

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – IFAM  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

LUIZ GUSTAVO TEIXEIRA DA SILVEIRA

O ELETROMAGNETISMO ENSINADO ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E  
APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS.

Manaus

2018



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE  
NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE  
FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



O ELETROMAGNETISMO ENSINADO ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E  
APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS.

**Luiz Gustavo Teixeira da Silveira**

**Orientador: Profº Dr. Igor Padilha**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 4.

Manaus

2018

---

S587e Silveira, Luiz Gustavo Teixeira da.

O eletromagnetismo ensinado através da construção e aplicação de experimentos. / Luiz Gustavo Teixeira da Silveira. – 2018.

91 f. ; il.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Igor Tavares Padilha.

Acompanha produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Eletromagnetismo. 3. Teoria dos campos conceituais. I. Padilha, Igor Tavares. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.141

---

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597

**LUIZ GUSTAVO TEIXEIRA DA SILVEIRA**

**O ELETROMAGNETISMO ENSINADO ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E  
APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS.**

Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Ministério da Educação, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Sociedade Brasileira de Física, Recursos para o Ensino de Física e Novas Tecnologias.

Banca Examinadora:

.....  
Prof. Dr. Igor Tavares Padilha – UFAM

.....  
Prof. Dr. Denilson Borges da Silva – UFAM

.....  
Prof. Dr. Francisco Dinóla Neto - UNINORTE

Conceito:.....

Manaus, \_\_\_\_ de julho de 2018.

*Dedico aos meus pais, pois mesmo nas dificuldades, me ensinaram a nunca desistir dos meus objetivos, sendo sempre exemplos de superação, comprometimento e responsabilidade em todos os instantes de suas vidas.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente a DEUS por ter me dado o dom da vida, o da sabedoria e pertinência, nunca desistindo de mim, principalmente nos momentos em que mais fraquejei.

Aos meus pais Luiz Celso e Socorro Silveira, pela força, apoio, compreensão e principalmente por estarem ao meu lado sempre.

Ao professor Dr. Igor Padilha pela orientação, dedicação, atenção e perseverança. Mesmo com todos os problemas e dificuldades sempre mostrou estar ao meu lado e incentivando a prosseguir cada vez mais. Como orientador e professor é um exemplo que pretendo seguir tanto na minha carreira profissional como no lado pessoal. Obrigado.

A Universidade Federal do Amazonas que me proporcionaram a oportunidade de adentrar em um curso de mestrado e ainda me deu toda a infraestrutura para a conclusão do mesmo.

A todo o corpo docente do Mestrado Profissional de Ensino em Física, pelos ensinamentos e experiências repassadas.

A Sarah Regina, que foi uma pessoa que sempre me apoiou, me ajudou, e acreditou que seria possível, tendo uma grande importância na conclusão desta dissertação, me dando forças e acima de tudo compreensão, carinho e amor.

A Sofia Ribeiro, por ter me cobrado e brigado quando eu mais necessitei, mas ainda, me dando apoio, amor, carinho, paz no espírito, animação, principalmente na reta final desta dissertação.

A Beatriz Costa, por ser minha amiga do peito, por nunca me abandonar, e sempre ter tempo disponível para uma palavra amiga, para os momentos de fraqueza, para os momentos de estresse, por estar sempre comigo.

Aos meus amigos Marcos Vinícius, Niniv Mendonça, João Carlos, Sheila Poinho, por todos os momentos de alegria, diversão e ajuda na minha construção acadêmica e profissional.

Aos amigos que conquistei durante o tempo de curso, Alê Cruz, Cristina Campos, Jordan Henrique, pelas trocas de informações, conhecimentos, risos e companheirismo.

A direção da Escola Estadual Sant'Ana, na representação do meu amigo e gestor Julio Viana, que me deu auxílio e ajuda na aplicação do projeto nas dependências da escola, e ainda por acreditar no meu trabalho como professor.

E ainda aos meus alunos que participaram diretamente deste projeto de mestrado, Mylenna Oliveira, Joana D'Arc, Thiago Damaceno, Allan Martins, Richard Oliveira, Iago Henrique, Caio Eduardo, por confiarem nos meus ensinamentos e ainda por todo o respeito e carinho como professor.

## RESUMO

A teoria dos Campos Conceituais de Vergaud foi utilizado a fim de avaliar o desenvolvimento cognitivo decorrente à aplicação de experimentos de baixo custo dentro do contexto do Eletromagnetismo para alunos da Terceira série do Ensino Médio da Escola Estadual Sant'Ana. Os experimentos construídos e aplicados foram um Gerador de Van der Graf feito com garrafas PET's e um modelo representativo de uma Hidrelétrica. Ainda foi aplicado uma simulação computacional, da plataforma PHET, para montagem de circuitos elétricos. De forma geral, a linguagem técnica e científica aliado ao aprendizado dos conceitos básicos do Eletromagnetismo foi bem desenvolvida nas turmas A e B, turmas ao qual se aplicou os experimentos. Outra característica dessas turmas foi ter um bom desempenho nos testes aplicados e nas discussões em sala de aula. Entretanto, a turma C, turma ao qual se aplicou o método tradicional, teve um desempenho abaixo em todos os aspectos quando comparados as outras turmas. Esse rendimento se deve a inúmeros fatores como: falta de interesse, dificuldade na disciplina, falta de base matemática e lingüística, e a não contextualização da disciplina no seu dia-a-dia. No ponto de vista da Teoria dos Campos Conceituais, o fato das turmas A e B terem um bom rendimento é aliado ao protagonismo do aluno no processo ensino-aprendizagem, fazendo com que o professor fosse apenas um mediador deste processo. Outra análise se faz referente à resolução de exercícios, pois segundo Vergnaud, esta prática é de suma importância para a aprendizagem do aluno no ensino de Matemática e Física. No entanto, a turma C, mesmo com a resolução de inúmeros exercícios resolvidos, mostrou ainda um rendimento abaixo do esperado quando comparado com as outras turmas. Isso se deve, principalmente, a mecanização da resolução de exercícios fazendo com que o aluno não pense nos conceitos físicos e matemáticos envolvidos e sim use da lembrança de ter resolvido algum outro exercício parecido. Este fator é eficaz, no ponto de vista de “passar de ano” e vestibulares, mas, é ineficaz quando se trata de aprender realmente o conceito físico na questão.

**Palavras-Chave:** Ensino de Física, Ensino Médio, Eletromagnetismo, Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, Experimentos.



## ABSTRACT

A Vergnaud's Theory of Conceptual Fields was used to evaluate cognitive development due to the application of experiments of low cost within the context of Eletromagnetism for students in the Third Grade of High School of the State School Sant'Ana. The experiments are designed and applied for the Van der Graf generator, with PET bottles and a representative model of a Hydrometer. It was still applied a computational simulation, gives platform PHET, for assembly of electrical circuits. In general, a technical and scientific language allied to or learned two basic concepts of eletromagnetism foi bem unfolded in the classes A and B, classes to which the experiments were applied. Another characteristic is that we have a good idea of how we apply our applied tests in the classroom. In the meantime, to class C, class to which it is applied or traditional method, it has to work in all aspects when compared to other turmas. This performance is revealed to numerous factors such as: lack of interest, difficulty in discipline, lack of mathematical and linguistic basis, and a contextualization of discipline not on a day-to-day basis. I do not point out the Theory of Conceptual Fields, or fact of the classes A e B have a good income and allied to or protagonism of student in the teaching-learning process, making the teacher were just a mediator of this process. Another analyze was related to the resolution of exercices, by the second Vergnaud, this practice and of great importance for the apprenticeship of the non-ensino of Mathematics and Physics. However, the class C, even with the resolution of numerous exercises solved, showed a below-expected yield when compair with another class. This should, mainly, to mechanization of solving exercises by having the student so that the student does not think about the physical and mathematical concepts involved but use the reminder that you have solved some other similar exercise. This fator is effective, I do not put of sight of "passing year " and college entrance exams, but, and ineffective when it comes to actually learning the physical concept in the matter.

