientados por um colega.

#### **Problemas técnicos/operacionais:**

No dia 9/10 houve faltas em massa na 3m4 que inviabilizaram a aula e atrasaram seu conteúdo.

Muita chuva no dia 16/10 ocasionou instabilidade no fornecimento de energia elétrica, deixei de utilizar o projetor por receio de queimá-lo. Um fator não planejável que mostra a importância de deixar folga nos cronogramas!

Nesse mesmo dia 16/10 poucos alunos levaram o livro didático na 3m2 e 3m1 para a aula de exercícios, apesar da solicitação prévia. Pode-se utilizar o paliativo de fotografarem as questões no livro do colega, mas isso dificulta a apreciação das imagens do livro, pois o conteúdo fica muito confinado na tela do aparelho, e impede a consulta de outras páginas por esse aluno.

Ainda no dia 16/10 solicitei a saída de sala de dois alunos da 3m3 por não estarem com o livro e não se interessarem por tirar uma fotografia do livro de algum colega e fazer o exercício. Houve muita cópia de respostas ou de gabaritos na turma (pessoas que demoraram a começar e de repente “terminaram os exercícios” em 3 minutos).

No dia 07/11 discutimos diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo, retomando a ideia de spin e domínios magnéticos. O início das aulas no vespertino foi

um pouco corrido, pois precisei resgatar material na Ufes e acabei revisitando a teoria dentro da sala de aula, no início da aula. Não consegui diferenciar as aulas da 3v1 nesse dia, para caráter de controle. Nas 3 turmas acabamos fazendo a demonstração dos experimentos sobre Campo Magnético e Matéria, do capítulo 9 (detalhes na SD).

No dia 14/11 começamos a discussão do capítulo 10 sobre Força Magnética. A aula incluiu a exibição do vídeo produzido no Laboratório de Estrutura da Matéria na Ufes (<https://youtu.be/nAgyY5jeBcM>). Apesar de os alunos terem se empolgado bastante com o fato do professor estar no vídeo (e vestindo a mesma calça), não foi possível aproveitar muito de seu conteúdo, pois as caixas de som disponíveis na escola não trouxeram nitidez para as falas (o vídeo não tem legendas) e mesmo as imagens do feixe de elétrons sendo curvado não ficaram claras, pois seu brilho era muito tênue e a luminosidade natural da sala quase impossibilitou sua visualização. Mexer nas configurações de brilho e contraste do projetor multimídia auxilia nessa visualização. Fica, portanto, a dica: caso resolva utilizar esse vídeo, teste a imagem no local (e no horário) da aula e, caso necessário, ajuste a projeção e providencie caixa de som auxiliar.

#### **Dúvidas que surgiram, dos alunos:**

No dia 16/10, particularmente, a aula de exercício do livro na 3v3 suscitou uma série de dúvidas, principalmente quanto:

- ao alinhamento na bússola na proximidade de 2 fontes de campo magnético;
- à diferença entre linhas de campo elétrico e linhas de campo magnético;
- sobre o significado da concentração de linhas de campo;
- dificuldade em compreender a expressão “parte inferior da página”, para onde devia apontar um vetor na questão;
- à criação de polos magnéticos em objetos ferromagnéticos em proximidade a uma fonte de campo magnético;

No dia seguinte, 17/10, durante aula de exercícios na 3v1, surgiu a dúvida do que aconteceria se colocássemos a bússola “entre as linhas do campo magnético”,

evidenciando uma apropriação do conceito de linhas de campo semelhante à concepção alternativa relatada de que “não há campo entre as linhas”.

**Adaptações que foram necessárias/coisas que faria diferente/observações metodológicas:**

Como parte da proposta é conseguir abordar um conteúdo extenso em menor tempo, às vezes o planejamento fica apertado para o tempo de aula e uma pergunta ou colocação pertinente de um aluno pode suscitar uma discussão que nos coloca em xeque: dar espaço à discussão e passar parte da atividade planejada (IpC, por exemplo) para a aula seguinte ou encurtar a discussão para manter o planejamento? Certamente é uma decisão para ser tomada caso a caso, levando em conta tempo hábil, o planejamento, se o conteúdo da turma está “adiantado ou atrasado” com relação às outras, o ânimo da turma no momento etc. Mas um ponto importante com relação à dinâmica com IpC é o *timing*: um teste conceitual é proposto como forma de discutir o assunto que acabou de ser apresentado, não tendo mesmo efeito numa aula subsequente. O método suscita também muitas questões, como relatam os próprios criadores:

Usar testes conceituais elicia muito mais questões do que uma exposição tradicional. Muitas dessas questões vão direto ao ponto e são profundas; o instrutor deve atender à maior quantidade possível delas no tempo disponível. (CROUCH et al., 2007; tradução nossa)

Há um equilíbrio que deve ser encontrado por cada professor, com a prática, mas é fundamental reservar tempo para as discussões, tempo precioso e de grande aproveitamento, inerente ao uso do IpC.

No dia 18/10 utilizamos 4 questões conceituais no modelo IpC com a 3m1. As questões foram adaptadas da proposta original para reduzir dificuldades de interpretação dos enunciados e respostas. Ocorreu o fato curioso de, ao conversarem após a primeira “votação”, mudaram as respostas que estavam certas para respostas erradas.

Interpretei da experiência que a dinâmica da IpC evidencia de maneira rápida e clara as concepções dos alunos. Se você quiser verificar se uma concepção alternativa está presente na turma, use IpC e coloque-a numa alternativa. Caso as condições

tivessem sido mais favoráveis, realmente teria surtido mais efeito **discutir as questões conceituais antes de fazer os exercícios do livro**, assim poderia “homogeneizar” um pouco a compreensão dos conceitos, atendendo a dúvidas mais gerais, e então tirar mais proveito dos exercícios do livro em atendimento individual (o produto educacional incorpora essa ideia, com alterações na ordem das atividades e devidas adaptações). De fato, é assim que trabalham com o método originalmente (CROUCH et al., 2007). Gostaram muito da experiência, a participação foi de cerca de 95% dos alunos presentes: apenas 2 dos 37 não se manifestaram durante as questões. Pediram mais. Perguntei: “chega a dar um friozinho na barriga na hora de levantar o cartão, não é?” e obtive respostas afirmativas, pois, como disseram: “todo mundo vai ver minha resposta”. Há maneiras de utilizar o método IpC que mantém o sigilo da resposta, como com o uso de *clickers* (aparelhos eletrônicos de votação, caros) ou de *plickers* (mais barato, requer apenas o uso de um smartphone pelo professor, o cadastro dos alunos num aplicativo e a impressão de uma folha com um código QR para cada). Imagino que esses métodos mais sigilosos deixem o aluno mais à vontade e reduzam o efeito “manada” de quererem copiar a resposta da maioria, ou dos colegas que costumam tirar notas mais altas. No entanto, usar cartões coloridos aumenta o envolvimento emocional com a atividade, e possivelmente a interação social.

Na segunda-feira 06/11, após o primeiro domingo de Enem, tivemos presença mínima de alunos nas 8 turmas. Realizei atividades do livro nas salas onde houve aula. Isso mostra que não devemos criar muita expectativa de presença para aulas pós Enem.

Na segunda seguinte, 13/11, após o 2º domingo de Enem, pouquíssima presença novamente. Os alunos relataram que é comum prestarem o exame longe de suas residências, potencialmente tornando o retorno para casa desgastante, assim como a prova em si e o estresse que antecede o exame por conta de dificuldades no trânsito e ansiedade. Os poucos presentes nesse dia foram predominantemente alunos que precisavam apresentar um trabalho de Sociologia. Vários deles conseguiram autorização com os pais para ir embora após a apresentação... assim, na 3m2 e 3m4 não tive alunos e não houve aula. Na 3m1, 3m3 e 3m5, com não mais do que uma dúzia de alunos por turma, discutimos questões de Física do Enem que tinham feito, ao invés de seguir com o cronograma. À tarde, com as 3 turmas, discutimos questões

do livro e tiramos dúvidas para o simulado, mas os alunos estavam muito cansados e houve pouco aproveitamento da discussão.

Segue uma observação curiosa e recorrente: o tratamento controle às vezes parece estar mais “adequado”, intuitivamente, do que o experimental. Explico: quando eu conduzo um experimento de maneira demonstrativa na frente da turma (que foi a ideia com o grupo controle), a conversa com eles fica mais bem articulada, pois faço cada etapa da demonstração retomando os conceitos colocados no quadro, fazendo a ponte entre o fenômeno observado e a teoria proposta. Na sequência os alunos mais interessados sempre se aproximam para manipular o material. Já nas turmas experimentais, nos dias em que não formei grupos com roteiros estruturados, ao liberar os materiais para que os alunos espontaneamente fizessem o experimento, a atenção da turma se dissipou em grande medida por poucos se proporem a realizar a atividade. Mesmo quando procurei retomar a discussão para apresentar os resultados encontrados pelos colegas, percebi que já restava menos tempo de aula e não seria possível detalhar tanto a relação teoria-prática. Isso evidencia que a nossa responsabilidade para com todos os estudantes demanda que organizemos as atividades de forma que todos sejam incluídos nelas, e não podemos depender apenas da proatividade dos alunos ou de sua socialização espontânea com os demais. Em casos como o citado, inclusive, nem sequer haveria material suficiente se todos quisessem trabalhar individualmente o experimento.

Alunos que já têm nota para passar de ano muitas vezes ausentam-se dos últimos dias letivos. Dificilmente pode-se contar com sua presença nesses dias, principalmente se já prestaram Enem e tiveram festa de formatura.

#### *4.3.3 Impressões sobre os 6 pressupostos adotados.*

1. O mapeamento de conhecimentos prévios através de pré-testes não me parece mais uma metodologia viável para o professor. No contexto dessa pesquisa não foi, pois sua aplicação ocorreu num momento no qual estávamos preocupados em pôr em ordem os materiais e atividades para as primeiras aulas da intervenção, não sendo

possível, no tempo pretendido, corrigir os testes, nem compilar as concepções e conhecimentos prévios dos alunos. Acabamos fazendo uma análise tardia dos testes, impossibilitando que surtisses efeito imediato ao longo da própria sequência didática. Que diremos então dos professores durante o exercício cotidiano da profissão? (Até pudemos tirar algum proveito do pré-teste em tempo: havia um certo desconforto dos alunos em responder ao teste, e vários fizeram perguntas como “professor, eu não faço ideia do que está dizendo aqui, o que escrevo?”, ao que encorajei “escreva ‘não sei’” - o que indicou que não estavam familiarizados com os conceitos apresentados; mesmo uma olhada rápida nos testes ao recolhê-los, principalmente nas primeiras questões discursivas, já revelou o tipo de ideia que tinham acerca do magnetismo. Contudo não é um método muito agradável para os alunos, que se sentem aflitos por não saberem responder às perguntas).

É necessário utilizar estratégias com retorno mais rápido e menos trabalhoso das concepções e experiências dos alunos. Da experiência com pré-testes percebi que a **observação e interação com os alunos** enquanto respondiam ao pré-teste, sem dar-lhes respostas, mas apenas auxiliando na interpretação dos enunciados e escutando suas dúvidas e questionamentos, rendeu muito mais informação útil para mim sobre suas concepções do que a correção do teste propriamente dita. Uma experiência que tive em 2018 e que funcionou bem foi fazer uma aula exploratória inicial com materiais relacionados aos fenômenos a serem estudados (no caso em questão foram fios, arames, garrafas, potes e outros materiais para a produção de sons) e propor uma breve conversa e uma atividade prática, pedindo uma descrição oral do que fizeram, com as palavras que julgarem adequadas. Munindo-se de papel e caneta para anotar o que for identificado de relevante para o andamento da disciplina, tem-se um prato cheio! Na ocasião pude identificar confusão entre conceitos como som baixo e som fraco, som agudo e som forte (altura e intensidade), inversão entre som agudo e som grave, não diferenciação entre eco, reverberação e ressonância, entre outras coisas. Surgem inclusive questões inesperadas que podem ser exploradas na sequência das aulas, como “o que é som e o que é barulho?”. Portanto, parece-me que interagir com a classe munido de indagações preparadas com base no conteúdo em questão, enquanto a classe interage com o fenômeno é uma forma eficiente, viável e gratificante de levantar conhecimentos prévios. Com o benefício de gerar contexto

para discussões posteriores em sala, onde pode-se ou não trazer novamente alguns dos materiais. Há também a possibilidade de utilizar o *Ensino sob Medida*, conforme os próprios Araújo & Mazur (2013) trazem numa proposta conjunta com o IpC, onde propõe-se passar um texto para leitura em casa e pedir aos alunos que digam/escrevam, ainda antes da aula, as dúvidas e dificuldades que tiveram. Assim pode-se preparar a aula de forma a atender às demandas que forem colocadas pelos alunos.

O levantamento de concepções alternativas na literatura fez aqui grande diferença. É difícil identificar pontualmente onde foram utilizados, mas conhecê-las me deu maior segurança ao escolher minhas palavras em sala de aula, de forma a minimizar interpretações que levassem a concepções alternativas. O mesmo se deu com a linguagem utilizada nos testes e avaliações, além das alternativas utilizadas nas avaliações e testes conceituais. E para que houvesse coerência entre ensino e avaliação, a escolha de exercícios foi influenciada pelo conhecimento das concepções alternativas, de foram que busquei e busco aqueles que dão margem para discussão dessas concepções. Recomendo, sempre que possível, realizar esse levantamento e reaproveitá-lo em oportunidades subsequentes.

2. O uso de diferentes recursos, principalmente a experimentação (que foi o mais utilizado), trouxe grande envolvimento dos alunos, bem como grande retorno de opiniões positivas. Todas as formas foram válidas: demonstração, proposição de roteiro para os alunos, em grupos, bem como propor que os próprios alunos propusessem e trouxessem seus experimentos com base na proposta da indução. No entanto, como visto, o retorno positivo em opiniões sobre os experimentos interativos, aulas “com prática” foi maior, e é justamente quando os alunos interagem com o material, sem nosso viés, é que pode surgir o inesperado, o genuíno, criado por eles mesmos: uma montagem não imaginada antes, a junção de vários materiais para atingir uma nova escala, etc. O protagonismo envolve os alunos de um modo geral, protagonista e expectadores, muito mais do que a ação do professor. A introdução multimídia ao Eletromagnetismo com imagens de aparelhos, mapas e vídeos breves também foi muito bem aceita, tendo captado bastante a atenção e interesse dos alunos, levantando questionamentos. Para a introdução também reuni um conjunto de aparelhos e objetos que guardam relação com o conteúdo, e estão no cotidiano: disco

rígido, disco flexível (tratado como “reliquia”), cartão magnético, ímãs, bússola etc. Isso foi feito para que não trabalhássemos apenas com imagens e vídeo, mas para que pudessem tocar, explorar e identificar-se. Os objetos eram passados entre os alunos enquanto a aula seguia, e o envolvimento foi grande. O vídeo também teve grande aceitação, apesar dos problemas técnicos descritos (sempre testar imagem e som antes de exibir vídeos!).

A experiência de poder variar os recursos é, também, **muito gratificante para o professor**, que deixa de trazer apenas exemplos abstratos, falar de objetos cotidianos sem mostrá-los, abstraindo o que poderia ser concreto. É reconfortante caminhar para uma sala de aula sabendo que estamos levando recursos diferentes do quadro e livro.

Pessoalmente, não opto por substituir o uso do quadro por projeções multimídia, mas utilizá-la como um recurso adicional, como com imagens, vídeos e simulações. Meu quadro já não é mais utilizado para resumos extensos, mas breves compilações do conteúdo, que construo acompanhando o fluxo da explanação e dos questionamentos de maneira orgânica, adaptando-se às turmas na medida do possível.

3. A repercussão dos desafios foi variada. Os desafios propostos em sala com o material em mãos geraram resposta rápida e envolvimento dos estudantes: a motivação indicada por Bzuneck (2010), com pronta mobilização dos alunos em propostas e ações. O desafio proposto de explorarem a rosa dos ventos fora da sala de aula, no Shopping, trouxe retorno concreto apenas de uma aluna, que foi até lá e pensou sobre a questão. Podem ser muitas as razões, mas é fato que esse foi o único desafio proposto para fora da sala de aula com o qual não havia vínculo de nota. O último desafio do trabalho de confecção e apresentação de um motor ou gerador trouxe resultados variados, os alunos mais envolvidos e motivados ousaram propostas únicas e mais elaboradas, como construir um protótipo de ventilador do zero. Grande parte se limitou a produzir o tipo de motor mais simples, com fio, alfinetes de fralda, pilha e ímãs. Inclusive muitos cometeram o mesmo erro de montagem ao remover o esmalte de maneira igual em ambos os lados do fio da bobina. Sendo o trabalho final e com muitos alunos precisando de nota para passar de ano, o envolvimento foi grande, com pelo menos a motivação da nota.

4. As atividades de consolidação dos conteúdos, quando realizadas coletivamente em nível de turma, através das discussões, representa a forma mais cômoda para o professor. No entanto, salvo casos mais ou menos raros onde toda a turma está acompanhando a discussão, ela tende a ser exclusiva, envolvendo poucos. Mesmo nesses casos onde todos atentam para a discussão, não há tempo para a fala de todos, um a um. Dessa maneira, apesar de ter sido mais trabalhoso preparar os testes conceituais e os cartões para os testes, foi gratificante presenciar a proposta de Araújo & Mazur (2013) na sala de aula: a maioria esmagadora dos alunos participando da discussão simultaneamente, uns com os outros, otimizando a possibilidade da interação verbal dos alunos com a matéria (e entre si, o que tanto gostam). Inicialmente eu apresentei dúvidas sobre qual dos tratamentos estaria promovendo a consolidação de maneira mais eficaz: no GE há maior interação entre eles, porém no GC conseguimos centralizar a discussão numa linha lógica, contando também com a participação deles à medida que convidava alunos para defenderem seus pontos de vista. No entanto, agora reconheço dois aspectos do trabalho com o GE com relação à consolidação dos conteúdos e sua relação com a negociação de significados: por um lado o método IpC oferece aos alunos uma liberdade de interação única no ambiente escolar, que costuma ser muito restritivo com relação a manifestação dos alunos, pois são muitos por sala e não é habitual utilizar estratégias como IpC; por outro lado o estímulo e espaço para que os alunos conversem entre si possibilita empregarem oralmente o vocabulário físico em estudo, o que me parece essencial para a apropriação não só dos termos em si, mas de seus significados e inter-relações, que são construídos no campo conceitual à medida que se esforçam para articular os conceitos em argumentos para seus colegas. É nessas possibilidades de negociação de significados que se encontra o valor maior do método, e através delas se consolidam os conceitos e suas relações, formando subsunçores adequados à continuidade do aprendizado de maneira significativa. Acredito que o uso contínuo do método traga benefício a médio e longo prazo, à medida que novos conceitos são estabelecidos e consolidados, uns ancorados nos outros.

O melhor momento para utilizar o método IpC é de fato como proposto por Araújo & Mazur (2013), ou seja, logo após uma breve exposição oral, e conseqüentemente, antes da realização de exercícios por escrito. Coloquei

inicialmente questões conceituais após a resolução de exercícios, porém notei como o tempo de realização de exercícios ficou mal aproveitado por ter que ir de carteira em carteira tirando as mesmas dúvidas básicas sobre vocabulário ou conceitos elementares, que estavam bloqueando o progresso dos alunos. Com a utilização do método antes da resolução de exercícios estabeleceu-se o uso do vocabulário na turma, tornando também os conceitos mais familiares, de forma que os exercícios já trarão termos conhecidos quando se apresentarem, além dos alunos já terem consolidado alguns aspectos da teoria que os auxiliarão na resolução. Isso é fundamental, uma vez que é recorrente aos alunos ter dificuldade na interpretação dos enunciados, tornando cada exercício um desafio grande demais, e minando-lhes a motivação (CSIKSZENTMIHALYI, apud BZUNECK, 2010), seja na escola ou em casa.

5. Eu acreditava que a avaliação era um aspecto particularmente delicado nas relações de ensino. Agora minha visão modificou-se: julgo delicado todo aspecto das relações de ensino. É necessário debruçar-se, discutir, estudar, experimentar e socializar as conquistas nessa área.

Uma avaliação formativa exige nossa criatividade em ação. Minha tendência, como acredito ser a de muitos, é de imediatamente associar avaliação a prova escrita, ainda que eu trabalhe outras formas de avaliação em sala de aula. A nota do trimestre no qual empregamos a SD foi composta por exercícios em sala e para casa, participação nas atividades experimentais de sala de aula, o trabalho final, uma prova trimestral escrita e um simulado. Estes dois últimos eram norma da escola, os demais podiam ser definidos pelo professor. No que diz respeito ao aspecto formativo: trabalhei os exercícios de forma a abordar o máximo de dúvidas enquanto os alunos os realizavam em sala, sempre indo até suas carteiras em atendimento individual ou em dupla ou trio, tratamos também de corrigir os exercícios no quadro todas as vezes, na aula seguinte; a pontuação pela participação dos alunos nas atividades experimentais teve o objetivo de promover a participação e interação e, portanto, a formação dos alunos, não vinculando a nota ao fato das observações realizadas estarem cientificamente corretas, pois isso costuma conferir à atividade um caráter de exame e incentiva maior preocupação com a nota do que com a atividade em si; o trabalho final teve seus critérios de pontuação estabelecidos previamente em sala, onde a montagem e a apresentação para o professor contariam pontos, incentivando

os alunos a prepararem-se para explicar fisicamente o funcionamento; para a avaliação e simulado busquei questões que envolvessem bem o que foi trabalhado em sala, inclusive nos experimentos, procurando sempre produzir questões relacionadas a situações reais, concretas (ao invés de questões puramente matemáticas, por exemplo). Durante as apresentações dos experimentos/trabalhos finais, pude notar claramente as dificuldades conceituais enfrentadas por cada aluno que me explicou seu experimento. Essa teria sido a melhor oportunidade de empregar o caráter formativo da avaliação: trabalhando os erros nas explicações nas aulas subsequentes, caso não tivesse sido o fim do ano letivo. Já o caráter recursivo foi trabalhado principalmente nas avaliações de recuperação. Apesar de sempre fazermos a correção dos exercícios em sala de aula, no quadro, apenas os alunos mais ágeis, com melhor entendimento do conteúdo, conseguem refazer adequadamente sua atividade. Muitos apenas copiam a resolução correta. As avaliações de recuperação em si são outra questão. Nelas, colocamos questões semelhantes à prova anterior e dizemos isso para os alunos: que compreendendo a anterior, será compreendida a de recuperação. No entanto poucos alunos costumam atingir a média também nas provas de recuperação, causando a impressão de que os que não compreenderam as questões, continuaram sem fazê-lo, mesmo tendo recebido a prova com indicações minhas dos erros cometidos. Há de se investigar se as indicações de erro não estão suficientemente claras (apesar de as explicar em sala quando entrego as provas corrigidas) e se os alunos costumam refazer as provas como estudo. É importante promover espaços favoráveis a manifestações dos alunos, pois por conta própria pouquíssimos trazem suas dúvidas.

6. O feedback foi mantido como uma postura durante as atividades em sala de aula: durante aula de exercícios tirando as dúvidas e fazendo ponderações sobre as resoluções de tantos alunos quanto possível, em suas carteiras; durante as aulas experimentais, dando retorno sobre as montagens e os testes feitos pelos alunos, elogiando uma montagem bem construída, trazendo a atenção a algum aspecto que possa estar prejudicando os resultados e frustrando o grupo; na correção das provas, indicando erros conceituais e/ou matemáticos, e elogiando bons resultados; durante as aulas teóricas, agradecendo boas contribuições dadas pelos alunos, seja como questionamentos ou observações. Não foi feita uma observação sistemática de efeitos

do feedback, mas percebi que algumas vezes esse efeito é notável em curto prazo: uma aluna trouxe uma questão numa aula, a qual coloquei para a turma e expandi, colocando o ponto como importante e interessante. Na aula seguinte a aluna trouxe novas informações que ela tinha buscado na internet, acrescentando mais ainda ao coletivo! Desde então tenho praticado dar feedback com ainda maior convicção, e incentivado os alunos a trazerem informações em aulas subsequentes, quando ela nos falta, ou mesmo a buscar durante a aula usando o *smartphone* quando for produtivo e proveitoso ao momento. Procuo fazer uma média: tanto eu mesmo buscar e trazer informações em aulas subsequentes quanto encorajar os alunos a fazerem o mesmo. Essas primeiras experiências conscientes de uso de feedback constituem o início do que deve ser incorporado como hábito, com o tempo, e me inspiraram a uma proposta que ainda não consegui implementar em 2018, mas tentarei novamente em 2019: geralmente proponho um “trabalho” para compor a nota do trimestre, seja experimental, seja teórico escrito ou teórico apresentado, para o qual eu costumava definir um tema comum como para todos os grupos. Depois percebi que nem todos se identificavam com o tema e muitos trabalhos vinham parecidos, com as mesmas fontes consultadas. Desde então venho propondo mais de um tema, de forma que o grupo possa escolher um deles, por afinidade. No caso de apresentação de experimentos, fazemos sorteio e nenhum tema se repete ao apresentarem para a turma (mas nada impede que os grupos troquem os temas entre si logo após o sorteio). A ideia é trazer mais identificação do aluno com a Física. O que pensei de novidade seria **aproveitar os próprios temas trazidos pelos alunos**, ou seja, quando houver um questionamento em sala relacionado com o conteúdo, podemos abordar esse questionamento sem exauri-lo e então propor que o aluno utilize essa questão como tema de seu trabalho. Dessa maneira pesquisará algo de seu interesse, ou no mínimo algo sobre o qual tem curiosidade. Indo mais longe, no retorno desse trabalho podemos propor que o aluno apresente resumidamente para a classe o que encontrou de mais interessante sobre o assunto. Criamos assim maior espaço para manifestações dos alunos, dentro da matéria, encorajando a comunicação aluno-aluno e, além disso, pela possibilidade de incluírem no processo seus valores e interesses pessoais, os levamos a valorizar o aprendizado (BZUNECK, 2010).

Essas observações quanto ao feedback me sugerem que sua incorporação como hábito implica em ciclos pequenos e grandes: cada aula proporciona muitas oportunidades de dar retorno aos alunos, que por sua vez podem trazer retorno dos alunos em aulas subsequentes, da mesma maneira que num ciclo maior temos as avaliações trimestrais e os trabalhos, que são oportunidades de endereçar os raciocínios e a dedicação dos alunos, individualmente, seja por meio de anotações e recados, seja oralmente. Isso pois eles valorizam bastante os comentários sobre a correção das provas, já que valem muita nota, e ainda pois conforme as orientações da TAS, as avaliações devem ter caráter formativo, o que só pode ser atingido através de uma comunicação entre professor e aluno em cima do trabalho feito, ou seja, emprego de feedback.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo se propôs a produzir, utilizar e investigar os efeitos da uso de uma sequência didática sobre Eletromagnetismo baseada em pressupostos teóricos trazidos por Moreira (2011), Bzuneck (2010) e Araújo & Mazur (2016); a comparar, com auxílio de testes estatísticos, as notas obtidas pelos alunos de um grupo experimental e um grupo controle, em um pré e um pós-testes e; avaliar a utilização da sequência didática em sala de aula com base nas comparações e observações registradas no diário do professor, e nas opiniões dos alunos, conforme constam em questionários.

A comparação estatística feita com base no delineamento quase experimental aponta um resultado positivo da utilização da Sequência Didática, no sentido de indicar um avanço mais pronunciado nas notas de teste do grupo experimental em relação ao grupo controle. Nos restringimos a dizer que o resultado quantitativo estatisticamente significativo é um indicativo, pois no decorrer do processo de análise tomamos consciência de algumas variáveis que não puderam se controladas. A realização de trabalhos futuros pode se valer dos resultados aqui apresentados, para diminuir a interferência das variáveis por nós identificadas e que podem influenciar no resultado da comparação estatística. Neste sentido, foi inegável o aprendizado ocorrido com relação a esses cuidados: a escolha do delineamento, definição da

quantidade, tipo e extensão dos testes, o cuidado com a aplicação desses testes e a escolha do momento da aplicação da sequência (início e término) são fatores agora muito mais claros. A questão da extensão dos testes foi um aspecto que desencorajou bastante o envolvimento dos alunos com suas questões, e o momento da aplicação do pós-teste também, uma vez que os alunos já estavam “em ritmo de férias”.

A análise qualitativa, por sua vez, trouxe informações enriquecedoras obtidas com a categorização das respostas conforme Bardin (1977). A grande valorização da abordagem experimental pelos alunos de ambos os grupos e o grande reconhecimento do valor prático do conteúdo são os dois maiores exemplos. Ambos reforçam as ideias trazidas por Bzuneck (2010) sobre maneiras de promover motivação para aprender, a saber: o uso de estratégias de embelezamento, a proposição de desafios, fornecer feedback ao aluno de maneira bem orientada e a valorização do conteúdo (indicando, por exemplo seu valor prático e presença no cotidiano).

Esse trabalho me proporcionou ampliar a compreensão e conhecimento de metodologias de pesquisa, superando as expectativas iniciais das técnicas e métodos que seriam utilizadas em várias frentes: o conhecimento mais aprofundado acerca do rigor e das reais implicações inerentes a um trabalho quase-experimental; o potencial que um “simples” questionário de opinião tem de revelar tendências úteis à revisão do trabalho, mediante análise de conteúdo (BARDIN); o valor do diário do professor na medida em que possibilita uma segunda análise dos momentos vividos em sala, mas de uma perspectiva de pesquisador, fora do calor da situação; o poder de engajamento e motivação de estratégias de embelezamento e negociação de significados/consolidação como o uso de Instrução pelos Colegas e de atividades bem planejadas com experimentos de física. Por vezes, as possibilidades enxergadas tornaram-se tantas que até dificultaram o progresso e a finalização, pois quanto maior a consciência das possibilidades, maior a necessidade de fazer escolhas, e maior a demanda de reflexão. Com isso, ideias para trabalhos futuros de aprofundamento se manifestaram. Por exemplo: caso venha a aplicar novamente um processo semelhante, com análise estatística, o planejamento será diferente, com mais observações antes e após o tratamento, num processo mais longo e completo, e mais conclusivo para tratamentos quase-experimentais, reduzindo a influência de variáveis não controladas. Também farei uso dos testes conceituais de maneira mais bem articulada com as

breves exposições teóricas, aproveitando melhor seu potencial. Outras metas são explorar mais e mais as possibilidades trazidas pelo uso correto (orientado pelas pesquisas na área) do feedback, bem como da proposição de desafios cada vez mais adequados aos diferentes níveis de domínio do conteúdo presentes na classe, além de variar as estratégias de embelezamento para incluir mais elementos tecnológicos, de conscientização ambiental e sustentabilidade e protagonismo social.

Uma vez que o início desse mestrado ocorreu apenas 4 meses após minha colação de grau, e um mês depois do início do exercício da profissão, é um pouco difícil isolar de que maneira ele modificou a atuação docente: não há um comportamento prévio para comparação. No entanto, é evidente que o Mestrado Profissional em Ensino de Física deixou suas marcas. As revisitações e aprofundamentos às teorias da física trouxeram maior segurança e mostraram como o material didático disponível no ensino básico traz imprecisões que precisam ser reconhecidas e adaptadas pelo professor: não se pode depender do material, mas utilizá-lo como ferramenta ao invés de “muleta”. As discussões com os professores e colegas (que também são professores) com variados graus de experiência profissional e em diversas realidades de ensino trouxeram perspectivas que jamais poderiam ser obtidas individualmente, trouxeram também parâmetros para guiar a atividade profissional, além de segurança ao exercê-la. O estudo de teorias de desenvolvimento cognitivo, bem como técnicas e teorias de ensino e de aprendizagem, cada vez mais resulta em instrumentos apropriados para o planejamento didático e para sua execução, seja em aulas ou projetos.

Além desses pontos, todo o esforço empregado na preparação e na utilização da sequência didática com tantos alunos mostrou como o planejamento compensa, enriquecendo a experiência dos alunos e do professor, e produzindo frutos que não são colhidos apenas num momento, porém todas as vezes que os mesmos conteúdos são lecionados ou que as mesmas estratégias são utilizadas, já que muito do que foi construído passou a se manifestar de maneira permanente: o cuidado com as concepções alternativas, seja através da atenção ao vocabulário ou da escolha dos exemplos e questões; o aprofundamento conceitual em Eletromagnetismo, que amenizou bastante a insegurança presente no início do trabalho; o planejamento das atividades experimentais, muitas das quais continuam sendo realizadas, bem como

sua valorização, já que foram tão bem aceitas e; a participação com trabalhos em congressos, que trazem o sentimento de pertencimento a uma comunidade e fortalecem o senso de propósito para nossas pesquisas.

Espero que tenha ficado claro o valor do mestrado profissional como ferramenta transformadora da sala de aula e fortalecedora de nossa comunidade de pesquisadores de tudo que se relaciona à experiência do ensino e da aprendizagem. Esses programas representam um mergulho de cabeça dos profissionais que de fato movem a educação no dia a dia no ramo da investigação, mantendo e fortalecendo o elo fundamental entre teoria e prática.

A teoria sem a prática vira 'verbalismo', assim como a prática sem teoria, vira ativismo. No entanto, quando se une a prática com a teoria tem-se a práxis, a ação criadora e modificadora da realidade. (Paulo Freire, Educação como prática da liberdade.)

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.30, n.2, p.362-384, abr. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>>. Acesso em: 15 out. 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003. Disponível em <[http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 225p.

BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna: 3º ano**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

BENAQUIO, W. C. **Elaboração e aplicação de um material instrucional baseado na aprendizagem significativa sobre o efeito fotoelétrico para alunos do ensino médio**. 2016. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em: 13 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros curriculares nacionais**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. **PCN + ensino médio: física**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>. Acesso em 13 jun. 2019.

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. D. (Orgs.) **Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. cap. 1, p. 13-42.

CAMPBELL, D. R.; STANLEY, J. C. Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In GAGE, N. L. **Handbook of research on teaching**. Chicago: Rand McNally, 1963. cap. 5.

CAMPOS, G. M. **Estatística Prática para Docentes e Pós-Graduandos**. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 1997. Disponível em: <[http://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc\\_livro/gmc\\_livro.html](http://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro.html)> Acesso dia 5 de outubro de 2018.

CEPID NeuroMat. **Elementos de um boxplot em português**. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Elements\\_of\\_a\\_boxplot\\_pt.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Elements_of_a_boxplot_pt.svg)>. 2017. Acesso em: 27 jun. 2019. Reprodução autorizada sob licença creative commons, atribuição compartilha igual 4.0 internacional: <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>>.

CROUCH, C. H. et al. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. In REDISH, E. F.; COONEY, P. J. **Research-Based Reform of University Physics**. Vol 1. College Park: American Association of Physics Teachers, 2007. Disponível em: <<http://www.per-central.org/document/ServeFile.cfm?ID=4990>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **The Feynman Lectures on Physics, Volume II**. California Institute of Technology. Disponível em: <[http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_toc.html](http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html)>. Acesso em: 16 jun. 2019.

GASPAR A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GELMAN, S. A. **Dialogue on Early Childhood Science, Mathematics, and Technology Education**. American Association for the Advancement of Science. 1999. Disponível em: <<http://www.project2061.org/publications/earlychild/online/context/gelman.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

GUNSTONE, R. 'Fields, force, energy and potential': alternative conceptions, analogies and learning. In: **Unit 3 Course Planning Days**. Vicphysics Teachers' Network. Victoria (Austrália) Nov. 2016. Disponível em: <<https://www.vicphysics.org/documents/teachers/unit%203%20phys%20presentationNov16.ppt>> Acesso em: 14 jun. 2019.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=21&uf=32>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

INEP. **Enem por escola 2014**. Planilhas disponíveis em <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/enem\\_por\\_escola/2014/enem\\_escola\\_2014\\_2.xlsx](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/enem_por_escola/2014/enem_escola_2014_2.xlsx)>. Acesso em: 27 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **Matriz de referência Enem**. 2012. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)> Acesso em: 24 set. 2018.

LIBARDI, D. M. **A utilização de um material instrucional potencialmente significativo para o ensino do conceito de temperatura: um estudo com alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MARTÍN, J.; PORLÁN, R. **El diario del profesor: Un recurso para la docencia**. Sevilla: Díada, 1997.

MARX, J. D. **Creation of a diagnostic exam for introductory, undergraduate electricity and magnetism**. Tese (Doutorado em Educação) – Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, Nova Iorque, 1998.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Aspectos metodológicos**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios10.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011a.

\_\_\_\_\_. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2011b. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: jul. 2018.

\_\_\_\_\_. ¿Al final, qué es Aprendizaje Significativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha, n. 25 (mar. 2012), p. 29-56. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96956/000900432.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2019. [Versão em português disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>>. Porto Alegre, 2012. Acesso em: jul. 2018.]

\_\_\_\_\_. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2016. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

MUNIZ, R. O. **Elaboração e avaliação de um material instrucional baseado na teoria da aprendizagem significativa: estudo de transformações de energia com o**

uso de uma maquete. 2016. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

NETO, A. S. **Formação do leitor e cânone literário: relações entre as orientações curriculares e as práticas docentes.** 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Educação. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2008.

NIST. **Normal Distribution NIST.gif.** Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Normal\\_Distribution\\_NIST.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Normal_Distribution_NIST.gif)>. 2012. Acesso em 27 jun. 2019. Domínio público.

PAEBES. **Matriz de Referência Ciências da Natureza 3ª série EM.** Disponível em: <<http://www.paebes.caedufjf.net/wp-content/uploads/2012/05/PAEBES-2015-MATRIZ-CN-3EM.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. **Matriz de referência do 3º ano em Física.** Disponível em: <[http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES\\_PAEBES\\_Fisica3EM.pdf](http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES_PAEBES_Fisica3EM.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2014.

PEREIRA. A. C.; CAMILETTI. G. G. Aprendizagem Significativa dos Conteúdos de Campo Magnético. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFES, 9., 2018, Vitória. **Anais eletrônicos...** Disponível em <[http://portais4.ufes.br/posgrad/anais\\_jornada\\_ic/desc.php?&id=13115](http://portais4.ufes.br/posgrad/anais_jornada_ic/desc.php?&id=13115)>. Acesso em: 27 abr. 2019.

PEREIRA, V de O. **Elaboração e Avaliação de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para o Ensino das Leis de Newton e de Tópicos de Cinemática no Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

PRECONCEPTIONS. Illinois State University, Department of Physics. Disponível em: <[http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas\\_preconceptions.pdf](http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas_preconceptions.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2017. Disponível também em <[http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas\\_preconceptions](http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas_preconceptions)>. Acesso em: 23 nov. 2018. (O domínio foi movido para <physics.illinoisstate.edu>).

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. In: **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, vol. 2, nº 1, p. 21-33. 2011.

QR CODE GENERATOR. Disponível em: <<https://br.qr-code-generator.com/>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

SAE/PR - Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (Brasil). **A Classe Média Brasileira**. n. 1, Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2014.

SANTOS NEVES, N. B.; PEREIRA, A. C.; CAMILETTI, G. G. Impactos na Formação de um Mestrando e um Graduando durante trabalho colaborativo de desenvolvimento e uso de uma Sequência Didática sobre Eletromagnetismo para o Ensino Médio. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XXIII., 2019, Salvador. **Painéis...** Disponível em: <<https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0272-1.pdf>> Acesso em: 30 jan. 2019.

SANTOS, M. B. **Saberes de uma prática inovadora: investigação com egressos de um curso de Licenciatura Plena em Matemática**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (Brasil). **A Classe Média Brasileira**. nº 1 (nov. 2014) Brasília: 2014. Disponível em: <[http://www.sae.gov.br/wp-content/uploads/ebook\\_ClasseMedia1.pdf](http://www.sae.gov.br/wp-content/uploads/ebook_ClasseMedia1.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2016.

SECRETARIA MUNICIPAL DE GESTÃO ESTRATÉGICA (Vitória) **Vitória Bairro a Bairro**. Disponível em: <[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/publicacoes/Vitoria\\_bairro\\_bairro/Vit%C3%B3ria\\_bairro\\_%20a\\_bairro.pdf](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/publicacoes/Vitoria_bairro_bairro/Vit%C3%B3ria_bairro_%20a_bairro.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2016.

SEDU (Espírito Santo). **Currículo Básico Escola Estadual: Ensino médio, v. 02 - Área de Ciências da Natureza**. Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU\\_Curriculo\\_Basico\\_Escola\\_Estadual\\_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. **Orientações Curriculares para as Escolas da Rede Estadual de Ensino 2017**. SEDU, 2017. Disponível em: <[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1\\_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf)>. Acesso em 27 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. **Orientações curriculares para as escolas da rede estadual de ensino**. Anexo 02 – Ensino Médio Regular. 2017. Disponível em: <[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3\\_Ensino%20Medio%20Regular.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3_Ensino%20Medio%20Regular.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SEGES (Secretaria de Gestão, Planejamento e Comunicação de Vitória). **Dados da Sinopse - Julho/2011:** Tab. 2 - População Residente em Vitória (ES) - Ranking Bairros – 2010. Disponível em: <[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/Censo\\_2010/Tab2\\_sinopse\\_pop.asp](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/Censo_2010/Tab2_sinopse_pop.asp)>. Acesso em: 27 mar. 2016.

SILVA, R. O. **A Utilização de um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para Aprendizes-Marinheiros:** Uma Introdução ao Estudo do Movimento dos Corpos. Dissertação. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

STAPEL, E. **Interquartile Ranges & Outliers.** In: PurpleMath. Disponível em: <<https://www.purplemath.com/modules/boxwhisk3.htm>>. 2019. Acesso em 27 jun. 2019.

THACKER, B. A.; KIM, E.; TREFZ, K. Comparing problem solving performance of physics students in inquiry-based and traditional introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 62, n. 7, p. 627-633, 1994.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, 2009.

VALADARES, J. A. de C. S. **Concepções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência.** 1995. 821 f. Tese (Doutorado em Ciências da Educação) – Universidade Aberta. Lisboa.

VALADARES, J. A. de C. S.; MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa:** sua Fundamentação e Implementação. Coimbra: Almedina, 2009.

YAMACITA, J. **Box plot Idade x Duração do Sintoma.tif.** Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Box\\_plot\\_Idade\\_x\\_Dura%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_Sintoma.tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Box_plot_Idade_x_Dura%C3%A7%C3%A3o_do_Sintoma.tif)>. 2016. Acesso em: 27 jun 2019. Reprodução autorizada sob licença creative commons, atribuição compartilha igual 4.0 internacional: <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>>.