**Keywords:** Physics Teaching, Secondary Schooling, Eletromagnetism, Theory of Conceptual Fields of Vergnaud, Experiments.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| LISTA DE FIGURAS.....                                | 13 |
| LISTA DE TABELAS.....                                | 15 |
| CAPÍTULO 1.....                                      | 16 |
| INTRODUÇÃO.....                                      | 16 |
| 1.1 Problemas da Pesquisa.....                       | 16 |
| 1.2 Justificativa.....                               | 17 |
| 1.3 Hipótese.....                                    | 17 |
| 1.4 Objetivo Geral.....                              | 18 |
| 1.4.1 Objetivos específicos.....                     | 18 |
| CAPÍTULO 2.....                                      | 19 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                           | 19 |
| 2.1 Livros PNL D 2018.....                           | 19 |
| 2.2 Estado da Arte da TCC de Vergnaud.....           | 23 |
| CAPÍTULO 3.....                                      | 25 |
| TEORIA DE VERGNAUD.....                              | 25 |
| 3.1 Um breve histórico sobre a vida de Vergnaud..... | 25 |
| 3.2 Campos Conceituais.....                          | 25 |
| 3.2.1 Conceito.....                                  | 26 |
| 3.2.2 Situação.....                                  | 27 |
| 3.2.3 Esquemas.....                                  | 28 |
| 3.2.4 Invariantes Operatórios.....                   | 29 |
| 3.2.5 Conhecimentos Prévios.....                     | 31 |
| 3.2.6 Papel do Professor na TCC.....                 | 32 |
| 3.2.7 Resolução de Problemas.....                    | 34 |
| 3.2.8 Pesquisa.....                                  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 4.....  | 37 |
| FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO ELETROMAGNETISMO.....                    | 37 |
| 4.1 Um breve histórico.....                                      | 37 |
| 4.2 Eletrostática.....   | 38 |
| 4.3 Eletrodinâmica.....  | 39 |
| 4.4 Eletromagnetismo.....  | 40 |
| <br>   |    |
| CAPÍTULO 5.....  | 42 |
| MATERIAIS E MÉTODOS.....   | 42 |
| 5.1 Metodologia.....   | 42 |
| 5.1.1 Turmas de aplicação do produto.....                        | 42 |
| 5.1.2 Local de aplicação.....                                    | 43 |
| 5.1.3 Experimentos.....  | 43 |
| 5.1.4 Dados.....   | 45 |
| 5.2 Função do Professor.....                                     | 47 |
| <br>   |    |
| CAPÍTULO 6.....  | 48 |
| SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM PROPOSTA.....                 | 48 |
| 6.1 Sequência Didática.....                                      | 48 |
| 6.1.1 Conceito.....  | 48 |
| 6.1.2 Estrutura.....   | 48 |
| 6.2 Análise da Sequência Didática.....                           | 51 |
| <br>   |    |
| CAPÍTULO 7.....  | 53 |
| APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO E<br>APRENDIZAGEM..... | 53 |
| 7.1 Aulas.....   | 53 |
| 7.2 Resultados.....  | 61 |
| 7.3 Discussão dos Resultados.....                                | 83 |

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 8.....                          | 87 |
| CONCLUSÕES.....                          | 87 |
| 8.1 Sugestão para trabalhos futuros..... | 88 |
| REFERÊNCIAS.....                         | 89 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.1– Representação gráfica de uma situação diante de um determinado conhecimento operatório (1° caso). FONTE: JENSKE,2011.....                | 29 |
| Figura 3.2 - Representação gráfica de uma situação a qual o sujeito se depara com um conhecimento não operatório (2° caso). FONTE: JENSKE, 2011..... | 29 |
| Figura 3.3 - Figura 3.3 Representação gráfica do conceito de invariantes operacionais. FONTE: JENSKE, 2011.....                                      | 30 |
| Figura 3.4 - Figura 3.4 Mapa conceitual da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. FONTE: Moreira, 2002.....                                      | 31 |
| Figura 7.1 - Gerador de Van der Graf feito com materiais recicláveis e de baixo custo. Fonte: Próprio autor.....                                     | 55 |
| Figura 7.2 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 1 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.....                                       | 57 |
| Figura 7.3 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 2 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.....                                       | 57 |
| Figura 7.4 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 3 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.....                                       | 58 |
| Figura 7.5 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 4 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.....                                       | 58 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 7.6 – Primeira parte do Experimento E3. Fonte: Próprio autor.....   | 60 |
| Figura 7.7 – Experimento E3 completo. Fonte: Próprio autor.....  | 60 |
| Figura 7.8 - Apresentação do Experimento E1 pela turma A na FCA 2017.....  | 68 |
| Figura 7.9 - Apresentação do Experimento E1 pela turma A na FCA 2017.....  | 69 |
| Figura 7.10 - Apresentação do Experimento E3 pela turma B na II Feira de BioExatas da Escola Estadual Sant’Ana 2017..... | 78 |
| Figura 7.11- Apresentação do Experimento E3 pela turma B no II CONCEPT, no IFAM.....                                     | 79 |

**LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 Avaliação dos livros da PNLD 2018 na disciplina de Física.....   | 22 |
| Tabela 5.1 Etapas do procedimento metodológico e o período de aulas utilizado em cada etapa.....  | 46 |
| Tabela 6.1 Resumo das etapas da sequência didática proposta para o professor e para os alunos.....  | 49 |
| Tabela 6.2 Estrutura da Sequência didática por turmas.....  | 51 |
| Tabela 7.1 - Conteúdo dos vídeos exibidos com os respectivos tempos de duração e endereço eletrônico ao qual são disponibilizados via internet..... | 54 |

# CAPÍTULO 1

## Introdução

O Eletromagnetismo é uma área da Física na qual vem da junção da Eletricidade com o Magnetismo. Mesmo tendo seu início na Grécia Antiga, através da magnetita, esta área ainda é bastante utilizada e estudada na atualidade. Tudo no mundo atual depende de eletricidade, e isso se deve as descobertas e avanços tecnológicos nesta área.

Este fato já seria um bom motivo para o estímulo e motivação para os estudos dos alunos do Ensino Médio nesta área. No entanto, a Física é frequentemente confundida com o estudo da matemática e, com isso acaba ocorrendo falta de interesse por partes dos alunos, devido ao fato dos mesmos não terem compreendido os conceitos físicos e já irem trabalhando com o aparato matemático, cuja maioria dos alunos tem certa dificuldade.

Do mesmo modo, outro fator preponderante para a dispersão dos alunos no ensino de ciências, de modo geral, é a não associação dos conceitos físicos com o seu dia-a-dia.

Dessa forma, o proposto trabalho tem como objetivo, explicar com um maior cuidado e detalhamento o ensino de ciências, com enfoque na área do Eletromagnetismo, mostrando a relação da mesma com situações reais e do conhecimento do aluno.

### 1.1 Problemas da Pesquisa

A tecnologia atual é devida principalmente a descobertas no ramo da Física Moderna e Contemporânea (FMC). No entanto, o estudo do Eletromagnetismo é um dos alicerces da Física Clássica e através dele vários aparelhos indispensáveis para o nosso cotidiano foram criados, como por exemplo: cartões magnéticos, motores, transformadores, eletrodomésticos entre outros. Apesar do conhecimento científico e tecnológico referente a este campo não possa ser aprofundado no Ensino Médio, por conta de conhecimentos matemáticos necessários não serem instruídos nessa fase escolar, é necessário um maior detalhamento e explicação dos conceitos básicos deste conteúdo.



Através disto, a questão principal do problema é como ter um maior detalhamento dos conceitos de Eletromagnetismo para alunos da terceira série do Ensino Médio, de forma a não sobrecarregar os mesmos e, além disso, fazer com que se sintam motivados para adquirirem tal conhecimento.

Como se sabe, no ensino de ciências como um todo, a realização de atividades, na qual o aluno tenha contato com algo relacionado à sua realidade, pode ser um estímulo à reflexão, à crítica, e a busca pela compreensão dos fundamentos científicos referentes aquela realidade. [Lurdes Eliane, 2009]. Dessa forma, a hipótese desse estudo é: Experimentos com materiais do dia-a-dia utilizados em sala de aula, no contexto do Eletromagnetismo, podem acarretar em uma maior qualidade de aprendizagem por parte da comunidade discente.

## **1.2 Justificativa**

Como citado anteriormente, um dos problemas ocorridos no ensino de Física no Ensino Médio se dá por parte da falta de interesse dos alunos e ainda, pela dificuldade por parte dos alunos em noções básicas de matemática. Dessa forma, a criação de uma sequência didática adequada para esse tipo de situação, ou seja, tentar ensinar os conteúdos de Eletromagnetismo com uma abordagem diferente da canônica, aplicando experimentos e após isso tentar sanar qualquer dúvida referente ao conteúdo explanado. Por isso, que se utilizará a teoria de Vergnaud, fazendo com que o aluno seja protagonista do processo de ensino-aprendizagem. A escolha da terceira série do Ensino Médio, é devido principalmente a uma verificação informal de que a maioria dos professores de Física dessa série, não conseguem terminar todo o conteúdo programático, terminando o ano letivo, na maioria das vezes, ensinando somente até a parte de circuitos elétricos. Com isso, o trabalho proposto é uma tentativa de além de ensinar com qualidade, é também uma forma de o professor tentar cumprir todo o conteúdo programático de uma forma diferente da forma usual.