ZABALZA, M.A. Os diários de classe dos professores. **Pátio**. v. 6, n.22, p.14-17. 2002.

## APÊNDICE A – PRÉ E PÓS-TESTES, QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pré-teste, p.1/3:

<b>EEEM Professor Renato José da Costa Pacheco</b>		<b>MNPEF</b> <small>Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</small>	
Professor: Nikolai B. S. Neves	Turma: _____	Valor: <i>visto</i>	Disciplina: Física
Aluno (a):		Data: ____/____/2017	

### Teste de conhecimentos prévios acerca de Eletromagnetismo

*Este teste procura identificar conhecimentos prévios que você possa ter a respeito de Eletromagnetismo.  
Não se preocupe nem se sinta inseguro(a), pois é a partir de agora que estudaremos essas questões!*

- Liste 3 situações e/ou atividades cotidianas onde empregamos fenômenos magnéticos. Explique brevemente de que maneira o magnetismo atua em cada exemplo.
- 3) Podemos dizer que ímãs atraem qualquer substância? Dê exemplos.

O que possibilita os ímãs permanentes (como ímãs de geladeira ou aqueles usados em mural de fotos) atraírem certos materiais?

- a) Eles causam uma certa magnetização no ar, fazendo-o empurrar objetos para perto.
- b) A concentração de cargas elétricas positivas em um polo do ímã, e de negativas no outro polo, causam nos objetos o efeito de eletrização por indução, atraindo-os mesmo que estejam eletricamente neutros.
- c) A distribuição eletrônica dos átomos dos ímãs permanentes apresenta vários elétrons com *spin* (propriedade magnética dos elétrons) no mesmo sentido. O alinhamento desses átomos forma domínios magnéticos e um campo que atrai certos materiais.
- d) O ímã emite partículas magnéticas que atraem os objetos.
- e) Nenhuma das explicações acima está correta.

- 4) (FGV-SP) Da palavra *aimant*, que traduzida do francês significa amante, originou-se o nome ímã, devido à capacidade que esses objetos têm de exercer atração e repulsão. Sobre essas manifestações, considere as proposições:

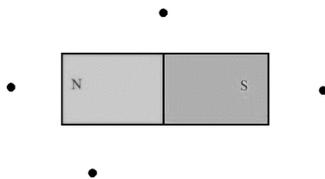
1. Assim como há ímãs que possuem os dois tipos de polos, sul e norte, há ímãs que possuem apenas um.
2. O campo magnético terrestre diverge dos outros campos, uma vez que o polo norte magnético de uma bússola é atraído pelo polo norte magnético do planeta.
3. Os pedaços obtidos da divisão de um ímã são também ímãs que apresentam os dois polos magnéticos, independentemente do tamanho dos pedaços.

Está correto o contido em:

- a) 1, apenas.
- b) 3, apenas.
- c) 1 e 2, apenas.
- d) 2 e 3, apenas.
- e) 1, 2 e 3, apenas.

Pré-teste, p. 2/3

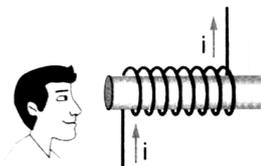
A ilustração abaixo representa um ímã com os polos norte (N) e sul (S) representados. Nos 4 pontos marcados ao redor deste ímã desenhe pequenas bússolas: losangos (◊) corretamente orientados e com seus polos norte (N) e sul (S) identificados.



Como podemos utilizar uma bússola (agulha magnética) para encontrar a direção do norte geográfico?

Descreva uma montagem experimental que possa evidenciar a relação entre correntes elétricas e campos magnéticos.

(Cefet-PR, adaptada) Um solenoide de  $n$  espiras tem seu eixo posicionado como mostrado na figura. Se uma corrente elétrica constante circula no sentido horário em relação ao observador, verifica-se que surge um campo magnético:



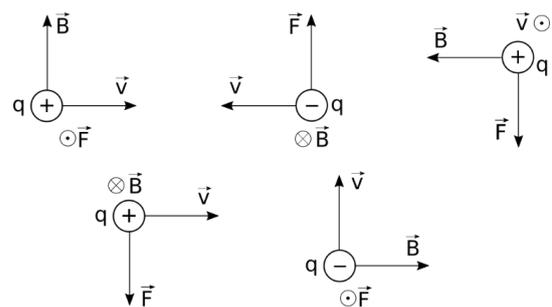
- a) no interior do solenoide, no sentido de afastamento do observador.
- b) no interior do solenoide, no sentido de aproximação do observador.
- c) radial em relação ao eixo do solenoide.
- d) circular no interior do solenoide, no sentido horário.
- e) circular no interior do solenoide, no sentido anti-horário.

(UFRN) Em alguns equipamentos eletroeletrônicos, costuma-se torcer, juntos, os fios que transportam correntes elétricas, para se evitarem efeitos magnéticos

em pontos distantes do equipamento onde há outros dispositivos. Por exemplo, a tela fluorescente de um televisor, na qual incidem elétrons, não deve sofrer influência magnética das correntes que fluem em outras partes do aparelho, senão ocorreriam distorções ou interferências na imagem.

Esse efeitos magnéticos indesejáveis serão evitados com maior eficácia se os fios a serem torcidos forem percorridos por correntes de:

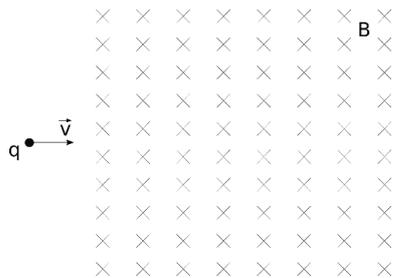
- a) mesmo valor e mesmo sentido.
  - b) mesmo valor e sentidos contrários.
  - c) valores diferentes e sentidos contrários.
  - d) valores diferentes e mesmo sentido.
- 6) Dispondo de um pedaço de fio condutor e uma pilha, qual seria a maneira de produzir um campo magnético com a maior intensidade possível?
- a) Fazendo um grande círculo com o fio.
  - b) Formando um grande quadrado com o fio.
  - c) Enrolando o fio no formato de uma mola.
  - d) Enrolando o fio em voltas sobrepostas, formando uma bobina.
  - e) Formando um pequeno círculo com o fio.
- 7) Em se tratando de propriedades magnéticas, assinale a alternativa com a substância mais apropriada para a produção da agulha de uma bússola, dentre as seguintes:
- a) Alumínio.
  - b) Cobre.
  - c) Platina.
  - d) Grafite.
  - e) Níquel.
- 8) Circule a figura que apresenta uma relação **incorreta** entre os vetores *campo magnético*  $\vec{B}$ , *velocidade da partícula carregada*  $\vec{V}$  e *força magnética*  $\vec{F}$  que age sobre a partícula carregada:



Obs.: ⊗ representa um vetor "entrando na página" e ⊙ representa um vetor "saindo na página".

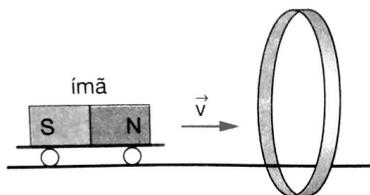
Pré-teste, p. 3/3

A figura a seguir representa uma região do espaço com um campo magnético uniforme de intensidade  $B$  “entrando na página”. Nessa região é lançada uma partícula alfa (núcleo de hélio: tem carga  $q$  positiva) com alguma velocidade  $v$ , da esquerda para a direita. Levando em conta a força magnética que atuará sobre a partícula, desenhe uma possível trajetória para seu movimento através dessa região com campo magnético.



O que pode ocorrer magneticamente com dois fios paralelos que são percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido?

(Fuvest-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura.



Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:

- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.

4) Podemos encontrar transformadores na rua, fixados em postes, e também dentro das residências, onde é inserido no circuito entre um aparelho e uma tomada. Qual a função de um transformador num circuito elétrico?



- a) Modificar a tensão elétrica (ddp) e a intensidade da corrente elétrica que atravessa um circuito.
  - b) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como a intensidade da corrente elétrica que o atravessa.
  - c) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como sua tensão elétrica (ddp).
  - d) Apenas converter uma corrente alternada em corrente contínua, e vice-versa.
  - e) Transformar energia elétrica em energia térmica.
- 5) Assinale a alternativa que apresenta apenas aparelhos que funcionam com base em indução eletromagnética:
- a) Alto-falante, turbina de uma usina hidrelétrica e motor de ventilador.
  - b) Microfone, mouse óptico e turbina de uma usina hidrelétrica.
  - c) Motor de carro elétrico, microfone e lâmpada incandescente.
  - d) Mouse óptico, alto-falante e motor de ventilador de teto.
  - e) Turbina de uma usina hidrelétrica, chuveiro elétrico e alto-falante.

Pós-teste, p.1/3:

<b>EEEM Professor Renato José da Costa Pacheco</b>			<b>MNPEF</b> <small>Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</small>
<b>Professor:</b> Nikolai B. S. Neves	<b>Turma:</b> _____	<b>Valor:</b> visto	<b>Disciplina:</b> Física
<b>Aluno (a):</b>		<b>Data:</b> ____/____/2017	

### **Pós-teste sobre Eletromagnetismo**

*Este teste será comparado com o pré-teste similar que fizemos. O objetivo é verificar se você sabe mais sobre Eletromagnetismo agora do que antes. Não se preocupe se não souber algo, pois não conseguimos estudar tudo.*

Liste 3 situações e/ou atividades cotidianas onde empregamos fenômenos magnéticos. Explique brevemente de que maneira o magnetismo atua em cada exemplo.

3) Podemos dizer que ímãs atraem quaisquer substâncias? Dê exemplos.

2) Assinale a opção correta:

- Todo ímã é formado por cargas positivas e negativas, de tal forma que as negativas são chamadas polo sul e as positivas polo norte.
- O polo sul da agulha de uma bússola aponta para o sul magnético da terra.
- Caso um ímã seja cortado ao meio, obteremos monopolos magnéticos, ou seja, o polo norte fica separado do sul.
- Se cortarmos um ímã ao meio, cada metade passa a ser um novo ímã com polo norte e polo sul.
- Nenhuma das explicações acima está correta.

4) (FGV-SP) Da palavra *aimant*, que traduzida do francês significa amante, originou-se o nome ímã, devido à capacidade que esses objetos têm de exercer atração e repulsão. Sobre essas manifestações, considere as proposições:

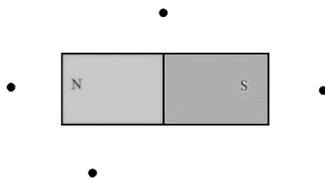
- Assim como há ímãs que possuem os dois tipos de polos, sul e norte, há ímãs que possuem apenas um.
- O campo magnético terrestre diverge dos outros campos, uma vez que o polo norte magnético de uma bússola é atraído pelo polo norte magnético do planeta.
- Os pedaços obtidos da divisão de um ímã são também ímãs que apresentam os dois polos magnéticos, independentemente do tamanho dos pedaços.

Está correto o contido em:

- 1, apenas.
- 3, apenas.
- 1 e 2, apenas.
- 2 e 3, apenas.
- 1, 2 e 3, apenas.

Pós-teste, p.2/3:

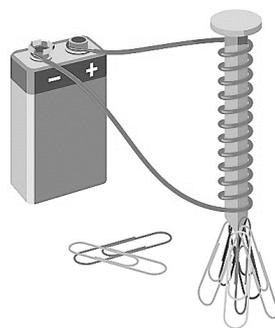
A ilustração abaixo representa um ímã com os polos norte (N) e sul (S) representados. Nos 4 pontos marcados ao redor deste ímã desenhe pequenas bússolas: losangos (◊) corretamente orientados e com seus polos norte (N) e sul (S) identificados.



Como podemos utilizar uma bússola (agulha magnética) para encontrar a direção do norte geográfico?

Descreva uma montagem experimental que possa evidenciar a relação entre correntes elétricas e campos magnéticos.

A figura ao lado mostra um solenoide ligado a uma bateria. Lembrando que a corrente elétrica flui do polo positivo para o negativo, como são as linhas do campo magnético induzido dentro do solenoide?



- a) espirais no interior do
- b) radiais em relação ao eixo do solenoide, para dentro.
- c) radiais em relação ao eixo do solenoide, para fora.
- d) verticais, para cima.
- e) verticais, para baixo.

5) (UFRN) Em alguns equipamentos eletroeletrônicos, costuma-se torcer, juntos, os fios que transportam correntes elétricas, para se evitarem efeitos magnéticos em pontos distantes do equipamento onde há outros dispositivos. Por exemplo, a tela fluorescente de um televisor, na qual incidem elétrons, não deve sofrer influência magnética das correntes que fluem em outras partes do aparelho, senão ocorreriam distorções ou interferências na imagem.

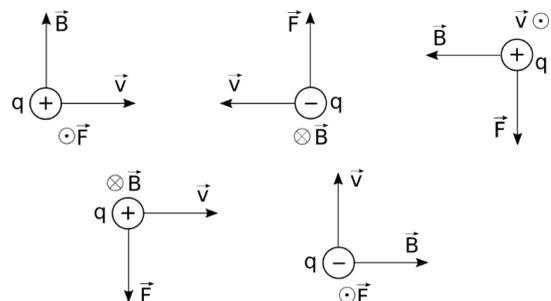
Esse efeitos magnéticos indesejáveis serão evitados com maior eficácia se os fios a serem torcidos forem percorridos por correntes de:

- a) mesmo valor e mesmo sentido.
  - b) mesmo valor e sentidos contrários.
  - c) valores diferentes e sentidos contrários.
  - d) valores diferentes e mesmo sentido.
- 6) Dispondo de um pedaço de fio condutor e uma pilha, qual seria a maneira de produzir um campo magnético com a maior intensidade possível?
- a) Fazendo um grande círculo com o fio.
  - b) Formando um grande quadrado com o fio.
  - c) Enrolando o fio no formato de uma mola.
  - d) Enrolando o fio em voltas sobrepostas, formando uma bobina.
  - e) Formando um pequeno círculo com o fio.

7) Em se tratando de propriedades magnéticas, assinale a alternativa com a substância mais apropriada para a produção da agulha de uma bússola, dentre as seguintes:

- a) Grafite.
- b) Cobre.
- c) Cobalto.
- d) Alumínio.
- e) Prata.

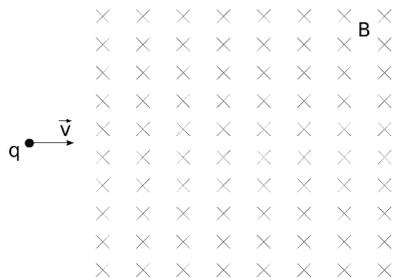
8) Circule a figura que apresenta uma relação **incorreta** entre os vetores *campo magnético*  $\vec{B}$ , *velocidade da partícula carregada*  $\vec{v}$  e *força magnética*  $\vec{F}$  que age sobre a partícula carregada:



Obs.: ⊗ representa um vetor “entrando na página” e ⊙ representa um vetor “saindo na página”.

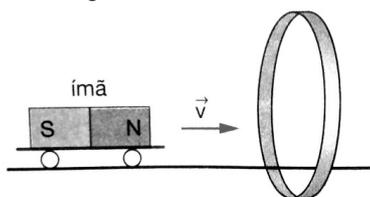
Pós-teste, p.3/3:

A figura a seguir representa uma região do espaço com um campo magnético uniforme de intensidade  $B$  “entrando na página”. Nessa região é lançada uma partícula alfa (núcleo de hélio: tem carga  $q$  positiva) com alguma velocidade  $v$ , da esquerda para a direita. Levando em conta a força magnética que atuará sobre a partícula, desenhe uma possível trajetória para seu movimento através dessa região com campo magnético.



O que pode ocorrer magneticamente com dois fios paralelos que são percorridos por correntes elétricas no mesmo sentido?

(Fuvest-SP) Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolverdo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura.



Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:

- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.

4) Podemos encontrar transformadores na rua, fixados em postes, e também dentro das residências, onde é inserido no circuito entre um aparelho e uma tomada. Qual a função de um transformador num circuito elétrico?



- a) Modificar a tensão elétrica (ddp) e a intensidade da corrente elétrica que atravessa um circuito.
  - b) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como a intensidade da corrente elétrica que o atravessa.
  - c) Modificar a resistência elétrica de um circuito, assim como sua tensão elétrica (ddp).
  - d) Apenas converter uma corrente alternada em corrente contínua, e vice-versa.
  - e) Transformar energia elétrica em energia térmica.
- 5) Assinale a alternativa que apresenta apenas aparelhos que funcionam com base em indução eletromagnética:
- a) Alto-falante, turbina de uma usina hidrelétrica e motor de ventilador.
  - b) Microfone, mouse óptico e turbina de uma usina hidrelétrica.
  - c) Motor de carro elétrico, microfone e lâmpada incandescente.
  - d) Mouse óptico, alto-falante e motor de ventilador de teto.
  - e) Turbina de uma usina hidrelétrica, chuveiro elétrico e alto-falante.

Questionário de opinião:

**EEEM Professor Renato José da Costa Pacheco**

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

Caro aluno, estou interessado em saber sua **opinião** sincera sobre as questões abaixo. Por isso, não existem respostas certas ou erradas. Além do mais, esse questionário deve ser respondido de modo anônimo.

**01** – Com relação às aulas sobre **Eletromagnetismo (3º trimestre)**, do que você **MAIS gostou** e por quê?

O que eu mais gostei foi...

Devido a ...

**02** – Com relação às aulas sobre **Eletromagnetismo (3º trimestre)**, do que você **MENOS gostou** e por quê?

O que eu mais gostei foi...

Devido a ...

**03** – Você viu alguma **utilidade prática** em estudar este assunto de **Eletromagnetismo**? ( ) SIM ( ) NÃO

Caso tenha respondido SIM, você poderia citar algumas? Use o espaço abaixo.

Caso tenha respondido NÃO, você poderia dizer por quê? Use o espaço abaixo.

**04** – Você viu alguma vantagem em montar o **experimento sobre indução (motor ou gerador)**, no ponto de vista do seu aprendizado?

**05** – Dê sugestões que poderiam mudar para melhorar o aprendizado e o aproveitamento das aulas para as próximas turmas.

**Obrigado pelas respostas!**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado (a),

Sou estudante do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Estou realizando uma pesquisa sob supervisão do professor Dr. Giuseppe Gava Camiletti.

O objetivo geral desta pesquisa é ensinar os conceitos da Eletromagnetismo, utilizando o livro-texto do professor, em conjunto com um plano complementar de atividades, utilizando recursos variados que possibilitem um melhor aprendizado aos estudantes.

Para essa pesquisa serão colhidos alguns dados dos alunos através de questionários que abordam suas crenças, seus interesses e seus conhecimentos acerca de Física. Além disso, durante algumas aulas, poderão ser feitas algumas fotografias e filmagem, apenas para fins acadêmicos.

Caso não seja autorizada a utilização dos dados colhidos para a pesquisa de Mestrado, o aluno não será penalizado em nenhuma hipótese e continuará a participar da rotina normal da sala de aula, sendo apenas retirados seus dados da pesquisa.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelo professor mestrando, Nikolai Bassani Santos Neves, na escola ou pelo e-mail: professornikolai@gmail.com.

*Guardar esta parte para referência*

*Recortar e entregar esta parte para o professor*

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_  
responsável pelo(a) aluno(a) \_\_\_\_\_  
declaro que fui igualmente informado(a) que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (dissertação de mestrado, elaboração de artigos científicos, palestras, seminários, etc.) sem trazer a identificação do(a) aluno(a). Autorizo a utilização e publicação, somente para uso acadêmico, das fotos, filmagens e dados obtidos durante a participação do(a) aluno(a) na disciplina.

Vitória, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Orientador

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor/Mestrando

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável pelo aluno participante

## APÊNDICE B – TABELA DE DADOS E CÓDIGOS DO R USADOS

Tabela de dados – pré e pós-testes:

	posm1	prem1	posm2	prem2	posm3	prem3	posm4	prem4	posm5	prem5	posv2	prev2	posge	prege	posgc	pregc
1	4,231	4,615	5,577	3,846	5,192	4,231	4,808	0,577	5,769	3,462	4,423	5,192	4,231	4,615	4,808	0,577
2	3,269	1,538	6,538	0,385	4,038	1,923	5,192	1,538	3,077	2,115	6,154	0,962	3,269	1,538	5,192	1,538
3	4,231	0,577	6,154	3,269	4,038	1,923	3,077	5,769	6,923	0,385	4,808	1,346	4,231	0,577	3,077	5,769
4	4,231	4,808	4,615	1,154	4,038	0,385	3,846	5,769	4,423	0,769	4,231	0,192	4,231	4,808	3,846	5,769
5	3,462	3,654	7,692	2,308	3,077	3,846	2,885	1,731	7,500	2,500	5,769	3,269	3,462	3,654	2,885	1,731
6	7,500	2,500	4,615	4,423	5,192	3,846	3,462	2,308	2,308	1,538	5,385	0,962	7,500	2,500	3,462	2,308
7	1,731	2,692	6,923	3,269	5,962	0,769	2,692	3,077	3,462	0,769	4,231	1,154	1,731	2,692	2,692	3,077
8	2,308	2,692	5,385	3,654	6,731	4,808	2,692	4,038	3,846	2,115	5,769	1,154	2,308	2,692	2,692	4,038
9	5,577	1,923	4,615	2,308	5,000	5,000	3,462	0,962	6,731	1,923	4,808	0,769	5,577	1,923	3,462	0,962
10	4,808	2,115	5,000	0,577	3,462	3,846	4,038	0,769	3,077	2,500	4,808	3,654	4,808	2,115	4,038	0,769
11	4,231	2,885	1,923	1,731	5,000	4,423	2,692	2,308	5,192	3,269	6,346	1,538	4,231	2,885	2,692	2,308
12	5,962	2,115	5,385	2,692	4,615	4,231	2,500	1,923	4,038	3,462	5,577	3,077	5,962	2,115	2,500	1,923
13	3,846	0,000	4,615	1,923	4,231	3,654	2,885	1,538	3,846	2,308	5,192	1,731	3,846	0,000	2,885	1,538
14	4,423	1,538	6,154	3,654	0,000	0,000	5,192	3,462	4,231	2,115	3,269	2,500	4,423	1,538	5,192	3,462
15	5,962	4,038	5,000	2,692	0,000	0,000	4,038	2,308	7,308	2,500	5,385	2,885	5,962	4,038	4,038	2,308
16	4,231	1,346	0,000	0,000	0,000	0,000	4,423	3,077	3,269	3,846	5,769	0,962	4,231	1,346	4,423	3,077
17	5,769	1,923	0,000	0,000	0,000	0,000	4,423	3,462	3,846	1,154	6,154	2,115	5,769	1,923	4,423	3,462
18	4,231	0,577	0,000	0,000	0,000	0,000	3,077	2,308	4,038	3,846	6,731	2,308	4,231	0,577	3,077	2,308
19	5,577	4,808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,385	3,846	6,154	1,923	4,231	0,385	5,577	4,808	0,385	3,846
20	2,500	2,885	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,385	1,731	2,308	3,269	2,500	2,885	5,769	3,462
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,731	2,692	6,154	0,962	5,577	3,846	3,077	2,115
22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,385	3,654	1,346	1,346	6,538	0,385	6,923	0,385
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,885	2,885	4,423	1,731	6,154	3,269	4,423	0,769
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,423	2,115	3,077	1,154	4,615	1,154	7,500	2,500
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,577	2,115	3,846	2,692	7,692	2,308	2,308	1,538
26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,500	1,154	6,154	4,231	4,615	4,423	3,462	0,769
27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,885	1,154	5,962	3,846	6,923	3,269	3,846	2,115
28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,962	3,846	0,000	0,000	5,385	3,654	6,731	1,923
29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,615	2,308	3,077	2,500
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	0,577	5,192	3,269
31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,923	1,731	4,038	3,462
32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,385	2,692	3,846	2,308
33	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,615	1,923	4,231	2,115
34	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,154	3,654	7,308	2,500
35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	2,692	3,269	3,846
36	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,192	4,231	3,846	1,154
37	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,038	1,923	4,038	3,846
38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,038	1,923	6,154	1,923
39	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,038	0,385	5,385	1,731
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,077	3,846	6,731	2,692
41	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,192	3,846	5,385	3,654
42	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,962	0,769	2,885	2,885
43	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,731	4,808	4,423	2,115
44	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	5,000	5,577	2,115
45	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,462	3,846	2,500	1,154

46	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	4,423	7,885	1,154
47	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,615	4,231	5,962	3,846
48	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,231	3,654	0,000	0,000
49	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,423	5,192	0,000	0,000
50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,154	0,962	0,000	0,000
51	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,808	1,346	0,000	0,000
52	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,231	0,192	0,000	0,000
53	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,769	3,269	0,000	0,000
54	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,385	0,962	0,000	0,000
55	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,231	1,154	0,000	0,000
56	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,769	1,154	0,000	0,000
57	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,808	0,769	0,000	0,000
58	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,808	3,654	0,000	0,000
59	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,346	1,538	0,000	0,000
60	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,577	3,077	0,000	0,000
61	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,192	1,731	0,000	0,000
62	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,269	2,500	0,000	0,000
63	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,385	2,885	0,000	0,000
64	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,769	0,962	0,000	0,000
65	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,154	2,115	0,000	0,000
66	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,731	2,308	0,000	0,000
67	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,231	0,385	0,000	0,000
68	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,308	3,269	0,000	0,000
69	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,154	0,962	0,000	0,000
70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,346	1,346	0,000	0,000
71	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,423	1,731	0,000	0,000
72	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,077	1,154	0,000	0,000
73	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,846	2,692	0,000	0,000
74	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,154	4,231	0,000	0,000
75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,962	3,846	0,000	0,000

Códigos e resultados no R:

Primeiramente:

```
t <- read.table("CAMINHO_DO_ARQUIVO".txt",head=T,sep="",dec=",")
```

Teste de Wilcoxon:

```
posm1 <- t[1:20,1]
```

```
prem1 <- t[1:20,2]
```

```
boxplot(prem1 , posm1, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste","Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3m1", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posm1, prem1, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posm1 and prem1
V = 188, p-value = 0.001029
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posm2 <- t[1:15,3]
```

```
prem2 <- t[1:15,4]
```

```
boxplot(prem2 , posm2, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste","Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3m2", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posm2, prem2, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posm2 and prem2
V = 120, p-value = 0.0003624
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posm3 <- t[1:13,5]
```

```
prem3 <- t[1:13,6]
```

```
boxplot(prem3 , posm3, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste","Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3m3", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posm3, prem3, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posm3 and prem3
V = 72, p-value = 0.005363
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posv2 <- t[1:27,11]
```

```
prev2 <- t[1:27,12]
```

```
boxplot(prev2 , posv2, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste","Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3v2", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posv2, prev2, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posv2 and prev2
V = 346.5, p-value = 7.367e-06
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posge <- t[1:75,13]
```

```
prege <- t[1:75,14]
```

```
boxplot(prege , posge, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste", "Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "Grupo Experimental", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posge, prege, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posge and prege
V = 2605.5, p-value = 2.645e-12
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posm4 <- t[1:19,7]
```

```
prem4 <- t[1:19,8]
```

```
boxplot(prem4 , posm4, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste", "Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3m4", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posm4, prem4, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```
Wilcoxon signed rank test with continuity correction
```

```
data: posm4 and prem4
V = 134.5, p-value = 0.05825
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

```
posm5 <- t[1:28,9]
```

```
prem5 <- t[1:28,10]
```

```
boxplot(prem5 , posm5, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste", "Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "3m5", ylab = "Notas")
wilcox.test(posm5, prem5, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data:  posm5 and prem5
V = 374.5, p-value = 4.386e-06
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0

```

```
posgc <- t[1:47,15]
```

```
pregc <- t[1:47,16]
```

```
boxplot(pregc , posgc, col=c("red", "blue"), names=c("Pré-teste", "Pós-teste"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "Grupo Controle", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posgc, pregc, paired=TRUE, alternative = "greater")
```

```

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data:  posgc and pregc
V = 969, p-value = 1.458e-06
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0

```

WILCOXON			
Tamanho	Turma/Grupo	p-valor	Diferença Significativa
20	m1	0.001029	SIM
15	m2	0.0003624	SIM
13	m3	0.005363	SIM
27	v2	7,37E-03	SIM
75	Experimental	2,65E-09	SIM
19	m4	0.05825	SIM (a 10%)
28	m5	4,39E-03	SIM
47	Controle	1,46E-03	SIM

Teste U de Mann-Whitney:

```
prege
```

```
pregc
```

```
boxplot(prege, pregc, col=c("green", "yellow"), names=c("Grupo Experimental", "Grupo Controle"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "Pré-Teste", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(prege, pregc)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

```
data: prege and pregc
W = 1794, p-value = 0.8703
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

posge

posgc

```
boxplot(posge, posgc, col=c("green", "yellow"), names=c("Grupo
Experimental","Grupo Controle"))
```

```
title("Rendimento dos Alunos", xlab = "Pós-Teste", ylab = "Notas")
```

```
wilcox.test(posge, posgc)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

```
data: posge and posgc
W = 2218.5, p-value = 0.01644
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Mann-Whitney		
Grupo	p-valor	Diferença Significativa?
pre_Exp x pre_Control	0.8703	NÃO
pos_Exp x pos_Control	0.01644	SIM

Testes de Igualdade de Variância:

F test to compare two variances

```
data: prege and pregc
F = 1.2888, num df = 74, denom df = 46, p-value = 0.3575
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.749370 2.145303
sample estimates:
ratio of variances
 1.28875
```

F test to compare two variances

```
data: posge and posgc
F = 0.67985, num df = 74, denom df = 46, p-value = 0.1375
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.3953118 1.1317021
sample estimates:
ratio of variances
 0.6798486
```

Testes de normalidade e histogramas:

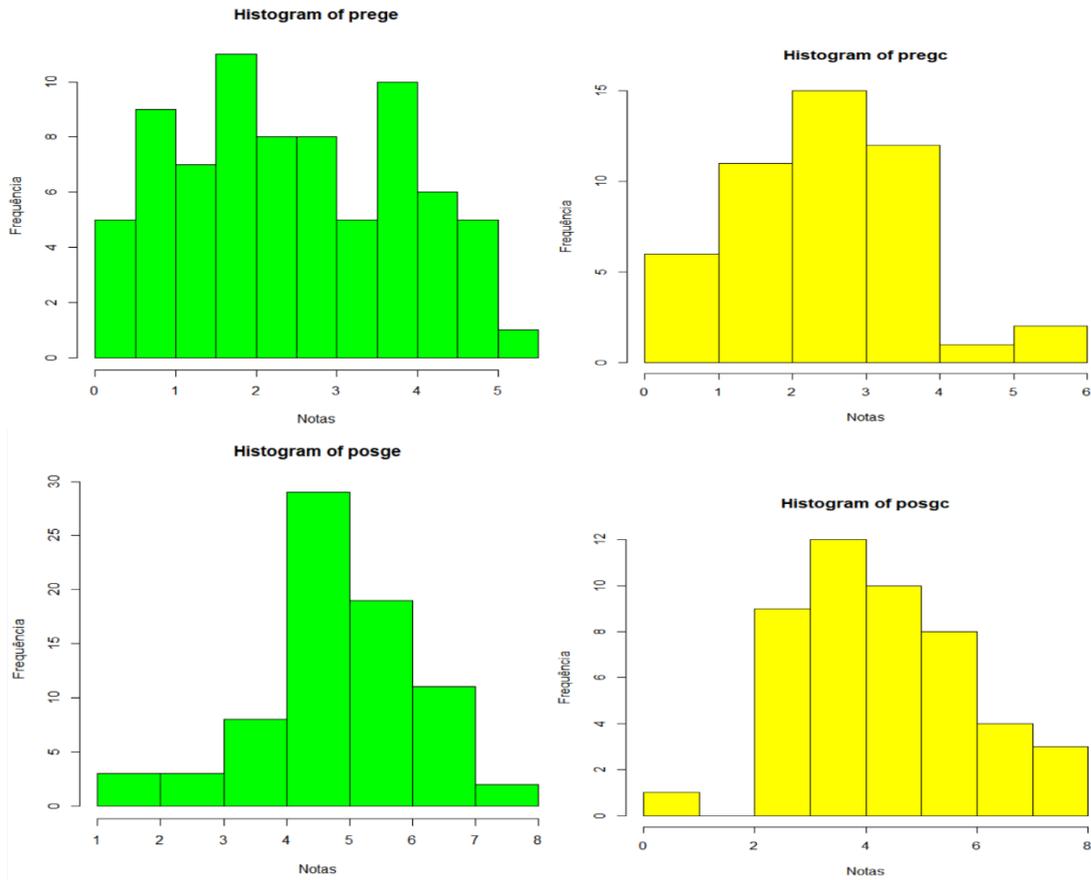
```
require(nortest)
shapiro.test(prege)
shapiro.test(pregc)
```

```
require(nortest)
shapiro.test(posge)
shapiro.test(posgc)
```

	pre-test (p-valor)	
Teste de Normalidade	Experimental	Controle
Shapiro-Wilk	0,0383	0,0508
	pos-test (p-valor)	
Teste de Normalidade	Experimental	Controle
Shapiro-Wilk	0,2357	0,1172

```
hist(prege, col=c("green"),xlab = "Notas", ylab = "Frequência")
hist(pregc, col=c("yellow"),xlab = "Notas", ylab = "Frequência")
```

```
hist(posge, col=c("green"),xlab = "Notas", ylab = "Frequência")
hist(posgc, col=c("yellow"),xlab = "Notas", ylab = "Frequência")
```



Testes t de Student

```
var.test(prege,pregc)
t.test(prege,pregc,var.equal=TRUE)
```

Two Sample t-test

```
data: prege and pregc
t = 0.13504, df = 120, p-value = 0.8928
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4533563 0.5197222
sample estimates:
mean of x mean of y
 2.471800 2.438617
```

```
var.test(posge,posgc)
t.test(posge,posgc,var.equal=TRUE)
```

Two Sample t-test