## **1.3 Hipótese**

Dessa forma, a hipótese considerada nesse estudo é: O ensino do Eletromagnetismo com o auxílio de experimentos com materiais do dia-a-dia alteram de forma significativa o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

## 1.4 Objetivo Geral

Para verificar essa hipótese, o objetivo deste trabalho é realizar e desenvolver experimentos de Eletromagnetismo com materiais encontrados no dia-a-dia do estudante, ou recicláveis, a fim de ter um maior envolvimento e compreensão dos alunos em relação aos conteúdos do terceiro ano do Ensino Médio. Para avaliar o conhecimento aprendido, será utilizada a teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

## 1.5 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver uma sequência didática para tornar mais eficiente o processo de aprendizado sobre Eletromagnetismo para alunos do terceiro ano do Ensino Médio;
- b) Desenvolver roteiros de experiências de Eletromagnetismo, com materiais de baixo custo, para cada subtema da grade curricular;
- c) Construir e aplicar em conjunto com os alunos o maior número possível de experiências em sala de aula.

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: no Capítulo 2, é discutido o estado da arte, fazendo uma revisão de como a literatura trata o conteúdo do Eletromagnetismo nos livros da PNL D 2018, e ainda, uma revisão de alguns artigos que tratam sobre a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud aplicado ao ensino de Física e outras disciplinas. No Capítulo 3, apresentam-se as principais características da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. No capítulo 4, fará uma revisão da teoria Eletromagnética, ressaltando os conceitos e propriedades, levando em consideração principalmente o lado fenomenológico. No Capítulo 5, se faz uma breve discussão da metodologia empregada, com o local da pesquisa, a características das turmas analisadas, os experimentos que serão abordados, e a tomada de dados. O Capítulo 6 mostra a estrutura e análise da sequência didática empregada. E finalmente no capítulo 7, o relato do emprego da sequência didática com as turmas selecionadas. Neste capítulo ainda se faz um estudo de se esta sequência didática teve resultados significativos e em quais turmas se teve um melhor aproveitamento.

## CAPÍTULO 2

### Revisão Bibliográfica

Neste Capítulo será abordado como os livros da PNLD 2018 estão discutindo os conteúdos de Física do terceiro ano do Ensino Médio. Ainda se fará uma breve revisão de trabalhos relacionados à Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud dentro do ensino de Física e áreas afins.

#### 2.1 Livros PNLD 2018

A PNLD (Programa Nacional do Livro e do Material Didático) é um programa do Governo Federal tendo por objetivo avaliar e disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias de forma sistemática, regular e, ainda, gratuita a todas as escolas públicas, seja das redes federais, estaduais e municipais.

Para o quadriênio de 2018 a 2021, a PNLD para a disciplina de Física disponibilizou 12 livros didáticos. Na presente dissertação, avaliou-se 9 destes 12, isto sendo devido ao acesso à apenas 9 obras. Como objetivo deste trabalho é avaliar o rendimento dos alunos dentro do contexto do Eletromagnetismo a partir da construção e aplicação de experimentos com materiais de baixo custo, então, os livros foram avaliados pelos seguintes aspectos: contextualização, experimentos e exercícios. O primeiro aspecto é relacionado à inserção do conteúdo dentro do dia-a-dia do estudante. Muitos destes livros são feitos no Centro-Sul, Sudeste e Sul do país, e lá a realidade é diferente da realidade dos alunos do Norte, por exemplo, usam “trem” como questões e aplicações, sendo que na cidade de Manaus não existe “trem”. O segundo aspecto é saber se o determinado livro indica experimentos, e a quantidade deles, que possam ser feitos dentro de sala e em casa, sem nenhuma periculosidade e com materiais que possam ser encontrados facilmente. E por fim, o último aspecto é a quantidade de exercícios que se tem dentro dos livros utilizados na PNLD, e se esses exercícios estão relacionados aos vestibulares. Esses três aspectos estão dentro da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud que será apresentado no próximo capítulo.

Os 9 livros utilizados nesta pesquisa estão listados abaixo, sendo que se encontram no seu volume 3.

**Física em Contextos** - Maurício Pietrocola *et al.* Editora do Brasil.

- Livro muito bem especificado e produzido, apropriando-se de bastante contextualização dos conceitos físicos.
- Mostra experimentos com materiais de fácil acesso, ao término de cada capítulo.
- Os exercícios estão dentro do contexto dos vestibulares, tendo uma parte dedicada a questões do próprio ENEM.

**Física: Eletromagnetismo - Física Moderna** – José Roberto Bojorno. Editora FTD.

- Não contextualizado; não faz referências a aplicação tecnológica e nem rotineira.
- Tem uma boa diversidade de experimentos ao fim dos capítulos.
- Muitos exercícios resolvidos, mas poucos exercícios propostos, e ainda, os propostos muito parecidos com os resolvidos.

**Física para o Ensino Médio** - Kazuhito & Fuke. Editora Saraiva Educação.

- Uma boa gama de experimentos na aba “Atividade prática”, tendo um experimento para cada tópico ensinado.
- Possui poucos exercícios, sendo não voltados aos vestibulares.
- Possui uma aba chamada “a Física no cotidiano” que mostra a aplicação dos conceitos no dia-a-dia da sociedade.

**Física: Contextos e Aplicações** – Beatriz Alvarenga. Editora Scipione.

- Bastante apresentação de experimentos ao longo do livro.
- Pouquíssimos exercícios propostos.
- No início do livro mostra-se uma aba chamada “Aplicações na Física”, que estaria mostrando a contextualização dos conteúdos na tecnologia. No entanto, ao se ler o livro essa aba não aparece em nenhum momento, em nenhum capítulo ou tópico.

**Física: Ciência e Tecnologia** – Carlos Magno *et al.* Editora Moderna.

- Possui poucos experimentos.
- Uma vasta gama de exercícios.
- Não faz a referência do conteúdo a parte tecnológica.

**Compreendendo a Física** – Alberto Gaspar. Editora Ática.

- Boa quantidade de experimentos em todos os capítulos desenvolvidos.
- Traz exercícios com enfoque dos vestibulares, mais precisamente, o ENEM.
- Entretanto, não faz analogia à aplicabilidade dos conteúdos.

**Física: Eletromagnetismo e Física Moderna** – Guimarães, Carron, Piqueira. Editora Ática.

- Traz muitos experimentos que possam ser aplicados em sala ou na casa do aluno.
- Também tem um caderno com questões de vestibulares com uma diversa quantidade deles.
- Faz alusão a aplicação dos conteúdos na tecnologia e na vida do estudante.

**Física: Interação e Tecnologia** – Aurélio Toscano Filho. Editora Leya.

- Experimentos mostrados estão dentro do tema “materiais do dia-a-dia ou baixo custo”.
- Também focado no tema “vestibulares” com grande quantidade de questões.
- No quesito contextualização este livro mostra uma média quantidade de aplicações dos conteúdos.
- Uma observação que se pode fazer deste livro é que ele inicia-se com o tema “Eletrodinâmica” depois seguindo para “Eletrostática”, o que é algo diferente dos outros livros.

**Física aula por aula** – Benigno Barreto. Editora FTD.

- Do mesmo modo que o livro anterior mostra uma boa quantidade de experimentos, todos relacionados a materiais de baixo custo.
- Em relação aos exercícios, este livro também tem uma quantidade boa de questões focadas no ENEM e nos vestibulares.
- Este livro tem uma parte, além da aplicação dos conteúdos na tecnologia, dedicada a Física no Cinema, que busca explicar fenômenos físicos que ocorrem em alguns filmes.

A tabela abaixo mostra o desempenho dos 9 livros da PNLD 2018 utilizados na avaliação dos aspectos vistos como importantes para a presente pesquisa.