```
data: posge and posgc
t = 1.9953, df = 120, p-value = 0.04828
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.004058058 1.050625063
sample estimates:
mean of x mean of y
 4.815427 4.288085
```

## APÊNDICE C – MINIATURAS DAS APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA

Aqui encontramos as miniaturas:

1. Da apresentação introdutória ao Eletromagnetismo;
2. Dos testes conceituais sobre campo magnético e força magnética, para uso com cartões coloridos e método de Instrução pelos Colegas.

Para a produção dos cartões pode-se cortar em 40 partes uma folha de papel cartão ou cartolina de cada cor (vermelha, amarela, verde e azul), de forma que cada aluno tenha um kit com um cartão de cada cor.

Os arquivos multimídia estão disponíveis em pasta compartilhada no URL:  
<https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>



Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre

Figura 12 - Código QR do URL com os arquivos (escaneie com dispositivos móveis):

Em caso de problemas com o compartilhamento, solicite os arquivos diretamente ao autor pelo endereço: *nikolaibsn arroba gmail.com*.

1. Introdução ao Eletromagnetismo (note que esta apresentação utiliza muitas imagens que surgem umas sobre as outras, sobrepostas com efeitos, além de gifs animados e vídeos, então muito se perde nas miniaturas impressas).

(slides ordenados verticalmente)





Com o Eletromagnetismo você pode entender

- Porque esses caras grudam na geladeira;

Mas, pra que saber sobre isso?  
Serve para alguma coisa?

Com o Eletromagnetismo você pode entender

- Como funcionam esses aparelhos;

www.LearnEngineering.org

Com o Eletromagnetismo você pode entender

- Esses também;

Com o Eletromagnetismo você pode entender

- Mais ainda!

Com o Eletromagnetismo você pode entender

- O que deu errado aqui (e como não se perder por isso)





2. Testes conceituais sobre campo magnético e força magnética, para uso com cartões coloridos e método de Instrução pelos Colegas.

## Testes conceituais IpC – Instrução pelos Colegas

Magnetismo

Material integrante do produto de dissertação de mestrado de  
Nikolai B. Santos Neves.  
Uso livre.



1

O que obtemos se partirmos um ímã em 2 pedaços?

- Dois ímãs, cada um com polos norte e sul.
- Duas metades de ímã, uma com polo norte e outra com polo sul, apenas.
- Dois pedaços de material sem nenhum magnetismo (o ímã "estraga").

2

Que direção o polo norte de uma bússola indica?

- A direção do norte geográfico.
- A direção do sul geográfico.
- A direção do norte magnético.
- A direção do sul magnético.

3

Numa região com campo magnético, em qual posição um ímã deve ser colocado de forma que permaneça imóvel?

- Com os polos dispostos paralelamente às linhas de campo.
- Com os polos alinhados perpendicularmente (90°) às linhas de campo.
- Com os polos inclinados com relação às linhas do campo.

4

Você está exatamente sobre o polo norte magnético da Terra. Onde geograficamente você está? Para onde a bússola aponta?

- Estou no norte geográfico. A bússola aponta para leste.
- Estou na Antártida. A bússola não funciona direito.
- Estou no norte geográfico. A bússola não possui direção definida.
- Estou na Antártida. A bússola aponta para o sul geográfico.

5

Imagine uma bússola cuja agulha pode girar livremente na horizontal e na vertical, que direção ela apontaria quando localizada bem próximo ao polo sul magnético, no Canadá?

- Para cima.
- Para baixo.
- Para a esquerda.
- Para a direita.

6

Em qual posição um ímã deve ser colocado numa região com campo magnético de forma que permaneça imóvel?

- Com os polos inclinados com relação às linhas do campo.
- Com os polos alinhados perpendicularmente (90°) às linhas de campo.
- Com os polos dispostos paralelamente às linhas de campo.

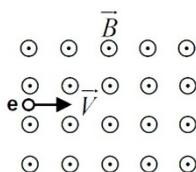
7

Seu amigo afirma que um elétron sempre experimenta uma força em um campo elétrico, mas nem sempre em um campo magnético. Você concorda com ele? Por quê?

- Sim, pois cargas elétricas sempre interagem com campos elétricos. E se o elétron se movimenta paralelamente a um campo magnético não sofrerá nenhuma força magnética.
- Sim, pois cargas elétricas sempre interagem com campos elétricos. E se o elétron se movimenta perpendicular a um campo magnético, não sofrerá nenhuma força magnética.
- Não, pois cargas elétricas sempre interagem com campos magnéticos.
- Não, pois cargas elétricas em movimento não sofrem ação de campo elétrico.

8

Um elétron penetra, com velocidade  $\vec{v}$ , numa região do espaço onde existe um campo magnético  $\vec{B}$  representado pelo símbolo  $\odot$ , que significa saindo do plano da página. Qual das opções seguintes melhor representa o sentido da Força Magnética que age sobre esta carga?



- ↑
- ↓
- ←
- →

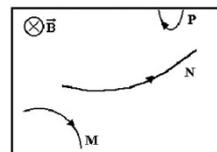
9

(UNESP, adaptado) Num laboratório, uma fonte deixa escapar um feixe de partículas de carga positiva, verticalmente para cima. Nessa região, o campo magnético terrestre é paralelo à superfície e o seu sentido é orientado exatamente do sul para o norte geográficos. Se esse é o único campo presente que poderia alterar a trajetória dessas partículas, pode-se afirmar que o feixe:

- não sofre qualquer desvio.
- tende a se desviar para o norte geográfico.
- tende a se desviar para o leste geográfico.
- tende a se desviar para o oeste geográfico.

10

As partículas M, N e P foram lançadas numa região onde está presente um campo magnético perpendicular ao plano da página, e entrando dela. A figura representa as trajetórias percorridas pelas partículas. Qual sinal da carga elétrica de cada uma?



- M tem carga positiva, enquanto N e P têm carga negativa.
- M tem carga negativa, enquanto N e P têm carga positiva.
- M e P têm carga negativa, enquanto N tem carga positiva.
- M e P têm carga positiva, enquanto N tem carga negativa.

11

Se você colocar um pedaço de ferro próximo ao polo norte do ímã, ocorrerá atração. Por que também ocorrerá atração quando o mesmo lado do pedaço de ferro for colocado próximo ao polo sul do ímã?

- Porque o ímã induz cargas elétricas no ferro sempre de sinal contrário ao do ímã.
- Porque o ferro se torna um ímã desde o primeiro instante no qual entra em contato com um ímã.
- O ímã induz os domínios magnéticos do ferro a se organizarem e formar polos de maneira oposta ao próprio ímã.

12

Todos os átomos contêm cargas elétricas em movimento (os elétrons). Por que, então, nem todos os materiais podem ser imantados?

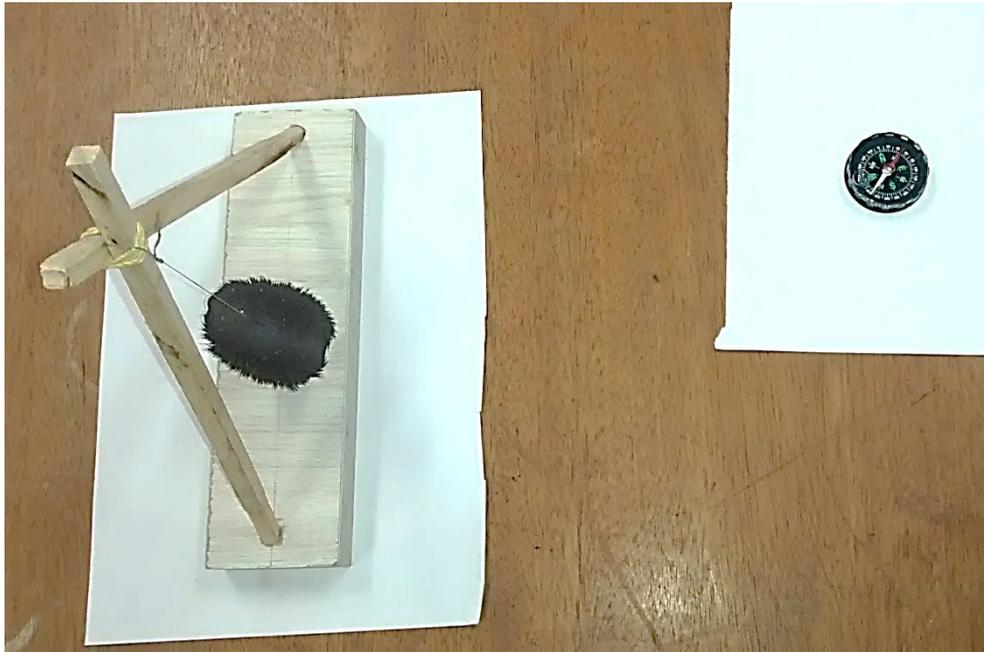
- Porque não são condutores.
- Porque os elétrons não estão girando na mesma direção.
- Porque seus domínios magnéticos não se alinham, ou não se mantêm alinhados.
- A pergunta está incorreta, pois todos os materiais podem, sim, ser imantados.

13

Por que ímãs permanentes são, de fato, permanentes?

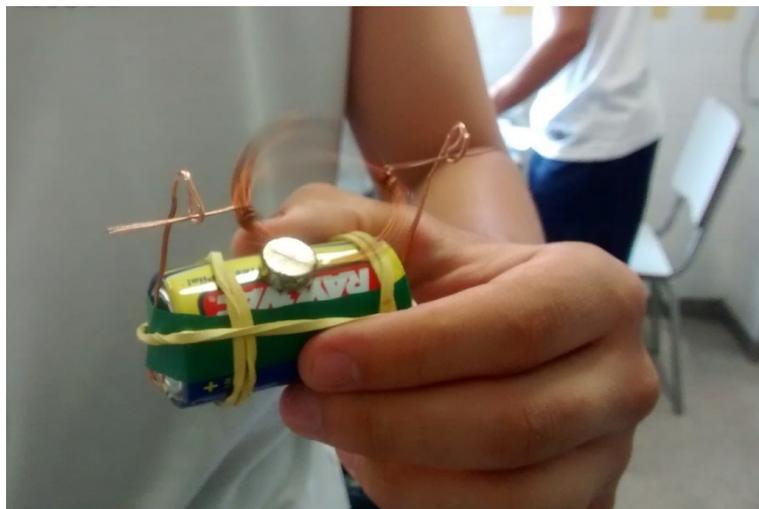
- Porque mantêm cargas em movimento.
- Porque induzem cargas, e cargas possuem campo elétrico permanente.
- Pois, sendo de material diamagnético, são repelidos na presença campos magnéticos.
- Porque se utilizam de materiais ferromagnéticos, com domínios magnéticos alinhados.

## APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



# Magnetismo e Indução Eletromagnética

*Sequência Didática baseada em pressupostos da  
Teoria da Aprendizagem Significativa  
e Instrução pelos Colegas*





UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Nikolai Bassani Santos Neves**  
**Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti**

# Magnetismo e Indução Eletromagnética

*Sequência Didática baseada em pressupostos da  
Teoria da Aprendizagem Significativa  
e Instrução pelos Colegas*

Vitória – ES  
Julho – 2019

## Apresentação

Este é o Produto da Dissertação de Mestrado de Nikolai Bassani Santos Neves, orientado pelo Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti, que foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em associação com a Universidade Federal do Espírito Santo (polo 12).

Aqui você encontra:

- Uma descrição de 14 aulas listando estratégias, recursos e atividades a serem desenvolvidas em cada momento através de apresentação teórica, exercícios, experimentos, dinâmica com questões conceituais, apresentação multimídia e um vídeo sobre Força Magnética, além de proposição de desafios e sugestões de tarefas de casa;
- Orientações gerais tendo em vista os elementos-chave das teorias empregadas;
- Orientações para montagem de experimentos;
- Sugestões de vídeos do YouTube com montagens de experimentos;
- Sugestões de documentários;
- Material complementar disponível em pasta compartilhada<sup>9</sup>:
  - Roteiros de experimentos (também no fim dessa sequência, para cópia/impressão);
  - Apresentações de slides para introdução;
  - Apresentação de slides com testes conceituais.



Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre

Esta sequência didática compreende os conteúdos de Magnetismo, Força Magnética e Indução Eletromagnética, e foi elaborada para atender dois principais objetivos: adequar o conteúdo do livro para trabalho em menos de 15 aulas (o livro sugere 28, o que é impraticável na realidade das escolas da SEDU/ES, com 80 aulas/ano de Física) e; enriquecer a metodologia empregada pelo professor com elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011, 2012, 2016), da Instrução pelos Colegas (ARAÚJO; MAZUR, 2013, CROUCH et al., 2007) e da Motivação (BZUNECK, 2010). Ela não se propõe a substituir um livro-texto, mas é uma proposta para a abordagem do que ali está. Foi criada seguindo aproximadamente a ordem de apresentação dos capítulos 8, 9, 10 e 11 do livro *"Física Aula por Aula" do PNL D 2015* (BARRETO; XAVIER, 2013), livro adotado pela escola onde o primeiro uso dessa sequência didática ocorreu. Essa aplicação foi tema da minha dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Contudo, a sequência foi idealizada para ser utilizada com qualquer livro-texto, bastando observar a ordem de apresentação dos conteúdos e selecionar em seu livro exercícios equivalentes aos propostos aqui. Na prática o livro didático foi mais usado pelos alunos como manual de exercícios e fonte de ilustrações. O conteúdo proposto está conforme os PCN, PCN+, matrizes do Enem e do Paebes e conteúdos propostos pela SEDU/ES.

<sup>9</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

A utilização do referencial teórico no trabalho da dissertação foi sintetizada em 6 pressupostos: mapeamento de conhecimentos prévios, pois o aluno só pode aprender significativamente com a interação do novo conhecimento com um conhecimento prévio; o uso de diferentes recursos, a proposição de desafios e o correto emprego do feedback dado pelo professor, já que formam um trio de elementos motivadores fundamentais; a consolidação dos conteúdos, que torna-se essencial ao entendermos que cada conteúdo trabalhado será conhecimento prévio para os seguintes, e; a avaliação formativa e recursiva, pois a avaliação é uma oportunidade valiosa de aprendizado, desde de que nos preocupemos mais em apontar rumos do que em examinar.

Acreditando ser importante ter em mente os fundamentos dessa sequência didática enquanto ela é aplicada, foi criada a seção “estratégia” em cada aula. Esperamos assim potencializar seus pontos fortes, além de tornar o trabalho do professor mais consciente e, quem sabe, lhe proporcionar novas perspectivas e crescimento. Se assim for, este humilde trabalho terá cumprido seu papel.

A aplicação ocorreu em escola da rede estadual do Espírito Santo, com 8 turmas, compondo um grupo controle e um grupo experimental. Com delineamento quase-experimental, diferenciamos o tratamento com base nos 6 pressupostos adotados. Houve grande aceitação às atividades diferenciadas (uso de experimentos e instrução pelos colegas, principalmente) em ambos os grupos e dados foram colhidos com pré e pós-testes e um questionário de opinião. A análise teve aspectos quantitativos com uso de testes estatísticos para comparação tanto das notas do pré e do pós-testes dentro de cada grupo, quanto das notas entre os grupos, e também aspecto qualitativo na análise de conteúdo das opiniões dos alunos.

Concluímos que a experiência foi muito recompensadora para alunos e professor. O maior diferencial relatado pelos alunos foi o uso de experimentos, de forma que encorajo a quem deseje utilizar essa sequência que dê atenção às aulas experimentais, planejando e construindo o material com antecedência, e permita que os alunos manipulem e investiguem esse material. A análise estatística apontou aumento na nota de ambos os grupos do pré para o pós-teste, e um aumento mais pronunciado no grupo experimental. Comentários sobre esses resultados e maiores detalhes do processo podem ser encontrados na análise de dados e conclusão da dissertação.

Todo o processo de olhar crítico e pesquisa sobre a prática de sala de aula trouxe grande crescimento pessoal e profissional (como professor e como pesquisador), além de ter consolidado uma série de ferramentas para o ensino que agora encontram-se à minha disposição.

Espero que sua apreciação/seu uso dessa sequência possa trazer reflexões e crescimento que se reflitam exponencialmente sobre os alunos, nossos companheiros nesse duplo desafio do ensino e da aprendizagem.

Nikolai Bassani Santos Neves  
Vitória, ES, julho de 2019

## Sumário

<a href="#">Apresentação</a> .....	3
<a href="#">Sumário</a> .....	5
<a href="#">Elementos teóricos</a> .....	7
<a href="#">Algumas Concepções alternativas</a> .....	10
<a href="#">Aula 1: Introdução ao Eletromagnetismo</a> .....	13
<a href="#">Estratégia:</a> .....	13
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	13
<a href="#">Em sala:</a> .....	13
<a href="#">Aula 2: Experimentação com ímãs</a> .....	14
<a href="#">Estratégia:</a> .....	14
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	14
<a href="#">Em sala/laboratório:</a> .....	15
<a href="#">Aula 3: Construindo conceitos sobre Magnetismo</a> .....	16
<a href="#">Estratégia:</a> .....	16
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	16
<a href="#">Em sala:</a> .....	16
<a href="#">Aula 4: Magnetismo terrestre</a> .....	18
<a href="#">Estratégia:</a> .....	18
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	18
<a href="#">Em sala:</a> .....	19
<a href="#">Aula 5: Consolidando com exercícios</a> .....	21
<a href="#">Estratégia:</a> .....	21
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	21
<a href="#">Em sala:</a> .....	21
<a href="#">Aula 6: Experimento de Öersted</a> .....	22
<a href="#">Estratégia:</a> .....	22
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	23
<a href="#">Em sala:</a> .....	23
<a href="#">Aula 7: Exercícios sobre campo produzido por corrente elétrica</a> .....	25
<a href="#">Estratégia:</a> .....	25
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	25
<a href="#">Em sala:</a> .....	25
<a href="#">Aula 8: Fundamentos microscópicos do magnetismo</a> .....	26

<a href="#">Estratégia:</a> .....	26
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	26
<a href="#">Em sala:</a> .....	26
<a href="#">Aula 9: Eletroímãs, histerese e ponto Curie</a> .....	27
<a href="#">Estratégia:</a> .....	27
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	27
<a href="#">Em sala:</a> .....	28
<a href="#">Aula 10: Força Magnética</a> .....	29
<a href="#">Estratégia:</a> .....	29
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	29
<a href="#">Em sala:</a> .....	29
<a href="#">Aula 11: Exercícios sobre Força Magnética</a> .....	31
<a href="#">Estratégia:</a> .....	31
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	31
<a href="#">Em sala:</a> .....	31
<a href="#">Aula 12: Indução Eletromagnética</a> .....	32
<a href="#">Estratégia:</a> .....	32
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	32
<a href="#">Em sala:</a> .....	32
<a href="#">Aula 13: Exercícios sobre Indução Eletromagnética</a> .....	35
<a href="#">Estratégia:</a> .....	35
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	35
<a href="#">Em sala:</a> .....	35
<a href="#">Aula 14: Motores e Geradores</a> .....	36
<a href="#">Estratégia:</a> .....	36
<a href="#">Recursos e materiais:</a> .....	36
<a href="#">Em sala:</a> .....	36
<a href="#">Referências Bibliográficas</a> .....	38
<a href="#">Roteiros para cópia/impressão</a> .....	40

## Elementos teóricos

Este produto foi desenvolvido tomando como base 6 pressupostos teóricos que compilamos a partir do estudo dos referenciais adotados (vide [Apresentação](#) do produto):

1. Mapeamento dos conhecimentos prévios (AUSUBEL, 2003): a presença de conhecimentos prévios adequados é considerada a variável mais importante para a ocorrência da aprendizagem significativa. Sugerimos ao início da sequência uma aula para contextualização com a presença de vários aparelhos que, junto com a apresentação multimídia, possibilitam dialogar com os alunos de sondar um pouco suas concepções sobre o assunto que será estudado, possibilitando adequar o discurso e as atividades em sala. Da mesma forma, as aulas de exercícios (5, 7, 11 e 13) e testes conceituais (aulas 4, 8, 10 e 12) também oportunizam conhecer melhor as concepções dos estudantes (inclusive identificando concepções alternativas), e elas geralmente servirão como conhecimentos prévios para os assuntos seguintes.

2. Uso de diferentes recursos (BZUNECK 2010, MOREIRA 2011): Tanto a Teoria da Aprendizagem Significativa quanto a da Motivação ressaltam a importância do uso de diferentes recursos. Neste Produto eles foram usados para mostrar ao aluno o fenômeno a ser estudado, a utilidade e a aplicação dos conteúdos e para auxiliar a explicação dos conceitos aos alunos. Assim, propomos uma apresentação multimídia (aula 1), um vídeo (aula 10) e vários experimentos: o ímã com limalha de ferro, que em seguida é suspenso, onde procura-se evidenciar os polos e linhas de campo, além da presença e orientação do campo magnético da Terra (aula 2); o experimento bola de isopor com polos magnéticos ilustra o campo magnético da Terra e sua relação com o norte e sul geográficos (aula 4); a “lanterna de emergência” que traz a visualização de um fenômeno de indução e uma utilidade prática, assim como o eletroímã (aula 9); o freio magnético permite análise da queda de um ímã dentro de tubos de materiais diferentes e a demonstração da Lei de Lenz (aula 12); o trem magnético no solenoide (sugerido como montagem dos alunos em casa, nas aulas 6 e 14); entre outros. Para cada experimento é proposto um roteiro, seja um passo a passo para guiar o professor na apresentação ou um roteiro de exploração para que os alunos extraiam o máximo do material (estes nas aulas 2 e 9), incentivando o levantamento de hipóteses, a execução ativa do experimento e a consequente testagem das hipóteses.

3. Proposição de desafios (BZUNECK, 2010): pressuposto presente durante a exploração dos experimentos, em tarefas na sala de aula, tais como deixar imóvel um ímã suspenso num fio (aula 2). Também se faz presente instigando os alunos a montarem experimentos em casa (aulas 2, 3, 6 e 9). O desafio final, proposto como um trabalho avaliativo, é o de construção e apresentação (com explicação dos conceitos Físicos envolvidos) do funcionamento de diferentes motores e geradores funcionando por indução eletromagnética (apresentação na aula 14, mas pode ser proposto desde a aula 7).

4. Consolidação dos conteúdos (AUSUBEL, 2003): pressuposto alicerçado no fato de que o conhecimento prévio, que é o aspecto central da TAS proposta originalmente por Ausubel (ibid.), é a base para os próximos conhecimentos. As atividades propostas consistem em discussões sobre os exercícios do livro (aulas 5, 7, 11 e 13) e experimentos realizados (aulas 2, 3, 4, 6, 9, 12 e 14), sempre provocando os estudantes para que

expressem suas concepções, possibilitando que as avaliemos (avaliação formativa) para apontar rumos para a superação dos erros (feedback), antes de seguir para o próximo conteúdo. São utilizados também testes conceituais (aulas 4, 8, 10 e 12), após o estudo de um conjunto de conceitos e princípios, seguindo o método de Instrução pelos Colegas proposto por Araújo e Mazur (2013). Neste método, após breve apresentação oral do professor, são apresentadas questões conceituais (*concept tests*) de múltipla escolha para serem respondidas pelos alunos individualmente e simultaneamente, com o uso de cartões coloridos, e depois discutidas com os colegas, de acordo com o esquema mostrado na Figura 1 abaixo.

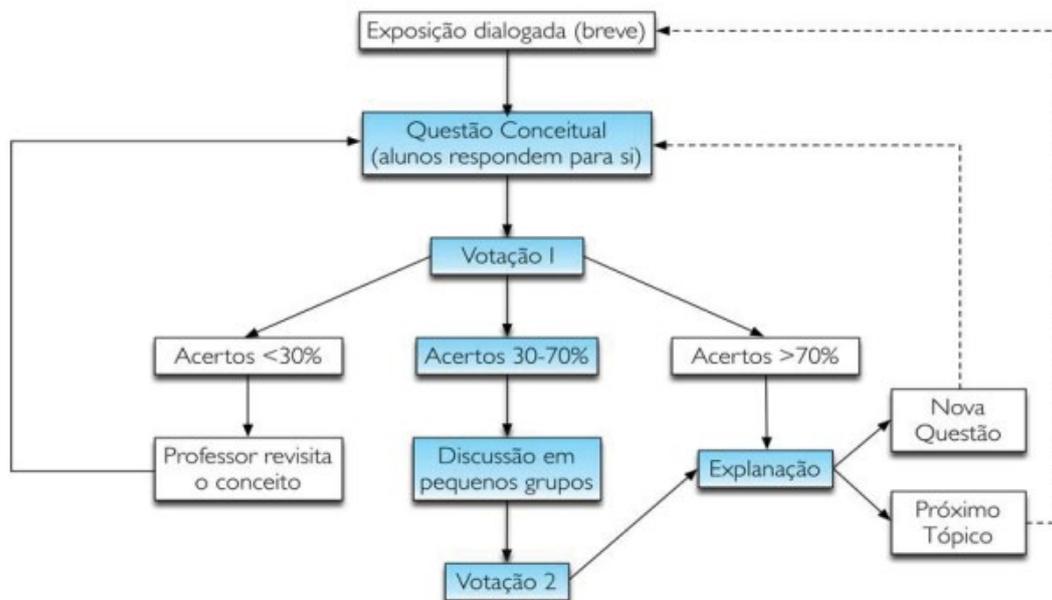


Figura 13 - Diagrama do processo de implementação do método IpC (Peer Instruction).