**Tabela 2.1 Avaliação dos livros da PNLD 2018 na disciplina de Física.**

| <b>Livro</b>                              | <b>Experimentos</b> | <b>Contextualização</b> | <b>Exercícios</b> |
|---|---------------------|-------------------------|-------------------|
| Física em Contextos                       | Ótimo               | Ótimo                   | Bom               |
| Física: Eletromagnetismo - Física Moderna | Bom                 | Não possui              | Bom               |
| Física para o Ensino Médio                | Bom                 | Bom                     | Poucos            |
| Física: Contextos e Aplicações            | Bom                 | Não possui              | Poucos            |
| Física: Ciência e Tecnologia              | Poucos              | Não possui              | Bom               |
| Compreendendo a Física                    | Ótimo               | Não possui              | Ótimo             |
| Física: Eletromagnetismo e Física Moderna | Ótimo               | Bom                     | Bom               |
| Física: Interação e Tecnologia            | Bom                 | Médio                   | Bom               |
| Física aula por aula                      | Ótimo               | Ótimo                   | Bom               |

Apesar de alguns livros não mostrarem um bom desempenho em um aspecto ou outro, isto não implica na classificação do livro como bom ou ruim. Para o embasamento teórico utilizado nesta pesquisa, esses livros não tiveram uma boa avaliação nos aspectos escolhidos. No entanto, se utilizássemos outra teoria, esses mesmos livros poderiam apresentar outra avaliação. No panorama geral, todos os 9 livros tiveram algum aspecto positivo, dentro da teoria de Vergnaud. Com isso, conclui-se que a deficiência na aprendizagem dos alunos no ensino de ciências não está ligada

ao uso ou escolha do livro didático, pois todos tiveram um bom rendimento na avaliação.

## **2.2 Estado da Arte da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.**

Fávero e Sousa (2001) apresentaram uma revisão bibliográfica sobre a pesquisa em resolução de problemas em Física, referentes ao período de 1970 a 1999. A partir disso, os autores desenvolveram um perfil da pesquisa nessa área. Com esse perfil, puderam discutir e analisar possíveis aspectos convergentes nesta área. Esta análise foi tomada a partir da Teoria dos Campos Conceituais.

Fávero e Sousa (2002) em outro trabalho avaliaram o desempenho de dois alunos de um curso pré-vestibular em resolução de problemas em Física, mais especificamente, no campo da Eletricidade. Os dois alunos tiveram resultados diferentes quando impostos a essa metodologia: o primeiro aluno possuía mais esquemas, e conseqüentemente, mais invariantes operatórios que o segundo, tendo então, uma conceitualização científica mais próxima. Os autores mostraram que a Teoria dos Campos Conceituais é adequada para referenciar as pesquisas sobre resolução de problemas em Física.

Carvalho e Aguiar (2008) realizaram uma pesquisa com sete alunos do segundo ano do Ensino Médio para apresentar a Teoria dos Campos Conceituais como instrumento para o planejamento e, ainda, para analisar as atividades de intervenção didática. Dessa forma, os autores concluíram que a Teoria dos Campos Conceituais é muito útil no planejamento e na análise de situações de ensino em ciências naturais, devido o fato dessa teoria ter uma grande preocupação com o sujeito-em-situação.

Fioreze (2008) utilizou a metodologia da Engenharia Didática para abordar qualitativamente o processo de construção de Proporcionalidade na resolução de situações-problemas baseada na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. O autor comprovou que os alunos nos seus anos iniciais escolares apresentam raciocínio aditivo no tratamento de problemas envolvendo Proporcionalidade. Ainda foi possível comprovar que os alunos apresentam dificuldades quando as questões envolvem números decimais e na interpretação das questões.

Bolfe e Barlette (2009) investigaram a dificuldade da aprendizagem dos conceitos de Física Térmica. Para tal, avaliaram o desempenho de 12 alunos do Ensino Médio a partir da identificação dos invariantes operatórios de Vergnaud. Os autores

perceberam que os conhecimentos prévios dos alunos desfavorecem o aprendizado de novos conceitos como: dilatação e contração térmica.

Pasqualetto (2011) desenvolveu sua dissertação de mestrado a partir da implementação de uma proposta metodológica que visava à realização de atividades voltadas no contexto situações-problemas. Essas atividades foram aplicadas para turmas do 9º ano do Ensino Fundamental com o intuito de melhorar a aprendizagem dos alunos no âmbito da radiação infravermelha, equilíbrio dos corpos e energia solar. Para avaliação do aprendizado, o autor levou em consideração a teoria social de Vygotsky, a teoria da aprendizagem significativa e os campos conceituais de Vergnaud. O autor observou tanto um aumento no interesse dos alunos no estudo de Física, como também uma melhora na autonomia e segurança na resolução de novas questões.

Henríquez *et al.* (2012) aplicou a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud em alunos do primeiro ano de engenharia. Foi possível observar que os alunos obtiveram uma melhoria na compreensão dos significados dos conceitos ocorrendo principalmente em dois momentos: início e fim do assunto. Esse resultado mostra que essa teoria pode ser usada na investigação do aprendizado significativo no ensino de ciências.

Silva e Sousa (2014) promoveram estratégias de ensino sobre a luz e seus fenômenos ondulatórios, para melhorar o aprendizado dos alunos do Ensino Médio neste tópico. Com o auxílio da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os autores perceberam, mesmo com algumas adversidades, evidências da evolução conceitual dos alunos.

Bravo e Pesa (2016) utilizaram a Teoria dos Campos Conceituais para investigar a aprendizagem de estudantes de Licenciatura em Física no contexto da interferência e difração da luz no laboratório de Física. Os resultados mostraram que os alunos conseguiram desenvolver a maioria das competências que foram citadas como objetivos do trabalho, como por exemplo, o limite de validação da óptica geométrica e identificação das condições experimentais em que o comportamento de sistemas são descritos por outro modelo. Os alunos ainda foram capazes de explicar qualitativamente o conceito de difração associando-o com a interferência de ondas. Entretanto, apresentaram dificuldades na conceituação do princípio de Huygens-Fresnel, devido à dificuldade da pesquisa educacional. O autor sugere uma pesquisa mais profunda neste tema para poder contribuir significativamente na realização de uma proposta didática.



## CAPÍTULO 3

### Teoria de Vergnaud

Neste capítulo são discutidas a Teoria de Vergnaud, suas características e aplicabilidade no ensino de Física.

#### 3.1 Um breve histórico sobre a vida de Vergnaud

Gèrard Vergnaud é um psicólogo, diretor de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS) da França, pertencente à tradição piagetiana, ele acredita que o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de conceitualizações específicas a fim de entender tais situações.

##### 3.2.1 Campos Conceituais

Campos conceituais (CC) é o aglomerado de problemas e situações ao qual para se solucionar requer conceitos, processos, representações e esquemas, sendo de tipos diferentes, mas que estejam intimamente relacionados.

Vergnaud define campo conceitual como:

*“um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (VERGNAUD, 1998).*

Para se chegar à teoria do CC, Vergnaud levou em consideração três argumentos (VERGNAUD, 1983a): 1) um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação; 2) uma situação não se analisa a partir de um só conceito; 3) a construção e adequação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo que consome muita energia que se estende ao longo dos anos.

Para Vergnaud, o conhecimento acontece por meio da experiência, maturidade e aprendizagem, e que este está organizado em campos conceituais, cujo domínio, por

parte do aluno, ocorre ao longo de um extenso período de tempo. Em outras palavras, o tempo de ensinar nem sempre é o tempo de aprender.

Os CC's podem ainda ser classificados como: aditivos e multiplicativos; deslocamentos e transformações espaciais; classificações de objetos e aspectos discretos; movimentos e relação de tempo; velocidade; distância, aceleração e força; relação de parentesco; medições de quantidades espaciais e físicas contínuas (VERGNAUD, 1983b).

Esses campos conceituais são dependentes um do outro, sendo que para compreensão de um é necessário o conhecimento do outro. No entanto, Vergnaud afirma que pode-se falar em distintos CC's, se os mesmos puderam ser descritos consistentemente. E nesse sentido que o CC's são usados como unidade de estudo, que se aplica ao problema e as observações dando sentido dentro de um determinado contexto.

Nessa teoria, o desenvolvimento cognitivo acontece conforme o sujeito vai se deparando com determinadas situações relacionados ao conteúdo ensinado, dessa forma, as situações são os fatores preponderantes para a construção dos conceitos.

Segundo o próprio autor:

*“o saber se forma a partir de problemas para resolver, quer dizer, de situações para dominar. [...] Por problema é preciso entender, no sentido amplo que lhe atribui o psicólogo, toda situação na qual é preciso descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de hipótese e de verificação, para produzir uma solução”* (1990, p. 52).

### 3.2.1 Conceito

Vergnaud sugere que, a construção de um conceito se dá através de três conjuntos:

- S – é o conjunto das situações que dão sentido ao conceito.
- I – é o conjunto dos invariantes operacionais que servem para operacionalizar as situações - significado.
- R – é o conjunto das representações simbólicas (linguagem, gráficos, números, diagramas, equações) que são usados para indicar e representar os invariantes operacionais e, conseqüentemente, as situações – significante.

Desse modo, para avaliar o desenvolvimento cognitivo e o uso de um conceito, é preciso considerar esses três conjuntos de forma simultânea. Nesse sentido, um determinado conceito não pode ser explicado somente por um ou dois conjuntos, excluindo o terceiro, não podendo reduzir, então, o significado, nem o significante, nem as situações. Com isso, se os conceitos somente tem significado através de alguma situação, então, as situações são o principal responsável pelos CC's, e não os conceitos. Em outras palavras, um campo conceitual é um conjunto de situações, no qual o núcleo obtém o domínio de inúmeros conceitos dos mais vários tipos.

De acordo com essa teoria, um conceito adquire sentido quando é associado a outros conceitos, fazendo uma relação em cadeia. Dessa forma, para um sujeito ter total domínio de um determinado conceito, é necessário um conjunto de situações as quais o sujeito terá que comparar com as outras e, através disso, dominar progressivamente por um processo a longo prazo. O domínio das representações simbólicas, dos invariantes operatórios e das situações depende do desenvolvimento de esquemas para o tratamento das situações; a forma invariante de operar, de tratar certa classe de situações, se dá por meio de esquemas.

### **3.2.2 Situação**

Situação são os processos cognitivos e as respostas do sujeito em determinada ocasião com que ele se depara. Em outras palavras, são tarefas ou atividades ao qual o sujeito terá que realizar, adquirindo assim determinada experiência. Diante disso, surgem duas idéias:

- 1) A da variedade: em um certo campo conceitual existe uma grande variedade de situações;
- 2) A da história: o conhecimento do sujeito é construído a partir de situações que se encontraram progressivamente e as dominaram.

As situações são as responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito, conseqüentemente, uma gama de situações faz com que o conceito se torne

significativo. No entanto, o sentido não está nas palavras e nos símbolos, mas sim intimamente ligado a maturidade e a experiência pessoal do sujeito.

O sentido é uma relação do sujeito com as situações e com os significantes. Ou seja, são esquemas, isto é, comportamentos e sua organização, que são ligados ao sujeito através de uma situação ou por uma representação simbólica que dão o sentido dessa situação ou desse símbolo para esse sujeito (MOREIRA, 2002a).

### 3.2.3 Esquemas

Vergnaud chama de esquema a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. Segundo ele, é nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória.

Os esquemas necessariamente se referem a situações (VERGNAUD, 1996), de tal modo que, o desenvolvimento cognitivo se deve a interação esquema-situação ao invés de sujeito-objeto da qual falava Piaget. Consequentemente, esse desenvolvimento consiste, principalmente, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas. Desse forma, a educação deve contribuir para que o sujeito tenha uma variedade de esquemas dos mais diferentes tipos, mas tanto cuidado para que esses esquemas não se convertam em estereótipos esclerosados (ibid).

Para Vergnaud, os componentes dos esquemas são especificados como (i) metas e antecipações, ou seja, as finalidades pelas quais os esquemas são direcionados; (ii) regras de ação, que são regras de busca e controle dos resultados da ação, tais como regras do tipo “se ... então”; (iii) invariantes operatórios, que são os conceitos em ação e teoremas em ação, ou seja, os conhecimentos contidos nos esquemas, geralmente não externados explicitamente pelos estudantes, e utilizados na sua ação diante de uma situação; e, (iv) inferências, que são os raciocínios desenvolvidos mediante o uso dos invariantes operatórios para construir as regras de ação e antecipações.

Como os esquemas são na verdade situações, então o mesmo pode se distinguir em duas formas:

- 1) Classes de situações que o sujeito dispõe, em algum momento, as ferramentas necessárias para elucidar determinada situação;

- 2) Classes de situações que o sujeito não dispõe de as habilidades necessárias, obrigando-o a refletir, explorar, pesquisar e hesitar, levando-o ao sucesso ou fracasso.



Figura 3.1 Representação gráfica de uma situação diante de um determinado conhecimento operatório (1º caso).  
FONTE: JENSKE, 2011.

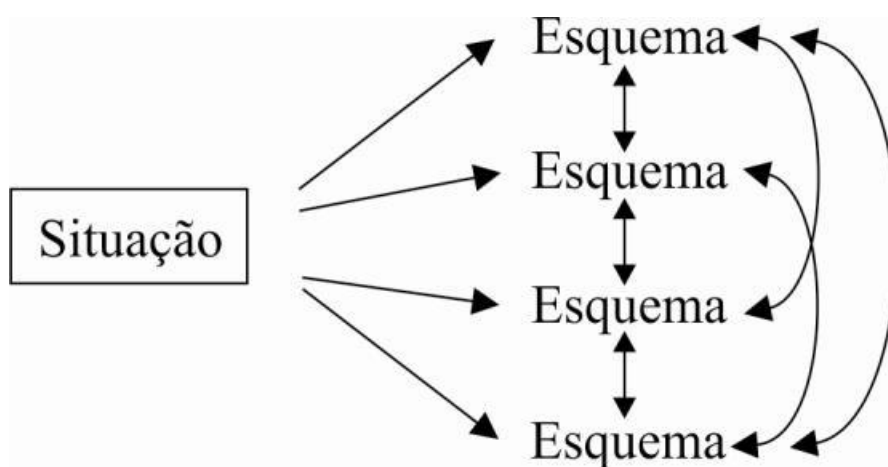


Figura 3.2 Representação gráfica de uma situação a qual o sujeito se depara com um conhecimento não operatório (2º caso). FONTE: JENSKE, 2011.

O conceito de esquema não acontece de forma igual nesses dois casos. No primeiro, o sujeito utiliza de um só esquema para realizar tal atividade, devido à organização da situação. No entanto, no segundo caso o sujeito utiliza vários esquemas, pelo fato da complexidade da situação, e para conseguir realizar ou não tal atividade é necessário que todos os esquemas sejam acomodados, recombinaados e descombinados.

Decorre daí o fato dos esquemas usados por crianças ou adultos podem ser diferentes ou mais elaborados, no entanto, a idéia central é a mesma: o esquema é forma estrutural da atividade, sendo a organização invariante de um sujeito dada uma determinada situação ou conjunto de situações contendo os implícitos conhecimentos-em-ação.

### 3.2.4 Invariantes operatórios

Como dito anteriormente, o esquema é a organização da atividade de um sujeito sobre um conjunto de classes de situações, mas o que faz um esquema ser diferente do

outro é justamente os invariantes operacionais, pois são os constituintes essenciais dos esquemas. Esses invariantes operacionais representam as atitudes e escolhas de um sujeito diante de uma situação e dependem, exclusivamente, dos conhecimentos prévios que o sujeito possui. Dessa forma, os termos “conceitos-em-ação” e “teorema-em-ação” fazem parte dos invariantes operatórios e constituem os conhecimentos, sendo estes partes dos esquemas.

Teorema-em-ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real. Conceito-em-ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante (VERGNAUD, 1993).

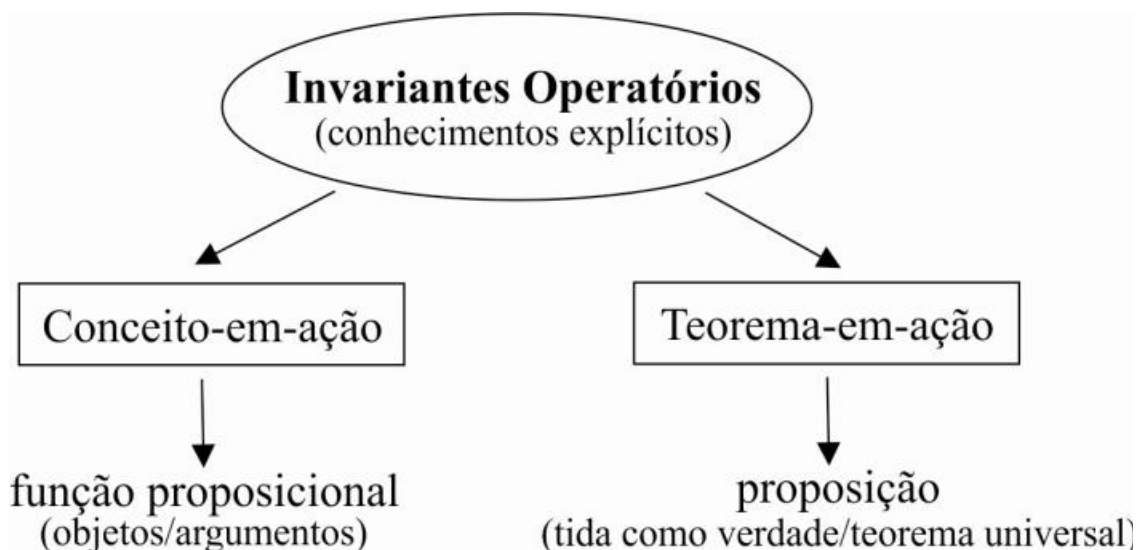


Figura 3.3 Representação gráfica do conceito de invariantes operacionais. FONTE: JENSKE, 2011.