5. Avaliação formativa e recursiva (MOREIRA 2012, id. 2011): a avaliação permite não só ao professor conhecer as necessidades de cada aluno, mas principalmente aos próprios alunos. Uma avaliação formativa traz esse caráter de identificar as inconsistências, os erros e equívocos conceituais. Ao mesmo tempo, tem o objetivo de informar ao aluno tais questões e apontar os caminhos para sua superação. A recursividade, por outro lado, é a oportunidade que deve ser dada ao aluno de refazer as questões, para que possa revisar os conteúdos que está com dificuldades, e superar os eventuais erros indetificados pelo professor (na correção, por exemplo). Na sequência aqui proposta, as aulas de exercícios, as discussões sobre os testes conceituais e sobre os experimentos são momentos oportunos para a avaliação formativa. A recursividade pode ser implementada reservando momentos para que os alunos refaçam as suas atividades avaliativas, bem como na realização de atividades de recuperação, caso a abordagem seja similar às da atividade avaliativa original. Nota: essa sequência didática propõe várias atividades às quais o professor pode atribuir nota, no entanto não propõe nenhuma prova. Fica a critério do professor incluir uma em

momento oportuno, caso deseje. Há um arquivo com questões sugeridas na pasta compartilhada<sup>10</sup>.

6. Feedback do professor (BZUNECK, 2010): o professor deve dar feedback (resposta, retorno) adequado ao aluno, no dia a dia da sala de aula. Se o aluno se manifesta de forma errada sobre algum conceito, ou faz alguma afirmativa que não condiz com a teoria aceita na Física, o professor deve sinalizar para ele qual é o equívoco. Ao mesmo tempo deve ajudá-lo a encontrar o caminho correto. Esse é dito feedback negativo. Ele não é negativo no efeito, mas no sentido de que o professor está indicando que o aluno está errando e também o caminho para a superação do erro. Por outro lado, se o aluno cumpriu a atividade de forma correta, com sucesso, o professor deve reconhecer o esforço do aluno. Esse é o feedback positivo. O professor deve conscientizar-se, progressivamente, das oportunidades de atuar com o feedback para os alunos, como atender às dúvidas dos alunos ao realizarem exercícios em sala, indicar especificamente os erros nas provas, elogiar posturas e esforço que levam a bons resultados. Indicar sempre os caminhos a serem seguidos para uma melhoria, quando apontar erros. Recomenda-se não comparar alunos, não os expor e nem elogiar a inteligência (mas sim o esforço/empenho).

---

<sup>10</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

## Algumas Concepções alternativas

Concepções alternativas são aquelas que não condizem com o aceito cientificamente. Elas possuem caráter bastante universal: independentemente da cultura, as concepções alternativas que costumam surgir no aprendizado da Física são muito semelhantes.

Apresentamos aqui uma pequena compilação de concepções alternativas sobre Eletromagnetismo, em tradução livre do inglês, e suas respectivas fontes. O objetivo é que o professor esteja ciente dessas possibilidades e busque abordá-las em sala de aula, bem como agir quando perceber que elas estão presentes.

O professor Richard Gunstone (*Monash University*) numa apresentação realizada em novembro de 2016 para o evento *Unit 3 Course Planning Days no Vicphysics Teachers' Network Inc. em Victoria, Austrália*, listou várias concepções, entre elas (GUNSTONE, tradução nossa):

“O conceito X em uma área (Dinâmica, por exemplo) não é o mesmo que X em outra (Eletricidade, por exemplo)” [X pode ser “energia”, potencial elétrico em eletrostática ou circuitos]

“Um campo elétrico é uma área ao redor de uma carga elétrica” (e não o que há naquela área) (isso em essência atribui a “campo” o significado cotidiano).

“Um campo elétrico é um conjunto de cargas.”

“Campo elétrico e força elétrica são a mesma coisa, e na mesma direção”.

“Linhas de campo são o campo” (só há campo onde as linhas estão).

“Linhas de campo mostram a direção do movimento de [algo relevante] naquele ponto do campo.”

“Linhas de campo podem se cruzar”

“Campos elétricos só podem existir quando há carga em movimento” (e assim, como não há carga em movimento num isolante, não pode haver campo elétrico num isolante)

“As explicações para o movimento de cargas [da Dinâmica] não se conectam com as ideias de “ação à distância”, “campo” e “força elétrica”.

“Corrente elétrica passa através de um fio porque existe mais carga [significando maior quantidade de carga] numa ponta do fio do que na outra.”

Para a tese de Jeff Marx (1998) “Criação de exame diagnóstico para introdução de eletricidade e magnetismo na graduação” (tradução nossa) o autor também identificou concepções alternativas:

O campo tem limites.

O campo flui.

(sobre a ideia de campo elétrico ao usar uma carga de teste e a equação  $F=qE$ ) Se não houver carga de teste, não há campo.

Linhas de campo em configurações mais complexas são confundidas com o caminho das partículas carregadas.

O conhecimento da Mecânica interfere na compreensão de Eletricidade e Magnetismo, por exemplo, conceituar campo em duas etapas: 1) Criação: primeiro objeto cria campo; 2) Ação: campo age sobre segundo objeto; pode dificultar ao aluno aplicar a 3ª lei nessa situação.

Confusão entre intensidade do campo e potencial.

Linhas de campo como “entidades concretas”.

Falta de diferenciação entre campo elétrico e campo magnético.

Na universidade do estado de Illinois (*Illinois State University*), em Dallas, EUA, o projeto “Currículo Conceitual Abrangente para a Física” (tradução nossa) teve como um de seus resultados a compilação de uma série de concepções prévias e concepções alternativas sobre Física identificadas em estudantes do Ensino Médio e Superior por seus professores (PRECONCEPTIONS, tradução nossa). Para campos magnéticos, em particular, surgiram:

Polos norte e sul magnéticos são o mesmo que cargas positivas e negativas.

Linhas de campo magnético começam num polo e terminam no outro.

Polos podem ser isolados.

Fluxo é o mesmo que linhas de campo.

Fluxo (*flux*) representa o “fluir” (*flow*) do campo magnético.

Campos magnéticos são o mesmo que campos elétricos.

Cargas em repouso podem experimentar forças magnéticas.

Campos magnéticos de ímãs não são causados por cargas em movimento.

Campos magnéticos não são tridimensionais.

Linhas de campo magnético te seguram sobre a Terra.

Cargas, quando abandonadas, se moverão em direção aos polos de um ímã.

Apesar de serem várias as concepções, podemos identificar várias relações entre elas, como as confusões polos magnéticos/concentração de cargas e campo magnético/campo elétrico. Algumas de fato surgem em diferentes fontes, como confundir o campo com as linhas que o representam, ou cair no equívoco de que as linhas de campo indicam que este flui no sentido das setas que acompanham as linhas.

Para nosso trabalho, fizemos uso do conhecimento sobre essas concepções para auxiliar na seleção de questões para os testes conceituais, dando preferências a questões que incluíssem essas concepções nas alternativas, por exemplo. Além disso, se apropriar da existência dessas concepções e do seu teor nos auxilia a planejar as aulas, observar mais cuidado com o discurso (principalmente com a forma de colocar os termos, exemplo: quando se diz “o campo vai do polo norte para o polo sul”, passa-se a impressão de

movimento, e deve-se preferir formas como “o campo é orientado do polo norte para o polo sul”), e a reconhecer mais prontamente as concepções “escondidas” no discurso dos alunos, seja em respostas escritas ou em perguntas e colocações orais.

## Aula 1: Introdução ao Eletromagnetismo

### Estratégia:

- Essa aula tem objetivo de trazer à tona, “ativar” os conhecimentos prévios dos estudantes, além fornecer organizadores prévios e mostrar a utilidade/aplicação dos conteúdos.
- É importante ouvir bastante durante essa aula: ao apresentar os objetos e passá-los para os alunos, perguntar a eles como imaginam que funciona cada um deles. As ideias levantadas ajudarão a encontrar a melhor forma de abordar os assuntos nas próximas aulas. Não é hora de explicar detalhes do funcionamento dos aparelhos! Mas sim instigar os alunos a perceber o Eletromagnetismo em suas vidas.
- Procurar sempre resgatar os exemplos dessa aula à medida que se aprofundar na teoria nos próximos momentos.

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia (“datashow”) e computador com a apresentação “Introdução ao Magnetismo "Eletromagnetismo e você””. O arquivo tem formato pptx e contém imagens sobrepostas e animadas, gifs e vídeos, recursos que só funcionaram bem no PowerPoint. Arquivo disponível na pasta compartilhada no *link:*  
<https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

*Nota: clique no motor e nos ímãs coloridos para dar início aos respectivos vídeos.*

- Levar objetos como ímãs de geladeira, bússola, cartão magnético, disquetes, *pendrive*, disco rígido, celular com bússola (talvez algum aluno tenha), fones de ouvido, caixa de som.

### Em sala:

1. Apresentação “Eletromagnetismo e você” como introdução. Apresentar os materiais levados à medida que forem surgindo na apresentação. Se houver mais que uma bússola/ bússola de *smartphone*, conferir se todas apontam a mesma direção (muitas vezes as dos smartphones não o fazem).
  - a. *A apresentação contempla: origem da palavra na região de Magnésia, na Grécia, primeira bússola chinesa, ímãs de geladeira, motores a indução, campainhas, alto falantes e microfones, disco rígido de computador, trem de levitação magnética, bússola do celular, cartão magnético de crédito/débito, auroras, motor homopolar.*
2. Colocar inicialmente o campo magnético como sendo propriedade de alguns materiais (e da Terra), e que ao longo do tempo o progresso tecnológico nos permitiu aproveitar essas propriedades de diversas maneiras. Maior detalhamento será feito nas próximas aulas, ao estudarmos as características magnéticas das coisas.
3. Dizer que o campo magnético tem relação com o campo e a carga elétricos, mas que eles são diferentes. Estudaremos como.



Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre

## Aula 2: Experimentação com ímãs

### Estratégia:

- Essa aula pode ser realizada em sala, ou no laboratório. Mesas grandes e presença de pia para lavar as mãos será de grande ajuda.
- Possibilitar que os alunos explorem os ímãs bem à vontade, afinal é uma oportunidade de interagir com campos e visualizar as linhas de força sem os riscos de choque que o campo elétrico oferece.
- Fazer perguntas instigantes enquanto eles seguem o roteiro.
- Sugestão de grupos com no máximo 5 alunos, para que possam se aproximar bem dos materiais (o limitante é sua disponibilidade de ímãs).

### Recursos e materiais:

- Roteiros impressos, 1 para cada aluno (ou 1 por grupo) – disponível no fim deste produto;
- Ímãs (2 por grupo) – quanto mais intensos os campos, melhor, sejam de ferrite ou neodímio. Ímãs de alto-falante, de quadro magnético e de disco rígido são ótimos. Também podem ser adquiridos pela internet em sites como *Oximág*, *IMAshop* ou *Casa do Ímã*;
- Bandejas de isopor (a bandeja é boa por ter borda, mas pode ser utilizado papelão, tampas plásticas, papel cartão, etc.);
- Bastante limalha de ferro (serralherias costumam permitir que a colhamos do chão da oficina – importante peneirar para retirar as lascas de metal perfurantes), é importante ter muita para mergulhar os ímãs e ter efeito de “ourico”, possibilitando visualizar uma representação das linhas de campo em 3D;
- Cordão (barbante, fita dental, linha 10 (de pipa), ou similar) para amarrar e suspender os ímãs;
- Folha de rascunho ou jornal para forrar a mesa ao manipular a limalha (Opcional);
- Suportes não ferromagnéticos (1 por grupo) para prender o cordão que suspende o ímã. O suporte da imagem ao lado foi feito com varetas de madeira unidas com elástico de dinheiro em uma extremidade, e encaixadas na outra extremidade numa base perfurada diagonalmente em furadeira de bancada. Pode-se experimentar não utilizar os suportes, e segurar o cordão com a mão. Nesse caso utilizar um comprimento maior para que oscile menos.



## Em sala/laboratório:

1. Avisar aos alunos que será uma aula experimental, e que manipularão ímãs, portanto, se bem se recordam da aula anterior, devem mantê-los longe de aparelhos celulares, eletrônicos em geral, *pendrives* e cartões magnéticos, sob o risco de danificá-los – ótimo oportunidade de fazê-los levarem a sério o experimento, e ficarem curiosos com essa advertência;
2. Organizar a sala em grupos (unir as carteiras) e distribuir os roteiros, solicitar que o preencham à caneta – não há certo e errado, mas espaço para formular hipótese e para comentá-la depois;
3. À medida que se organizarem, ofereça apenas 1 ímã para cada grupo;
4. Quando chegarem ao passo 5 do roteiro, confira se preencheram a hipótese no passo 4 e só então entregue o segundo ímã;
5. Ao chegarem ao passo 6, ofereça a bandeja com um pouco de limalha de ferro por cima. Peça que não aproximem o ímã diretamente da limalha ainda (vai chegar a hora!), mas apenas sob a bandeja. **Alertar os alunos para não levar as mãos ao rosto após manipularem a limalha de ferro, mas apenas após lavá-las com sabonete (principalmente se a limalha foi colhida do chão de uma oficina);**
6. Em seguida, quando os grupos mergulharem os ímãs na limalha, peça que observem o que acontece com a limalha ao aproximarem um do outro em diferentes lados. Lembrem-se da forma das linhas de força dos dipolos elétricos! Pergunte-lhes onde estão os polos dos ímãs;
7. Ao pendurarem os ímãs a proximidade com qualquer objeto ferromagnético impossibilitará seu alinhamento com o campo magnético terrestre. Isso pode ser complicado: mesas de madeira têm pregos e parafusos, paredes e chão podem conter vergalhões, relógios, anéis e pendantes podem ser de aço ferromagnético. Talvez precisem segurar a estrutura no alto, com as mãos.
8. Encerramento: caso mais de um grupo consiga manter seu ímã imóvel no ar (sem girar), comparem a direção que seus polos apontam (os polos estão onde a limalha fica mais “ourçada”, perpendicular à superfície do ímã). Pergunte-lhes qual o motivo dessas direções (se estiverem alinhados, eis as bússolas! Se não, espera-se que tenha algo ferromagnético interferindo no alinhamento de algum(ns)).
9. **PARA CASA:**
  - a. para os mais empolgados, lançar o desafio de produzir ferrofluido conforme o vídeo do Manual do Mundo “Como fazer ferrofluido caseiro”:  
<https://www.youtube.com/watch?v=a317hwca02I&t=4s>.
  - b. para todos: ímãs podem ser feitos de qualquer material? Explique.
10. Pedir aos alunos que ajudem a limpar os ímãs no fim da aula, juntando de volta a limalha no pote, e que lavem as mãos.



Vídeo do Manual do Mundo:  
Como fazer ferrofluido caseiro  
(RECEITA DE FERROFLUIDO)

## Aula 3: Construindo conceitos sobre Magnetismo

### Estratégia:

- Discutir os resultados da aula anterior e construir os conceitos junto com a turma.
- Pode-se ser bem objetivo na aula teórica, pois os experimentos complementam bem com a parte lúdica e exemplos concretos.
- Nesta aula é abordada a concepção alternativa de que os ímãs têm polos elétricos positivo e negativo. Caso não tenha feito um experimento do tipo anteriormente, é válido realizar nesta aula uma demonstração de eletrização por atrito e atração por indução, como por exemplo esfregar um guardanapo/pedaço de papel higiênico em uma folha de acetato/divisória plástica de fichário e então aproximar lado eletrizado da folha de pequenos papezinhos picados. Eles “saltam” vigorosamente, mesmo sendo neutros e não sendo bons condutores elétricos.

### Recursos e materiais:

- Selecionar 2 ou 3 exercícios do livro-texto sobre características dos ímãs, vetor campo magnético e linhas de campo magnético.
- Ímãs para demonstração;
- Um ímã envolto em limalha de ferro;
- Um punhado de papel picado bem pequeno;
- Opcional - guardanapo/pedaço de papel higiênico;
- Opcional - folha de acetato/divisória plástica de fichário.

### Em sala:

1. Construir juntos a ideia de Magnetismo. Como funciona um ímã? Será que tem propriedades elétricas? Mostrar como ímãs não atraem os papezinhos, em contraste com um objeto eletrizado;
2. Nem todo material tem propriedades magnéticas perceptíveis, mas pedaços de ferro, níquel, cobalto e gadolínio têm propriedades ferromagnéticas e podem ser magnetizados (passar a “gerar” campo magnéticos) se forem submetidos a um campo externo (passando um ímã permanente neles, por exemplo);
3. Ímãs produzem e interagem com campos magnéticos bem como cargas elétricas produzem e interagem com campos elétricos. Campos magnéticos geram força magnética em materiais suscetíveis;
4. Seguir conteúdo conforme p. 131 a 134 do livro Física: Aula por Aula PNL 2015:
  - a. Ímãs possuem polos chamados de Norte e Sul. Polos de nomes iguais se repelem, já polos de nomes diferentes se atraem;
  - b. Apresentar as linhas de campo (desenhar no quadro), que saem do ímã no polo norte e entram no polo sul. Levar um ímã envolto em limalha de ferro para ilustrar;
  - c. Ímã partido resulta em ímãs completos/com ambos os polos: ausência de monopolo magnético (pode-se partir um ímã como demonstração);

- d. Apresentar a ideia de agulha magnética e vetor campo magnético  $\vec{B}$  (segue as linhas tangencialmente, como se o vetor indicasse o polo norte de um ímã colocado ali);
5. Solicitar que façam 2 ou 3 exercícios sobre características dos ímãs, vetor campo magnético e linhas de campo magnético. (Sugestão: exercícios 8, 9 e 10 do cap. 8 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015);
6. **PARA CASA:**
  - a. Finalizar as questões propostas 8, 9 e 10 do cap. 8, caso não tenha sido possível em aula;
  - b. Desafio: fazer uma bússola, trazê-la na próxima aula e mostrar que funciona!

## Aula 4: Magnetismo terrestre

### Estratégia:

- Estender conceitos ao campo magnético terrestre, apresentar a bússola;
- Discutir problemas conceituais com dinâmica de Instrução pelos Colegas.
- Ser breve na parte teórica para ter tempo suficiente de explicar e utilizar a dinâmica de Instrução pelos Colegas (explicar a dinâmica pode levar alguns minutos).

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo” (disponível na pasta compartilhada<sup>11</sup>);
- Kits de cartões coloridos para todos os alunos (4 cartões para cada um: vermelho, amarelo, verde e azul);
- Conferir a declinação magnética em sua cidade, por exemplo pelo site <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml> estadunidense;
- “Experimento de campo magnético terrestre” – há vários manuais no YouTube, se fizer essa busca. O vídeo “MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO O MAGNETISMO DA TERRA - EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro”, do Canal Física, é muito claro na montagem.



Calculadora de declinação magnética da  
Administração Oceânica e Atmosférica  
Nacional (NOAA - EUA)

### Utiliza:

- Uma bola pequena de isopor (diâmetro de aproximadamente 8cm);
- Estilete para cortar a bolinha;
- Ímã/conjunto de ímãs para ir dentro da bola;
- Limalha de ferro mais grossa – como opção pode-se usar grampos de grampeador (já grampeados, não em forma da U);
- Peneira para a limalha;
- Fita crepe;
- Um palito de churrasco para espetar a bola de isopor.
- (Opcional) um pedaço de isopor grosso, ou similar, para espetar a outra extremidade do palito;

A montagem desse experimento é simples, e o resultado é muito ilustrativo (veja figura na página seguinte).

Trata-se de cortar a bola ao meio, cavar um buraco para encaixar o(s) ímã(s) dentro, e depois de fazê-lo, fechá-la com fita crepe, espetá-la no palito e peneirar limalha de ferro sobre ela – essa parte final, pelo menos, junto com os alunos.

*Sugestão: você pode girar o palito para simular a rotação da Terra. Nesse caso, procure orientar o ímã de forma que simule o eixo magnético do planeta, alguns graus desalinhado do eixo de rotação.*

Link para o vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=aX7n9h9l-g4>.

<sup>11</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>



MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO O MAGNETISMO DA TERRA - EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro  
42.255 visualizações

2,5 MIL 17 COMPARTILHAR SALVAR



Canal Física  
Publicado em 1 de jul de 2017

INSCREVER-SE 610 MIL



Vídeo do Canal Física:

MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO  
O MAGNETISMO DA TERRA -  
EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro

*Nota: o vídeo tem uma explicação simples no fim, que não menciona o desencontro dos polos magnético e geográfico, a declinação magnética, nem a inclinação magnética.*

## Em sala:

1. Deixar preparado, porém apagado (A/V mute), o projetor com a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
2. Demonstrar experimento da bolinha de isopor com ímã dentro – chame alunos para fazê-lo em seu lugar! A turma se envolve muito mais;
3. Recordar com eles o momento final da atividade experimental da aula 2: o alinhamento dos ímãs suspensos e lançar a pergunta para a classe: “o que uma coisa tem a ver com a outra?”;
4. Apresentar conteúdo conforme p.138 e 139 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015:
  - a. Desenhar no quadro, com base na limalha/grampos da bolinha, o campo magnético terrestre e os polos magnéticos e geográficos – uma bússola nada mais é do que um ímã livre para girar, se alinhando ao tênue campo magnético terrestre;
  - b. Aproveitar o experimento para discutir declinação e inclinação magnéticas: O polo sul magnético fica próximo ao polo norte geográfico (por isso a bússola aponta aproximadamente para lá) e o polo norte magnético fica próximo ao polo sul geográfico (idem). Cada localidade no planeta tem seus valores de declinação e inclinação, e eles são dinâmicos (mudam com o tempo), uma vez que os locais dos polos também o são. Nosso conhecimento a respeito disso está em constante desenvolvimento (convide-os a se tornarem geofísicos!), **vide notícia da Galileu, de 10 de junho de 2019: “Atividade magnética é descoberta no manto da Terra”<sup>12</sup>**;
5. Distribua os cartões e comece uma série de questões conceituais com o método de Instrução pelos Colegas. Explicar a dinâmica e fazer um teste com eles pode levar alguns minutos, caso não estejam familiarizados. As questões 1 a 6 da apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo” contemplam os assuntos estudados até aqui.
6. **PARA CASA:**

<sup>12</sup> <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/06/atividade-magnetica-e-descoberta-no-manto-da-terra.html>

- a. Leitura do texto “QUER SABER? O que é e como é utilizada a carta magnética”, e atividades 1 e 2, p. 140 e 141 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015;
- b. Pergunte às pessoas e/ou pesquise: de que maneiras você pode descobrir a direção exata do Norte Geográfico onde mora/estuda?
- c. Pesquise qual é a intensidade do campo magnético na superfície da Terra? Ela é constante?
- d. Trazer o livro para realizar exercícios em sala.

## Aula 5: Consolidando com exercícios

### Estratégia:

- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.
- Ter disponíveis alguns materiais das aulas anteriores podem ajudá-los a investigarem as soluções.

### Recursos e materiais:

- Livro didático;
- Ímãs, bússola e a bola de isopor.

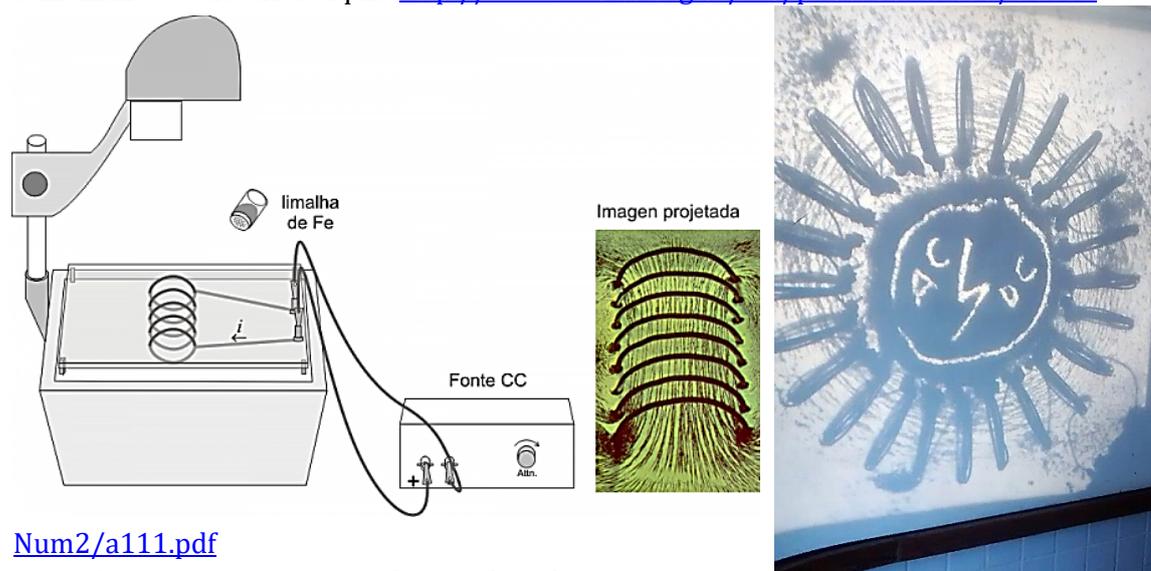
### Em sala:

1. Fazer exercícios do livro-texto sobre os assuntos estudados até aqui (no livro Física: Aula por Aula PNL D 2015, os exercícios 1 a 7 das p. 135 e 136 abordam características dos ímãs e campo magnético, e os exercícios 1 a 4 da p. 140 abordam declinação e inclinação magnética);
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.

## Aula 6: Experimento de Öersted

### Estratégia:

- Após ver se ficaram dúvidas sobre os exercícios, a ideia é demonstrar o experimento da deflexão da agulha magnética de Hans Christian Öersted, feito no início do século XIX, como base para desenvolver a relação entre Eletricidade e Magnetismo.
- É importante frisar o valor histórico desse experimento, que possibilitou a criação do ramo do Eletromagnetismo. O próprio Michael Faraday posteriormente inventa o motor, o gerador e o transformador elétricos investigando mais a fundo esse primeiro fenômeno descoberto por Öersted. Que impacto na sociedade, não é?!
- O estudo da dissertação contou com um experimento belíssimo, que foi emprestado por um amigo, então graduando em Física, produzido por ele na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física. Consistia num jogo de placas de acrílico com conectores e fios em forma de bobina, solenoide e toroide, que acoplamos a uma fonte (lâmpadas dicróicas em paralelo) para produzir corrente suficiente para que o campo produzido pelos fios fosse capaz de orientar a limalha de ferro salpicada sobre as placas de acrílico. Juntamos isso com um retroprojetor e foi um espetáculo! Uma montagem semelhante é descrita aqui: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11->



[Num2/a111.pdf](#)

Acima<sup>13</sup>: montagem experimental com solenoide e retroprojetor (na escola usamos lâmpadas em paralelo no lugar da fonte). Em cima, ao lado: foto que fiz em sala de aula da projeção com a montagem do toroide.

- Um outro experimento muito interessante é o “trem no solenoide”, tal como no vídeo<sup>14</sup> do “Trem magnético caseiro (EXPERIÊNCIA de FÍSICA)” do Manual do Mundo (testamos um, mas nosso solenoide ficou muito irregular, emperrando o trem), é fundamental utilizar algo rígido ao redor do qual enrolar a solda, a caneta sugerida servirá bem. Pode ficar como um desafio para os alunos também! Fazê-lo funcionar por 20 ou 30cm não é difícil. Os ímãs com 1,3cm de diâmetro podem ser adquiridos online no em lojas como *Oximag*, com antecedência.

<sup>13</sup> <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/154/5H15.40-Campo-magnetico-de-um-solenoide>.

<sup>14</sup> Trem magnético caseiro (EXPERIÊNCIA de FÍSICA): <https://www.youtube.com/watch?v=eTjrWF8sOHw>

- Sugestão de documentário: Cosmos: A Spacetime Odyssey, episódio 10 “O Garoto Elétrico”, 2014. O episódio (aprox. 40 min) conta a história de Michael Faraday, desde sua origem humilde, precisando abandonar a escola cedo, até a invenção dos motores e geradores elétricos. É um episódio maravilhoso, surpreendente. Aborda também a resolução do problema da ação a distância, com a criação da ideia de campo, a criação das equações de Maxwell com base no trabalho de Faraday e mostra experimentos muito semelhantes aos que fazemos aqui.

### Recursos e materiais:

- Para demonstrar a produção de campo magnético pela passagem de corrente elétrica em condutor:
  - Fio elétrico de cobre ou alumínio com as pontas desencapadas (não pode ser ferromagnético), um pequeno pedaço de 40cm já serve, mas 1m de fio ou mais possibilitará explorar diferentes geometrias;
  - 2 pilhas (pode experimentar baterias com tensão mais baixa também);
  - Bússola.

### Em sala:

1. Verificar se há dúvidas sobre as questões anteriores;
2. Contextualizar o experimento de Ørsted no século XIX: se conhecia a bússola (foram usadas séculos antes nas grandes navegações) e os ímãs; também se conhecia a eletricidade estática há séculos, já os circuitos eram coisa recente, pois há duas décadas Alessandro Volta tinha inventado a bateria. Lâmpadas elétricas ainda não eram utilizadas, nem aparelhos elétricos de nenhum tipo. Tinha-se assim dois tipos de fenômenos bem distintos: os magnéticos e os elétricos.
3. Dirija-se ao meio da sala e convide os alunos a se aproximarem (a bússola é muito pequena).
  - a. Use uma mesa e sobre ela coloque a bússola. Em seguida peça a ajuda de alunos para segurarem o fio passando por cima da bússola, na mesma direção da agulha, enfatize e demonstre que o fio não perturba a direção da agulha magnética ao se aproximar dela;
  - b. Feche o circuito com uma pilha, defletindo a agulha (**atenção para não queimar os dedos!**). Experimente manter toda a configuração e inverter a polaridade da pilha.
  - c. Em seguida experimente outras configurações:
    - i. com a bússola por cima do fio.
    - ii. com o fio perpendicular à agulha.
    - iii. Compare o efeito de 2 pilhas em série ao invés de uma só: a agulha é defletida uma angulação maior?
    - iv. E uma espira? Deflete mais a agulha?
    - v. E uma bobina com 2 voltas ou mais?
  - d. Demonstre o uso da regra da mão direita para identificação da orientação do campo magnético produzido ao redor do condutor retilíneo, com base no sentido da corrente e na deflexão da agulha.
    - i. Aproveite para demonstrar o valor útil da regra da mão direita para identificar o sentido de entrada de um parafuso ou uma torneira,

além de identificar para que lado o ventilador está jogando o vento de acordo com o sentido do giro! Essa regra nos salva na hora de trocar um pneu.

4. Prosseguir para abordar o campo magnético produzido no interior de espiras, bobinas e solenoides:
  - a. Caso tenha montado os experimentos com retroprojektor, essa é a hora;
  - b. Caso contrário, pode desenhar no quadro ou ilustrar com o próprio fio que levou, indicando as imagens no livro;
  - c. Apresentar as equações:
    - i. a proporcionalidade de  $\mathbf{B}$  com  $\mathbf{i}$  fica clara quando utiliza-se ora uma pilha e ora duas, no experimento de Öersted;
    - ii. A proporcionalidade com o raio pode ser demonstrada fazendo espiras de diferentes raios enquanto alguém segura a bússola no centro;
    - iii. A proporcionalidade com o número de voltas também pode ser demonstrada, se já não foi.
5. Abordar que primeira teoria sobre o magnetismo terrestre foi que a Terra tem um grande ímã, ou seja, que o seu núcleo sólido de Fe e Ni é responsável pelo seu campo magnético. Há outra teoria que supõe existirem correntes elétricas no interior da Terra, produzindo o campo magnético! Recentemente o manto foi incluído na jogada (vide notícia da Galileu na aula 4);
6. **PARA CASA:**
  - a. Pedir livro para aula seguinte, de exercícios, encaminhar leitura em casa do que foi estudado hoje (p. 143 a 149 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015).
  - b. Explicar o funcionamento do trem magnético do vídeo do Manual do Mundo.
  - c. Desafio: construí-lo! O mais complicado é conseguir ímãs de neodímio com o diâmetro adequado: O vídeo do Manual do Mundo (link na sessão “Estratégia” desta aula) sugere uso de pilha AAA “palito” e ímãs com diâmetro de 1,3cm (adquiri online ímãs com esse diâmetro pela *Oximag*, com antecedência). Algumas marcas de pilha têm formato e materiais diferentes nos contatos, dificultando a colocação do ímã nas pontas. No vídeo é utilizada pilha da marca Duracell®.

## Aula 7: Exercícios sobre campo produzido por corrente elétrica

### Estratégia:

- Importante: caso decida fazer a apresentação dos trabalhos (encerramento do conteúdo) na aula 14, a aula 7 é um bom momento para passar orientações para esse trabalho. Detalhes estão no [roteiro da aula 14](#).
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.
- Ter disponíveis alguns materiais das aulas anteriores podem ajudá-los a investigarem as soluções.

### Recursos e materiais:

- Livro didático;
- Fio, bússola e pilhas;
- (Opcional) alto falante aberto;
- Fones de ouvido e caixa de som/computador.

### Em sala:

1. Fazer exercícios do livro-texto sobre campo magnético induzido por corrente elétrica em condutores (no livro Física: Aula por Aula PNL D 2015, sugiro os exercícios 1, 3, 4 e 7 da p. 145, exercícios 1, 4, 5 e 6 da p. 147 e exercícios 1, 3, 4 e 6 da p. 149);
  - a. Atenção:
    - i. o gabarito correto da questão 2 da p. 145 é **letra c**, apesar do livro indicar a letra d.
    - ii. a figura do exercício 3 da p. 150 tem um erro na última volta do solenoide, pois o fio deveria subir por trás do cilindro, e não pela frente.
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
3. Caso você consiga um alto falante aberto e funcional, leve-o para a aula e faça-o tocar música do celular de alguém (ou leve músicas...). Peça que expliquem seu funcionamento com base na aula anterior.
4. Eles ficam intrigados quando plugamos fones de ouvido na entrada do computador e o utilizamos como microfone. Convide um aluno para testar seu funcionamento (eu sugeri que um aluno viesse imitar os carros que passam vendendo pamonha, a turma gargalhou com a performance do colega!). Isso torna claro que microfones e alto-falantes funcionam com o mesmo princípio.

## Aula 8: Fundamentos microscópicos do magnetismo

### Estratégia:

- Verificar se há dúvidas sobre as questões anteriores;
- A explicação dos diferentes tipos de magnetismo está em fenômenos quânticos, uma vez que têm origem nos átomos, com os spins e o momento magnético: dipolos desde a escala nanométrica. Esse aspecto é uma ótima oportunidade de evidenciar como a física quântica está no cotidiano, ainda que não percebamos sempre!

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;

### Em sala:

1. Deixar preparado, porém apagado (A/V mute), o projetor com a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
2. Seguir apresentação de conteúdo conforme p. 151 a 155 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015:
  - a. Resgatar da Química as ideias de spin e a ocupação de orbitais. Introduzir a partir disso o conceito de domínios magnéticos;
  - b. A partir daí, abordar diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo e imantação (histerese e bússolas).
3. Distribuir os cartões coloridos e utilizar as questões conceituais 7 a 10 da apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo” (disponível na pasta compartilhada<sup>15</sup>), com a dinâmica de Instrução pelos Colegas;
4. **PARA CASA:**
  - a. Exercícios sobre propriedades magnéticas da matéria (exercícios 1 a 5 da p. 157 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015);

---

<sup>15</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

## Aula 9: Eletroímãs, histerese e ponto Curie

### Estratégia:

- Verificar se há dúvidas sobre as questões para casa;
- Esta aula dá exemplos de usos práticos da imantação e histerese, é importante manter os ímãs longe dos materiais ferromagnéticos até os momentos adequados.
- A montagem da bússola está exemplificada no vídeo do Manual do Mundo “Faça uma BÚSSOLA CASEIRA com uma agulha” disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=1ltwpRKaKg0> (não recomendo encher tanto os recipientes, pois como recuperar a agulha sem bagunça, caso afunde?).
- Aproveite o aquecimento dos fios para lembrar do efeito Joule!



Vídeo do Manual do Mundo:  
Faça uma BÚSSOLA CASEIRA  
com uma agulha

### Recursos e materiais:

- Roteiros “A histerese nossa de cada dia” impressos;
- Primeira parte:
  - Chaves de fenda não imantadas, pregos ou parafusos longos (após o uso em uma sala, esses materiais se tornarão ímãs permanentes, por histerese, e será necessário utilizar outros, se tiver muitas turmas, um saco de pregos longos pode ser a melhor opção);
  - Pequenos parafusos, porcas, cliques ou grampos de papel;
  - Ímãs (devem ser transportados longe dos materiais ferromagnéticos).
- Segunda parte:
  - Fio esmaltado;
  - Pilhas;
  - Lixas (podem ser pedaços de lixa de unha).
- Terceira parte:
  - Agulhas;
  - Copos, pratos, tampas ou similares.
  - Água;
  - Bússola para conferência;
  - Papel higiênico;
  - Pano de chão (preventivo).

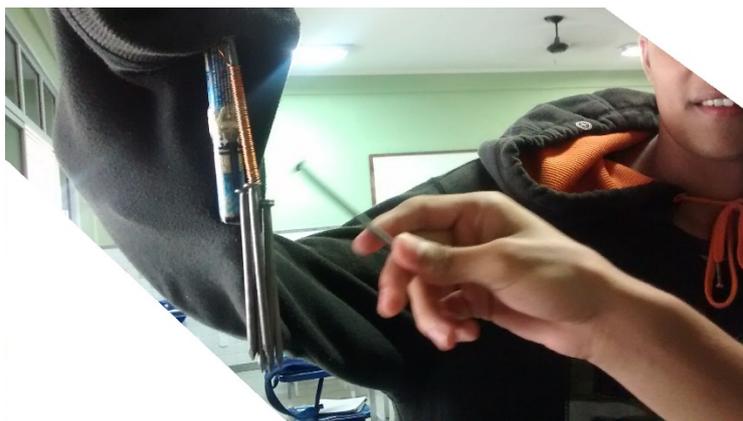


Figura 14 - Aluno usando manga do agasalho para se proteger do calor do fio do eletroímã.

### Em sala:

1. Frisar a importância de não encostar o ímã nos materiais antes da hora;
2. Organizar os grupos e oferecer os materiais, de acordo com as etapas do roteiro;
3. Dar o suporte necessário para que sobre alguns minutos no fim da aula para abordar o ponto Curie e organizar a sala;
4. Levantar a discussão: será que os materiais imantados ficarão assim, ou podem ser “desimantados”?
5. Pierre Curie (os franceses falam “Quirrí”) descobriu que substâncias ferromagnéticas de desmagnetizam a temperaturas específicas (mas pode-se imantar o material novamente). Ímãs artificiais são produzidos assim: elevando a temperatura de um material ferromagnético acima do ponto de Curie e então submetendo-o a um campo magnético enquanto esfria.
  - a. Atribui-se o efeito à agitação molecular, que desfaz o alinhamento dos ímãs elementares. Conteúdo na p. 156 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015.
6. É possível gerar movimento com esse efeito! Temos por exemplo o motor térmico por efeito Curie, o pêndulo de Curie ou a balança de Curie<sup>16</sup>.
7. **PARA CASA:**
  - a. Mais exercícios sobre propriedades magnéticas da matéria e ponto Curie (no livro Física: Aula por Aula PNLD 2015, exercícios 6 a 11 da p. 157), e/ou;
  - b. Desenhar e descrever o funcionamento de um motor, pêndulo ou balança por efeito Curie. Buscar esses termos no YouTube;
  - c. Desafio: montar um dispositivo desses.

---

<sup>16</sup><https://www.youtube.com/watch?v=-cJ0VS3K34I>,  
<https://www.youtube.com/watch?v=Zbx0wVUeCdE> e  
<https://www.youtube.com/watch?v=nKIUPn0QA9g>.

## Aula 10: Força Magnética

### Estratégia:

- Verificar se há dúvidas sobre as questões que foram para casa;
- Nessa aula abordaremos a questão geométrica tridimensional da Força Magnética, (o produto vetorial de  $\vec{v} \times \vec{B}$ ), e para isso é interessante escolher uma das formas de utilizar as mãos: o livro “Física: aula por aula” de 2015 apresenta a “regra da mão esquerda”, para que não se confunda com a regra da mão direita apresentada anteriormente. Nessa regra, o dedo médio aponta a direção e sentido de  $\vec{v}$ , o indicador a direção e sentido de  $\vec{B}$  e o polegar a direção e sentido de  $\vec{F}$  (para cargas negativas basta inverter o sentido de  $\vec{F}$ ). Costumo seguir o livro para que os alunos tenham essa referência de estudo sem confusão, apesar de considerar ruim usar duas regras tão diferentes quando o raciocínio geométrico é tão semelhante. De todo modo, escolha a forma de apresentar a regra com antecedência, talvez a do livro-texto em uso: regra da mão direita, regra da mão esquerda, ou mesmo regra “do tapa”;
- **Caso o tempo fique curto, dê preferência aos testes conceituais** (auxiliam na consolidação do conteúdo que acaba de ser visto) e pule ou passe para a aula seguinte: o vídeo, a demonstração com barbante e/ou a montagem com os palitos.

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
- Carregar no computador também o vídeo “Experimento da relação carga/massa do elétron - prof. Nikolai”, deixando pronto para exibição. Link: <https://youtu.be/nAgyY5jeBcM> (importante: testar a qualidade do som e da imagem com antecedência, se preferir pule apenas para a parte com os elétrons sendo defletidos, no tempo 2min55s, **ajuste brilho e contraste até enxergar o feixe azul**);
- Um pouco de massa epóxi ou de modelar;
- 3 palitos de churrasco;
- 3 quadradinhos de papel;
- 3 pedaços de fita adesiva.
- 1m de cordão (linha 10, barbante, etc.) com uma borracha presa na ponta.



Experimento da relação carga/massa do elétron - prof. Nikolai



### Em sala:

1. Relembrar do trem magnético mostrado na apresentação inicial: será que já podemos explicar seu funcionamento? Ele é erguido por repulsão ou atração magnética (há diferentes métodos com bobinas, com supercondutores e com ímãs permanentes) e propulsionado por bobinas colocadas nos trilhos.

2. Vimos como a movimentação de cargas elétricas (corrente) produz campos magnéticos. Devido a isso, uma carga elétrica em movimento numa região com campo magnético interagirá com ele, sofrendo a ação de uma **força magnética**.
3. Apresente o conceito de força elétrica, a equação e a regra da mão, conforme conteúdo das p. 158, 159, 162 e 163 (não é necessário equacionar o raio e o período do movimento) do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015.
4. Para auxiliar a visualização tridimensional, peça ajuda a um aluno para fazer uma bolota de massa enquanto outros fazem “bandeirinhas” com os 3 palitos: escrever  $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$  e  $\vec{F}$  com uma caneta grossa nos papezinhos e fixar cada um na extremidade de um palito usando a fita. Em seguida peça que unam os 3 palitos corretamente com a massa, de acordo com a regra. Importante frisar que o ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  não precisa ser reto, mas entre  $\vec{v}$  e  $\vec{F}$  e entre  $\vec{B}$  e  $\vec{F}$  (entre  $\vec{F}$  e o plano formado por  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ ) é sempre reto. Lembrar de abordar o caso das cargas negativas, com  $\vec{F}$  oposto.
5. A força magnética atua sempre perpendicularmente à velocidade da partícula... o que isso quer dizer? Que efeitos produz? É uma força centrípeta! Utilize o cordão para ilustrar seus efeitos.
6. Provocar a reflexão: será que partículas carregadas ficariam girando? Em que situação temos algo parecido? A imagem do televisor com tubo de raios catódicos é formada assim. Exibir o vídeo do experimento da relação carga/massa ( $e/m$ ) para um exemplo direto para utilizar a “regra da mão esquerda” (ou outra escolhida) no momento oportuno. Se preferir utilize apenas a parte que mostra a ampola com o feixe de elétrons, em 2min55s.
7. Distribuir os cartões coloridos e utilizar as questões conceituais 7 em diante da apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo” (disponível na pasta compartilhada<sup>17</sup>), com a dinâmica de Instrução pelos Colegas. Os últimos retomarão assunto da aula anterior.
8. **PARA CASA:**
  - a. Quais os benefícios/vantagens que o uso dos trens de levitação magnética apresenta? (Leitura da p. 161 e atividade 1 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015);
  - b. O que são, como são formados e qual a importância dos cinturões de Van Allen para a vida na Terra? (Leitura da p. 165 e atividades 1 e 2 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015).
  - c. O que são e como se formam as auroras boreais e austrais?
  - d. Trazer o livro na próxima aula.

---

<sup>17</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

## Aula 11: Exercícios sobre Força Magnética

### Estratégia:

- Finalizar atividades ou demonstrações que possam ter ficado pendentes da última aula;