Um exemplo de teorema-em-ação acontece quando o aluno é questionado com uma situação do tipo: Um determinado móvel com velocidade de 20 m/s percorre 40 m em 2 s. Se o mesmo móvel, agora com velocidade de 40 m/s, gasta 6 s para percorrer certa distância, qual seria essa distância? Resposta provável de um aluno: 2 vezes mais rápido, 3 vezes mais tempo, logo 6 vezes maior a distância; então,  $6 \times 40 = 240$  m.

Nesse caso a condição de proporcionalidade é simples e evidente. Dessa forma, se mudássemos os valores numéricos, o problema não seria tão simples de ser resolvido. E com isso, sua estrutura de aplicação é limitada podendo ser mais complexa do que realmente parece. Contudo, o aluno necessariamente utiliza a forma que lhe convém, que admite como verdadeira (teorema-em-ação), mas nem sempre pode acontecer de poder ser utilizado tal estrutura. Logo, os invariantes operatórios mostram o sentido que

o sujeito deve atacar o problema, de forma que o mesmo possa abstrair os elementos pertinentes e a apreensão da informação sobre a situação questionada.

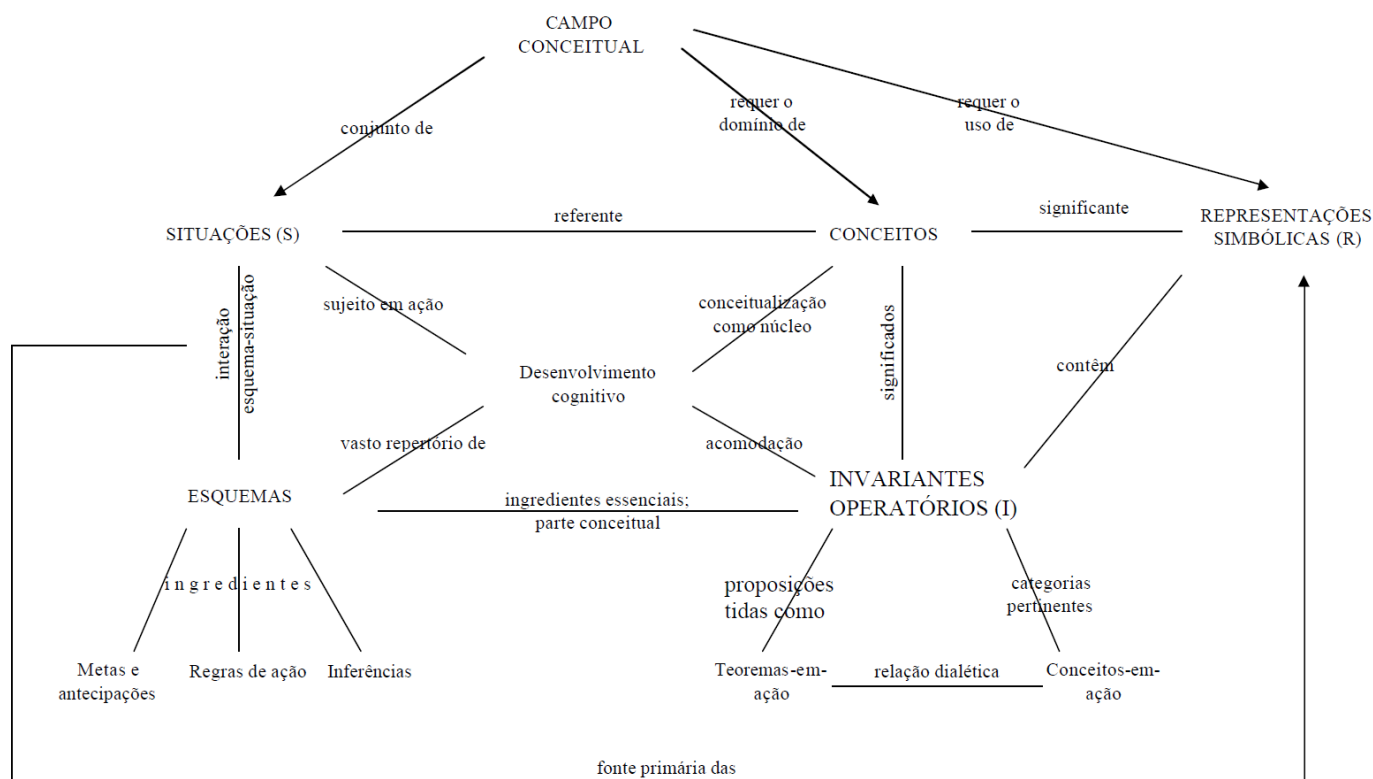


Figura 3.4 Mapa conceitual da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. FONTE: Moreira, 2002.

### 3.2.5 Conhecimentos prévios

Sabe-se que a aquisição de conhecimento na teoria dos campos conceituais é moldada pelas situações e dificuldades ao qual o aluno passa durante o processo ensino-aprendizagem, e que conseqüentemente, esse conhecimento tem características contextuais. No entanto, existe um hiato considerável entre o que vivemos (experiência) e o que é correto do ponto de vista científico. Em outras palavras, os invariantes que o sujeito constrói ao interagir com o meio e os invariantes que consistem o conhecimento científico, nem sempre são os mesmos.

Um exemplo disso é o conceito de calor: do ponto de vista científico calor é energia térmica em trânsito ocorrendo em corpos com diferentes temperaturas ou quando há mudança de estado físico da matéria. No entanto, no ponto de vista coloquial calor é usado como definição de quente ou frio. E isso é um erro que muitas vezes os

alunos cometem de forma ingênua, sem saber realmente o verdadeiro conceito ou termo técnico.

Esse tipo de situação é justamente a definição de conhecimento prévio, ou seja, algo adquirido pelo aluno em algum momento de sua vida que lhe foi passado como verdadeiro. De outro modo, essas concepções prévias, mesmo não sendo conceitos científicos, podem evoluir para eles, mas levando um considerável período de tempo.

Porém, pode acontecer também de que esses conhecimentos prévios acabem atrapalhando o processo de aprendizagem do conhecimento científico, uma vez que, em alguns casos é necessário que o aluno abandone o conhecimento prévio que já tem, substituindo pelo verdadeiro significado, obtendo assim um obstáculo epistemológico (MOREIRA, 2002b).

Com isso, tem-se que o conhecimento prévio é imprescindível no processo ensino-aprendizagem, às vezes sendo aliado, às vezes sendo obstáculo. Para isso o professor tem um importante papel que é mediar a ação e ainda identificar se esses conhecimentos prévios são aliados ou não. Caso seja, o mesmo pode dar continuidade no conteúdo, fazendo com que haja evolução nesses conhecimentos. Caso não haja, o professor tem que romper a ligação cognitiva que o aluno tem entre o conhecimento prévio e adquirido. E nisso que está o problema central, pois não é uma tarefa em que o aluno compreenda bem, e, além disso, tem-se o problema da super lotação nas salas de aula, ao qual, o professor tem que lidar com cerca de 40 a 50 alunos, não podendo ter uma avaliação do panorama específico de cada aluno.

### **3.2.6 Papel do professor na Teoria dos Campos Conceituais**

Como já fora discutido, o desenvolvimento cognitivo depende de situações e conceitualizações específicas para tratar essas situações. Segundo Barais e Vergnaud (1990) são as situações que dão sentido aos conceitos; elas que são responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito. Desse modo, o papel do professor é de extrema importância, uma vez que, sua função é mediar o ensino para o aluno. Logo, são mediadores do conhecimento, tendo como principal tarefa ajudar o aluno a desenvolver novos esquemas e representações (VERGNAUD, 1998). Uma vez que novos esquemas são desenvolvidos, os alunos tornam-se aptos a confrontar situações cada vez mais complexas. E, se novos esquemas somente são gerados a partir de novos invariantes operacionais, então o professor também tem que intervir na criação e desenvolvimento de novos invariantes operacionais.



Moreira (2002) afirma que a ação mais importante do professor no processo ensino-aprendizagem é a de prover situações frutíferas para o estudante, de modo que essas situações sejam cuidadosamente escolhidas, ordenadas, diversificadas, apresentadas no momento certo e dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno.

Uma segunda função do professor é detectar os conhecimentos prévios do aluno e as suas dificuldades na aprendizagem de certo conteúdo. Em seguida os analisa em três aspectos a competência do mesmo.

O primeiro aspecto está relacionado ao erro e acerto, de modo que o que acerta é competente. O segundo aspecto, é verificar qual tipo de estratégia e abordagem utilizada, sendo assim, o que teve uma resolução mais rápida, mais econômica e mais elegante que outro é o mais competente. E o terceiro, tentar escolher um método eficaz para resolver algum possível problema dentro de uma situação particular.

Um dos principais problemas atualmente é a motivação do aluno em interessar-se nos conteúdos ministrados em sala de aula. Dessa forma, o professor também tem como papel trazer essa motivação e interesse para o aluno. No entanto, o aluno para se interessar precisa encontrar algo similar a sua realidade no que está estudando. E é nesse sentido a maior dificuldade do professor, fazer com que aquilo que é ministrado faça sentido na vida do aluno.

Para isso Vergnaud (S.D) acredita que essa questão do sentido se diferencie em três casos:

- 1) Atividades significativas, tais como: concretas e tecnológicas, experimentos científicos e de exploração e pesquisa ou ainda atividades sócio-econômicas no dia-a-dia.
- 2) Aplicar questões que sejam verdadeiras, no contexto de sua realidade, nivelando o grau de dificuldade (nem tão fácil, nem tão difícil).
- 3) Fazer com que o aluno faça parte de um projeto que explore o lado cultural e profissional dentro do conteúdo a ser ensinado.

Com isso, o professor tem que desenvolver estratégias e soluções para conseguir inserir o aluno no conteúdo, para o mesmo poder desempenhar seu papel na sociedade.

### 3.2.7 Resolução de Problemas

A presente dissertação envolve o ensino de ciências, mais precisamente na área da Física, e a prática dentro de uma escola estadual da região. Nesse contexto, o ensino e ciências é dividido em três partes: a primeira é o estudo teórico (conceitos, leis, princípios, equações), a segunda engloba o conhecimento prático (laboratórios, experimentos, procedimentos científicos, demonstrações), e por fim a resolução de problemas (abertos, fechados, investigação, pesquisa). Dessa forma, Vergnaud afirma que essas três partes são interdependentes, ou seja, é praticamente impossível ter um conhecimento teórico sem ter noção prática e vice-versa.

Em relação à resolução de problemas, Vergnaud deixa claro que este é de extrema importância, até mais que os outros dois. Pois, segundo ele, são as situações que dão sentido aos conceitos; um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações, os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e, progressivamente, dominam. Lembrando que, na teoria dos campos conceituais, o conceito de situações é referente à tarefa, no entanto, no contexto da ciência situação pode representar também problema. Ou seja, situação é problema e, problemas são o que dão sentido aos conceitos/conhecimentos, no panorama científico.

Segundo o próprio autor (1983a):

*“na verdade, os conceitos se desenvolvem através da resolução de problemas, e esse desenvolvimento é lento”*

No entanto, um problema só é um problema quando o sujeito tem os conceitos necessários para tornar um problema para si mesmo (VERGNAUD, 1994). Por exemplo, quando um aluno resolve uma classe de problemas, ou seja, ele desenvolve esquemas eficientes para lidar com essa situação, o teor problemático dessa situação desaparece no mesmo. E sendo assim, o indivíduo acaba habilitando-o a detectar novos problemas para si mesmo; ocorrendo então, um processo cíclico.

Dentro disso, temos a chamada “ilusão pedagógica”, que seria um a falsa ilusão de que o aluno está inserido dentro de um conteúdo ministrado pelo professor. Por exemplo, um determinado conteúdo de Física precisa de um determinado formalismo (seja ele matemático ou não), e mesmo que seja bem explicado pelo professor, o aluno às vezes não consegue compreender o conteúdo. Mas, para o professor o aluno está entendendo e aprendendo de forma clara. Isso se deve ao fato de que o aluno esteja

muito distante, em termos de formalismo, do que o professor julga como claro. Nesse sentido que Vergnaud alega que a resolução de problemas se faz necessário e de relevante importância, pois é através da resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e nas situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para o aluno, mesmo que ele ainda esteja muito longe do formalismo apresentado pelo professor. Ou seja, ao mesmo tempo que as situações formais são necessárias é preciso levar em consideração que o aluno pode estar muito distante delas (VERGNAUD, 1983a). Surge daí a expressão “o tempo de ensinar é diferente do tempo de aprender”.

### 3.2.8 Pesquisa

Neste tópico veremos a contrapartida do aluno, ou seja, como o aluno pode aprender certo conteúdo por autonomia própria, sendo o protagonista do processo ensino-aprendizagem.

Para Vergnaud, o aluno para ter um domínio progressivo do campo conceitual é necessário identificar e classificar as situações, levando em consideração a diversidade e a história. A primeira idéia segue a linha da análise, da decomposição em elementos simples e para as possíveis combinações de situações. Já a segunda, orienta para a busca de situações funcionais quase sempre compostas de várias relações, ao qual a importância é diretamente associada à quantidade de vezes que são encontradas (MOREIRA, 2002).

Isso quer dizer que as diferentes classes de problemas impostas ao aluno, com o objetivo de aquisição de novos conhecimentos, devem ser analisadas à luz dos termos relacionais e hierárquicos. Isso implica também no estudo dos procedimentos dos distintos procedimentos e representações simbólicas ao qual o aluno utiliza, sendo esta uma tarefa essencial, teórica e empírica.

Como dito ao longo do capítulo, as situações que dão sentido ao conceito, e os invariantes operatórios que constituem seu significado, e as representações simbólicas o seu significante. Com isso, se faz necessário identificar e classificar as situações adequadas à aprendizagem de certo conceito, pesquisar os invariantes operatórios utilizados pelos alunos e tentar entendam como uma determinada representação simbólica pode auxiliar na conceitualização.

Dessa forma, a teoria dos campos conceituais é potencialmente útil na para o aluno acerca da dificuldade na resolução de problemas em ciências, mas também na

aprendizagem de conceitos científicos, e ainda na mudança conceitual (quebra de conhecimentos prévios). Quando o aluno/professor consegue identificar essa dificuldade, então ele usa essa teoria para determinar uma possível estratégia que ajude a confrontar essa dificuldade, ou seja, ajudar no progressivo domínio do campo conceitual ao qual se queira aprender. No entanto, para se alcançar esse domínio precisa de um longo período de tempo, sendo um processo lento e demorado.

## CAPÍTULO 4

### Fundamentos teóricos do Eletromagnetismo

Este tópico será destinado à abordagem e discussão dos conceitos físicos relacionados à teoria eletromagnética baseada na necessidade dos professores para a aplicação dos experimentos. Dessa forma, o presente capítulo trará o que o professor deverá entender para poder aplicar a sequência didática de ensino e aprendizagem proposta, que será mostrada mais a frente. Obviamente, não será apresentado todos os conceitos e nem formulações matemáticas da teoria Eletromagnética, uma vez que, a proposta desta dissertação é voltado para o lado experimental e fenomenológico.

#### 4.1 Um breve histórico

Não se sabe ao certo a origem exata do magnetismo. Mas segundo a lenda, um pastor de ovelhas da Grécia Antiga, fez a primeira observação das propriedades magnéticas de uma pedra, cujo nome é magnetita, de onde vem a palavra magnetismo. Diz a lenda, que o pastor possuía um cajado com a ponta de ferro, e cada vez em que era encostado na pedra, seu cajado ficava preso por uma força inexplicável.

No entanto, seu nascimento científico se deu pelo século XIX, com a experiência clássica de Oersted (1771-1851), ao qual o mesmo verificou que, ao se colocar uma bússola nas proximidades de um fio onde passava uma corrente elétrica, verificou-se que a agulha da bússola sofria um desvio. A conclusão que se teve, era de que existia alguma relação entre as propriedades elétricas e as magnéticas, dessa forma originando o Eletromagnetismo.