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.

### Recursos e materiais:

- Exercícios selecionados sobre ferromagnetismo, paramagnetismo e diamagnetismo, imantação, histerese e ponto Curie. Inclua questões sobre a força magnética sobre condutores paralelos (exercícios 1, 3, 4, 5, 7, 8, e 10 da p. 157, exercícios 1, 4, 5 e 6 das p. 159 e 160, exercícios 1, 5 e 6 da p. 164, exercícios 1, 2 e 5 da p. 167 e exercícios 1, 3 e 5 das p. 169 e 170 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015);
- Ímãs e mais alguns materiais da aula 9, para ajudar a esclarecer dúvidas.

### Em sala:

1. Propor os exercícios selecionados (como são muitos, parte ficará para casa);
  - a. Atenção: o gabarito correto da questão 5 da p. 157 é letra b, e não c, como consta no livro.
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
3. **PARA CASA:**
  - a. Finalizar a resolução dos exercícios iniciada em sala.

## Aula 12: Indução Eletromagnética

### Estratégia:

- Os materiais desta aula são os mais difíceis de serem providenciados, no entanto são duráveis e podem ser reutilizados anualmente:
  - o amperímetro com o ponteiro no zero central visa indicar com clareza quando há corrente induzida em ambos os sentidos, no entanto pode ser substituído por outros amperímetros, com as devidas adaptações na apresentação;
  - as bobinas, idealmente com centenas de voltas, podem ser construídas, se houver disponibilidade;
  - canos de cobre ou alumínio podem ser encontrados em loja de ferragens, metais ou alumínio.
- Há um arquivo com testes conceituais sobre indução eletromagnética na pasta compartilhada, apesar da sequência didática não ter reservado um momento para eles, priorizando otimização do tempo e abordagem experimental. Fica como uma opção para ser utilizada em conjunto ou na sequência desta aula, antes dos exercícios.

### Recursos e materiais:

- Amperímetro (galvanômetro) de ponteiro com zero central;
- 2 bobinas com núcleo ferromagnético;
- Cabos
- Um pedaço de fio rígido ou arame com pelo menos 30cm, para fazer uma argola;
- Cano de PVC de 1 metro de comprimento;
- Cano de alumínio ou cobre de 1 metro de comprimento;
- Ímãs que passem pelos canos;
- Um transformador de tensão (pode estar queimado, é para ilustrar).

### Em sala:

1. Preparar a montagem com bobina e núcleo, conectada ao amperímetro de ponteiro com zero central (o experimento está ilustrado na p. 177 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015). Utilizar um ou mais ímãs para passar próximo à bobina, fazendo o ponteiro mover-se (cuidado para não induzir corrente excessiva para o amperímetro: não permita que o ponteiro alcance os extremos da escala, afaste o ímã ou use um com campo menos intenso). Perguntar aos alunos o que está acontecendo. Faça repetidamente a sequência: aproximar o ímã, parar, afastar o ímã.
  - a. Certifique-se de que todos percebam que o ponteiro só se move enquanto o ímã se move. Experimente inverter a posição do ímã.
2. Seguir com conteúdo das p. 173 e 174 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015. Faraday descobriu essa forma de gerar corrente elétrica e a denominamos “variação do fluxo magnético”. Fluxo magnético é soma da intensidade de cada vetor campo magnético  $\vec{B}$  que está contida em uma determinada região (área). Podemos pensar em linhas de campo: quanto mais linhas de campo atravessam uma espira/bobina, maior o fluxo magnético lá. **Atenção: o fluxo é estático: nada “flui” de fato, a menos que o ímã se mova.**

*Esta palavra é ótima para gerar a concepção alternativa de que o campo é dinâmico, e não estático.* Por isso que ao mover o ímã promovemos “variação do fluxo”,  $\Delta\Phi$ , ou seja, a quantidade de linhas de campo que atravessam a espira/bobina muda, e essa mudança induz corrente elétrica.

- a. Aumentar o fluxo gera corrente num sentido, enquanto reduzi-lo gera corrente no sentido oposto. Inverter o sentido das linhas de campo também inverte o sentido da corrente induzida.
3.  $\Phi = BA \cos \theta$ : Para explicar o conceito de que o fluxo magnético  $\Phi$  através de uma espira varia com a área  $A$  da espira e com o ângulo entre o vetor campo magnético  $\vec{B}$  e o vetor normal  $\vec{n}$  à espira, tal como nas figuras da p.174 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015, faça uma espira (um círculo) com o fio e utilize uma lanterna como a do celular para projetar a sombra do fio na parede. Note que:
  - a. mais luz passa pelo anel (a projeção do círculo é maior) quando os raios de luz e a normal à espira estão paralelos ( $\theta=0^\circ$ );
  - b. a quantidade de luz que atravessa o anel diminui à medida que o inclinamos ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ );
  - c. nenhuma luz o atravessa quando a normal à espira está perpendicular aos raios de luz ( $\theta=90^\circ$ ).
  - d. Faça uso de perguntas para a classe para que eles revelem as respostas: “Em qual posição mais raios passam pela argola?”, “Em qual posição menos raios passam pela argola?” e “De que outras maneiras podemos aumentar ou diminuir essa quantidade de raios de luz?” (Aproximando e afastando a lanterna, com mais lanternas ou usando uma mais potente.)
  - e. Transpor essa ideia para linhas de campo magnético: os raios de luz estão representando as linhas de campo, a lanterna, de certa forma, poderia ser um ímã.
  - f. No cálculo do fluxo magnético utilizamos o cosseno do ângulo entre a normal ao plano da espira e as linhas do campo. É o cosseno porque tem seu valor máximo em  $0^\circ$  e mínimo em  $90^\circ$ .
4. Seguir com conteúdo das p. 175 e 176 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015. Lei de Lenz: *como saber o sentido da corrente que é induzida? Vamos tentar responder a essa questão com outro experimento?*
  - a. Chamar voluntários, entregar 1 a 3 ímãs de neodímio e 1 cano para cada.
  - b. Orientar para que soltem os ímãs no “já”.
  - c. Discutir o que aconteceu.
  - d. O ímã freou! Vamos analisar no que isso implica:
  - e. Se o polo Norte vai na frente, por exemplo, a passagem do ímã induz uma corrente circular no cano que deve criar um polo Norte à frente dele (atrás também surge um Norte, que atrai o Sul do ímã), repelindo-o e freando-o.
  - f. Lenz observou que a corrente induzida ocorre sempre no sentido de produzir um campo que “se opõe à variação do fluxo que a originou”. Ou seja, teremos sempre freios magnéticos, e não aceleradores.
5. Apresentar a lei de Faraday-Newman, enfatizar o papel do sinal negativo;
6. Por fim, explicar o que é um transformador, como ele funciona e sua importância na transmissão de energia elétrica das usinas até os centros consumidores (conteúdo nas p. 180 e 181 do livro Física: Aula por Aula PNLD 2015).

- a. Ajuda bastante ter um transformador à mão. Pergunte aos alunos se o transformador funcionaria com corrente contínua.
- b. Apresente as equações  $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p}$  e  $U_p i_p = U_s i_s$ .

**7. PARA CASA:**

- a. O que é e como funciona um alternador? Como a intensidade da corrente elétrica produzida por ele varia com o tempo? (Texto e atividades das p. 184 e 185 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015);
- b. Pesquisar: o que são e como funcionam os freios magnéticos? Onde são utilizados?
- c. Trazer o livro para aula de exercícios.

## Aula 13: Exercícios sobre Indução Eletromagnética

### Estratégia:

- Finalizar atividades ou demonstrações que possam ter ficado pendentes da última aula;
- O arquivo “Testes Conceituais sobre Indução Eletromagnética” disponível na pasta compartilhada<sup>18</sup> contém testes para os quais não reservamos um momento na sequência didática. Priorizamos a otimização do tempo e a abordagem experimental. Fica como uma opção para ser utilizado antes dos exercícios.
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.

### Recursos e materiais:

- Exercícios selecionados sobre fluxo magnético e corrente induzida, lei de Lenz, lei de Faraday-Newman e transformadores: exercícios 1, 2, 3, 8, 9, das p. 177 e 178 e exercícios 1 a 4 das p. 182 e 183 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015);
- Materiais da aula anterior para ajudar a esclarecer dúvidas.

### Em sala:

1. Propor os exercícios selecionados;
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
3. Tirar dúvidas sobre os trabalhos (caso tenha sido proposto);
4. **PARA CASA:**
  - a. Exercícios adicionais: questões 4, 6, 7, 10 e 12 das p. 177 e 178 e questão 5 da p. 183 do livro Física: Aula por Aula PNL D 2015.

---

<sup>18</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing>

## Aula 14: Motores e Geradores

### Estratégia:

- Propor um trabalho experimental em grupo que emprega os conceitos de indução eletromagnética.

### Recursos e materiais:

- Cada grupo terá seu experimento com demanda específica de material. Materiais típicos: pedaços de cano de pvc, ímãs, fio, LEDs, transistores, fita isolante, alfinetes grandes de fralda, pilhas, baterias.
- Os alunos podem apresentar dificuldade em encontrar fio de cobre esmaltado fino para enrolar bobinas. Se houver condições a escola poderia adquirir um rolo grande (1kg de fio com espessura 28 ou 30 awg) e oferecer pedaços aos alunos.
- Ímãs também podem ser um problema, se for emprestar ímãs, mantenha registro!

### Em sala:

1. Formar grupos com os alunos da sala, anotar;
2. Propor que cada grupo monte, traga e apresente um aparelho que funcione com base em indução eletromagnética. Sugestões:
  - a. Motor elétrico<sup>19</sup>;
  - b. Motor homopolar<sup>20</sup>;
  - c. Gerador eletromagnético<sup>21</sup>;
  - d. Trem magnético<sup>22</sup>;
  - e. Mini bobina de Tesla<sup>23</sup>;
  - f. Transmissor de energia sem fio<sup>24</sup>;
3. Você pode acompanhar de perto a escolha de temas e permitir que peguem experimentos iguais ou não. Caso tenha experimentos iguais, pode ser que opte pelos grupos explicarem apenas para você, de forma a não copiarem a explicação um do outro. No entanto uma demonstração e explicação para toda a turma será muito mais proveitosa para todos!
4. Este é um bom momento para discutir a importância ecológica dos meios de transporte baseados em eletricidade, a popularização (ou não) dos carros elétricos (sobre isso o documentário “Quem matou o carro elétrico”, de 2006, é fascinante), e a eficiência comparada dos motores. É tão simples produzir um motor elétrico, não é? E, no entanto, continuamos empregando tanto combustível fóssil.

Seguem algumas imagens dos trabalhos apresentados pelos alunos na primeira aplicação:

---

<sup>19</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>

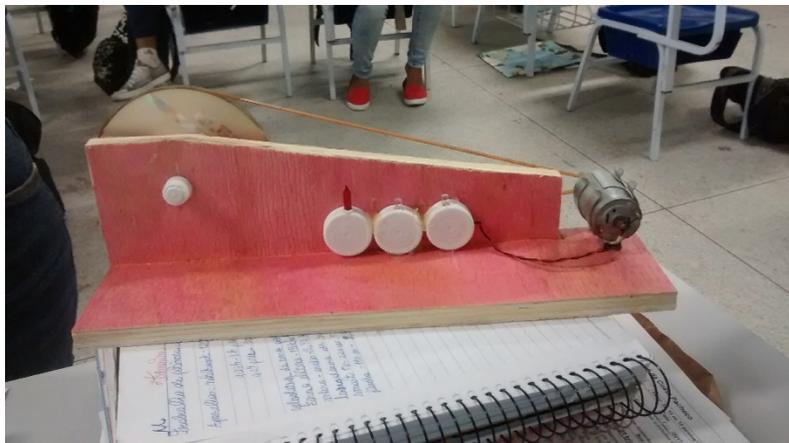
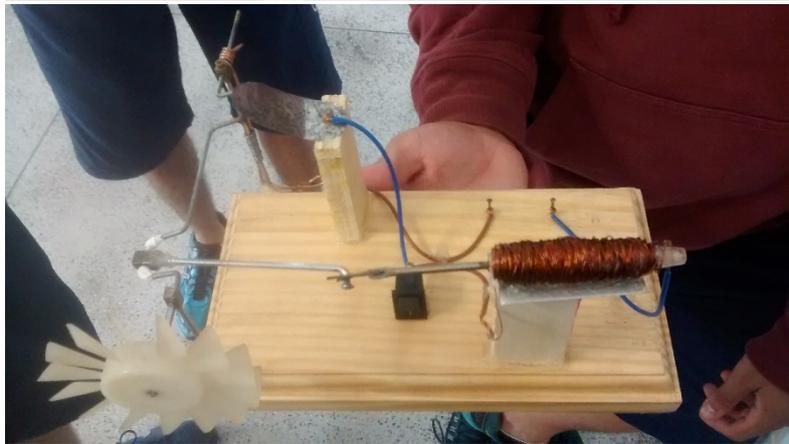
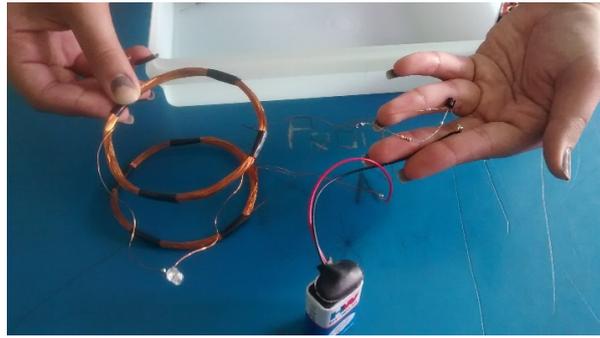
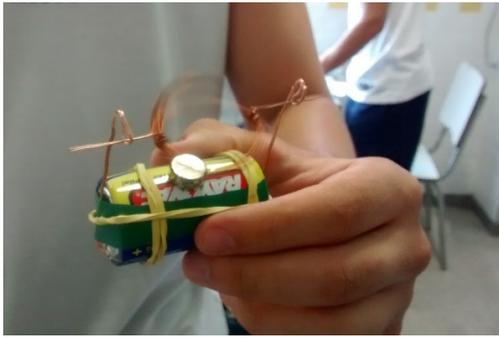
<sup>20</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=OVPTYPBw1Mk> e <https://www.youtube.com/watch?v=pLbY5ykcGb0>

<sup>21</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=EzEw\\_Mg0rcU](https://www.youtube.com/watch?v=EzEw_Mg0rcU)

<sup>22</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=eTjrWF8sOHw&t=73s>

<sup>23</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=w2bZGKNwB4Y>

<sup>24</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=sMfAotrPEkI>



## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.30, n.2, p.362-384, abr. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>>. Acesso em: 15 out. 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003. Disponível em <[http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna: 3º ano**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

BRASIL. **PCN + ensino médio: física**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>. Acesso em 13 jun. 2019.

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. D. (Orgs.) **Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. cap. 1, p. 13-42.

CROUCH, C. H. et al. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. In REDISH, E. F.; COONEY, P. J. **Research-Based Reform of University Physics**. Vol 1. College Park: American Association of Physics Teachers, 2007. Disponível em: <<http://www.per-central.org/document/ServeFile.cfm?ID=4990>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **The Feynman Lectures on Physics, Volume II**. California Institute of Technology. Disponível em: <[http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_toc.html](http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html)>. Acesso em: 16 jun. 2019.

GASPAR A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GUNSTONE, R. 'Fields, force, energy and potential': alternative conceptions, analogies and learning. In: **Unit 3 Course Planning Days**. Vicphysics Teachers' Network. Victoria (Austrália) Nov. 2016. Disponível em: <[https://www.vicphysics.org/documents/teachers/unit%203%20phys%20presentation Nov16.ppt](https://www.vicphysics.org/documents/teachers/unit%203%20phys%20presentation%20Nov16.ppt)> Acesso em: 14 jun. 2019.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

INEP. **Matriz de referência Enem**. 2012. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)> Acesso em: 24 set. 2018.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: jul. 2018.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es Aprendizaje Significativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha, n. 25 (mar. 2012), p. 29-56. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96956/000900432.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2019. [Versão em português disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Porto Alegre, 2012. Acesso em: jul. 2018.]

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2016. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

PAEBES. **Matriz de Referência Ciências da Natureza 3ª série EM**. Disponível em: <<http://www.paebes.caedufjf.net/wp-content/uploads/2012/05/PAEBES-2015-MATRIZ-CN-3EM.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

PAEBES. **Matriz de referência do 3º ano em Física**. Disponível em: <[http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES\\_PAEBESFisica3EM.pdf](http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES_PAEBESFisica3EM.pdf)> . Acesso em 05 out. 2014.

PRECONCEPTIONS. Illinois State University, Department of Physics. Disponível em: <[http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas\\_preconceptions.pdf](http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas_preconceptions.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2017. Disponível também em

<[http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas\\_preconceptions](http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas_preconceptions)>. Acesso em: 23 nov. 2018. (O domínio foi movido para <[physics.illinoisstate.edu](http://physics.illinoisstate.edu)>).

SEDU (Espírito Santo). **Currículo Básico Escola Estadual**: Ensino médio, v. 02 - Área de Ciências da Natureza. Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU\\_Curr%C3%ADculo\\_Basico\\_Escola\\_Estadual\\_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curr%C3%ADculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SEDU (Espírito Santo). **Orientações Curriculares para as Escolas da Rede Estadual de Ensino 2017**. SEDU, 2017. Disponível em: <[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1\\_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf)>. Acesso em 27 ago. 2018.

SEDU (ES). **Orientações curriculares para as escolas da rede estadual de ensino**. Anexo 02 - Ensino Médio Regular. 2017. Disponível em: <[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3\\_Ensino%20Medio%20Regular.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3_Ensino%20Medio%20Regular.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, 2009.

VALADARES, J. A. de C. S. **Concepções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência**. 1995. 821 f. Tese (Doutorado em Ciências da Educação) - Universidade Aberta. Lisboa.

VALADARES, J. A. de C. S.; MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa: sua Fundamentação e Implementação**. Coimbra: Almedina, 2009.

## Roteiros para cópia/impressão

Nas páginas seguintes:

## Explorando Ímãs

*Objetivo da atividade: constatar a presença e a atuação do campo magnético.*



Atenção: mantenha os ímãs longe de aparelhos celulares, pendrives e cartões magnéticos.



**Procedimentos experimentais:**

1. Formem grupos com 4 ou 5 componentes, utilizem caneta para preencher os quadros que seguem.
2. Levantem hipóteses sobre a questão: *quais materiais os ímãs atraem e quais eles não atraem?* Listem nomes de materiais que temos em sala, utilizem o espaço abaixo:

Materiais que o ímã atrai		Materiais que o ímã <u>não</u> atrai	

3. Peguem um ímã com o professor e façam testes. Marquem os itens acima com "✓" nas previsões confirmadas e com "X" nas demais.



*O que será que causa essa diferença? Afinal, toda a matéria é feita de átomos!*

4. Discutam a questão: *o que acontece quando dois ímãs se aproximam?* Escreva sua hipótese:

Hipótese:	
-----------	--

5. Peguem outro ímã e experimentem com ambos. A hipótese foi confirmada ou precisa de adequação? Se necessário, reescreva-a no espaço acima, à direita.
6. Coloquem um punhado de *limalha de ferro* sobre uma bandeja de isopor. Aproxime um ímã **por baixo da bandeja**. Mova-o e observe os padrões formados pela limalha: como ela se distribui?
7. Experimentem deixar o ímã por baixo da folha e pulverizar a limalha sobre ela, pouco a pouco. Desenhem o padrão formado pela limalha:

8. Peguem um pedaço de fio com o professor e usem para pendurar um dos ímãs: amarrem uma das pontas do fio no meio do ímã, de forma que ele fique equilibrado.
9. "Mergulhem" esse ímã no pote de limalha (olha a bagunça! =) e observem: há alguma relação com o desenho feito acima?
10. Peguem a estrutura de madeira com o professor e prendam o fio para que o ímã fique pendurado e livre para girar. Qual a maior distância na qual é possível colocar um objeto e perturbar esse ímã?
11. Mantenham a estrutura longe de tudo que possa desviar o ímã: vocês conseguem deixá-lo parado numa só posição? Será que ele fica parado em qualquer posição? Compare com os outros grupos.

## A histerese nossa de cada dia

*Objetivo da atividade: constatar a histerese (imantação) em materiais ferromagnéticos, e suas aplicações.*

! Atenção: mantenha os ímãs longe de aparelhos celulares, pendrives e cartões magnéticos. !

**Procedimentos experimentais:**

1. Primeira parte:

- a. Formem grupos com 4 ou 5 componentes, busquem o material referente a primeira parte com o professor. **Não encostem os ímãs em nada ainda.**
- b. Deixando os ímãs distantes, verifiquem se os demais objetos estão imantados. Tente erguer pequenos objetos apenas encostando os pregos neles, por exemplo.
- c. Agora peguem os ímãs e usem a criatividade: usando o magnetismo, de que formas é possível erguer os pequenos objetos sem que encostem diretamente nos ímãs? (Não tem mais problema encostar, basta afastar novamente). Em seguida preencha os campos:

Desenhe ou descreva as possibilidades encontradas:	Quais utilidades esses artifícios podem ter?

d. Repita o passo “b”. O resultado é o mesmo? Por quê?

2. Segunda parte:

- a. Busquem fio, pilha e lixas com o professor.
- b. Enrolem o fio ao redor do prego/parafuso, formando um solenoide com o máximo de voltas possível. Distribuam bem as voltas, sem sobrepô-las.
- c. Com a lixa, removam o esmalte isolante de cerca de 2cm de fio junto a cada uma das pontas.
- d. Junte um punhado de pequenos objetos metálicos na mesa, fechem o curto-circuito com a pilha (cuidado, o fio vai aquecer bem!) e tente erguê-los com este aparelho.
- e. O que houve? O que acontece quando o circuito é reaberto? Há magnetismo residual no aparelho?

3. Terceira parte:

- a. Devolvam todo o material, menos um ímã, e busquem com o professor: um recipiente, um pedaço de papel e a agulha (atenção para não se furar, e **não a aproxime do ímã ainda**).
- b. Coloquem água no recipiente, deixem um espaço vazio para que não transborde caso precisem buscar a agulha no fundo.
- c. Coloquem a agulha para “flutuar” na água, soltando-a delicadamente, deitada, sobre a superfície da água. Caso afunde, busque-a no fundo e seque-a bem antes de tentar novamente (uma tática é colocar um pedacinho de papel na água, e então a agulha por cima). **O ímã e qualquer material ferromagnético devem ficar afastados do experimento.**
- d. Aguardem até que a agulha pare de girar e observem a direção que aponta, comparem com a da bússola.
- e. Experimente aproximar o ímã lentamente da agulha. A partir de qual distância é possível perceber uma perturbação? Experimente inverter o ímã, girando.
- f. Peguem a agulha, sequem bem e passem levemente o ímã nela, com o mesmo lado e apenas num sentido, várias vezes. Repitam os passos “c” e “d”. O que houve? Por quê?
- g. Como conferir o apontamento de uma bússola caseira como essa sem outra bússola? Onde está o norte geográfico (“verdadeiro”)?