A partir daí, se deu uma revolução no aspecto científico e tecnológico nesse ramo da Física. Um exemplo disso, foi a descoberta e construção do primeiro eletroímã, por André-Marie Ampère (1775-1836), ao qual esse dispositivo teve uma fundamental importância para vários aperfeiçoamentos de aparelhos existentes na época, como: telefones, microfones, alto-falantes e etc. Em seguida, Michael Faraday (1791-1867), descobriu a indução eletromagnética, ao qual deu-se outro grande passo para o crescimento da ciência, uma vez que com isso pôde-se ter a criação dos motores mecânicos e os transformadores.

Outros grandes nomes também deram contribuições significativas para o ramo, como por exemplo, Joseph Henry (1797-1878) e Heinrich Lenz (1804-1865), ao qual deram seguimento ao estudo da indução eletromagnética, Nicolas Tesla (1856-1943) que se dedicou ao estudo dos campos magnéticos.

E em especial, James Clerk Maxwell (1831-1879), teve fundamental importância no aspecto teórico, estabelecendo as equações que governam os fenômenos eletromagnéticos, conhecidas como equações de Maxwell, a partir da generalização dos trabalhos de Coulomb, Ampère, Faraday e outros. Com essas equações, Maxwell demonstra que uma onda eletromagnética viaja no espaço em ondas transversais com velocidade de propagação igual a da velocidade da luz, com erro percentual bem pequeno, com relação aos dados experimentais que se tem na atualidade.

## 4.2 Eletrostática

A Eletrostática é o estudo dos fenômenos elétricos que consideram as cargas elétricas, responsáveis por tais fenômenos, em repouso. Dessa maneira, o principal objeto de estudo desta área é o conceito de Carga Elétrica.

Carga elétrica é a propriedade intrínseca da matéria que é responsável pela geração de campos elétricos e, conseqüentemente, responsável pela ação de Forças Elétricas em outros corpos carregados. Segundo Hewitt (2008), a carga elétrica é a quantidade fundamental presente em todos os fenômenos elétricos. Por convenção, a carga elétrica existe em duas formas: as positivas (carga elétrica do próton) e as negativas (carga elétrica do elétron).

Dessa forma, um corpo eletricamente carregado significa ter um excesso ou falta na quantidade de elétrons, resultando em um corpo positivo ou negativo. Um corpo em que contém quantidades iguais de prótons e elétrons é dito neutro.

O primeiro experimento que será aplicado demonstrará como um corpo que está neutro pode ficar eletricamente carregado. E para se fazer isso é necessário que este corpo passe por um dos três processos a seguir: atrito, contato ou indução. O primeiro processo consiste em atritar dois materiais ocasionando uma transferência de elétrons, devido os elétrons serem mais facilmente arrancados de um material e agregados em outro material do que os prótons, por exemplo. O processo por contato é aquele em que ao colocar-se em contato dois corpos condutores, as cargas elétricas se distribuem pelos dois corpos igualmente, se os corpos possuírem mesma dimensões e forem feitos do mesmo material, e diferentemente, caso algo dos corpos possua maior dimensão

levando a maior quantidade de carga elétrica. Por fim, o processo de eletrização por indução é baseado no princípio da atração e repulsão das cargas elétricas, em que um corpo carregado positivamente ou negativamente induz um corpo neutro e condutor a se polarizar, e, com isso, ao se ligar a terra ou a outro condutor, o acúmulo de cargas opostas a esse corpo carregado será redistribuído (por contato) tornando esse corpo neutro a ficar carregado.

Outro conceito importante na Eletrostática, que não será demonstrado no experimento 1, mas será ensinado durante as aulas, é o conceito de Força Elétrica e Campo Elétrico. De acordo com Ramalho (2009), uma carga elétrica origina, na região que a envolve, um campo de forças denominado campo elétrico, sendo cada ponto desse campo associado uma grandeza vetorial denominada vetor campo elétrico. E ainda a interação entre dois ou mais campos elétricos apresentará a existência de uma força elétrica atuando nessas cargas geradoras. E o aparecimento dessa força acarretará no movimento acelerado dessas cargas.

Para finalizar a parte da Eletrostática é necessário ainda o conhecimento de outro ente físico, chamado Potencial Elétrico. O Potencial Elétrico é definido como o trabalho por unidade de carga elétrica necessário para trazer uma carga de prova desde o infinito até uma distância qualquer da carga geradora do campo elétrico (Nussenzveig, 1997).

### **4.3 Eletrodinâmica**

Assim como a Eletrostática, a Eletrodinâmica tem como agente principal o entendimento do conceito de Carga Elétrica. No entanto, essas cargas agora não se encontram em repouso, mas sim em movimento contínuo e ordenado, devido a uma tensão elétrica, e esse movimento ordenado é conhecido como “Corrente Elétrica”. É importante deixar claro para o aluno que os portadores de carga elétrica se movem dentro do material, mesmo com a ausência de uma diferença de potencial. No entanto, esse movimento é aleatório e desordenado, de forma que, o movimento líquido destes portadores é nulo.

Essa corrente elétrica somente acontece quando em um material é aplicado uma diferença de potencial, que faz com que surja um campo elétrico interno ao material, e esse campo implica em uma força elétrica nos portadores, ocorrendo assim, um caminho preferencial para os portadores se deslocarem.

Ainda dentro do contexto do movimento dos portadores, o material impõe uma barreira para passagem desses portadores, e essa barreira é denominada resistência

elétrica. Essa barreira acontece devido à resistência elétrica de um corpo depender de outro parâmetro chamado resistividade elétrica. Essa resistividade é justamente a dificuldade de um portador de carga poder caminhar dentro do condutor, pois os choques sucessivos entre os portadores e os átomos do material acarretam em problemas na passagem dos mesmos. Mas, ainda, a temperatura também ocasiona um aumento na resistividade do material, devido à maior agitação dos átomos e, conseqüentemente, aumentando a dificuldade na passagem de corrente elétrica.

Outro item a ser explorado pelo professor durante as atividades é a associação de um dispositivo que aumenta a resistência elétrica dentro de um circuito. Esse dispositivo, cujo nome é resistor, tem como função principal aumentar a resistência elétrica no circuito, e ainda, aumentar a dissipação de energia na forma de calor, efeito este conhecido como “Efeito Joule”. Essa associação é a junção de dois ou mais resistores. Desse modo, esta associação pode acontecer de três formas: em paralelo, em série ou misto. A primeira acontece quando os resistores estão ligados os pólos positivos com positivos e negativos com negativos. Já a associação em série ocorre quando os resistores estão ligados seus pólos positivos com negativos. E obviamente, a associação mista acontece quando o circuito apresenta resistores ligados das duas formas, em série e em paralelo.

### **4.3 Eletromagnetismo**

Para finalizar o conhecimento teórico que o professor necessita para implementação da sequência didática proposta, é necessário o entendimento de como ocorre à interação dos campos magnéticos e elétricos e quais efeitos essa interação pode acarretar. No entanto, antes de adentrar neste tópico, é preciso ter conhecimento do que é campo magnético e quais suas propriedades.

Segundo Hewitt (2009), o campo magnético é o espaço que circunda um ímã ou um condutor, ao qual, é atravessada uma corrente elétrica. O autor ainda completa dizendo que a limalha de ferro revela a forma do campo magnético, quando são postas em contato.

A partir dessa ideia, de que corrente elétrica atravessando um condutor gera um campo magnético ao seu redor, é que se pôde concluir os fenômenos magnéticos e elétricos estavam intimamente ligados, implicando no fato de não podendo estudá-los de forma separada.



Ao se colocar uma carga elétrica em movimento em um campo magnético ocorre então, a interação os dois campos magnéticos, o gerado pela carga em movimento e o campo que a mesma fora inserida. A interação destes campos faz surgir uma força, denominada Força Magnética. Claramente, que pelas Leis de Newton essa força pode ocasionar em uma aceleração da carga, e conseqüentemente, um deslocamento.

Outra situação importante é como gerar eletricidade a partir de um campo magnético. Isso foi descoberto por Michael Faraday, e recebeu o nome de Lei da Indução de Faraday. Esta lei se baseia na ideia de que se há a existência de um fluxo magnético variável em um circuito, então, surge uma força eletromotriz induzida, e conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida. Essa força eletromotriz é a força gerada por uma diferença de potencial elétrico que faz com que os portadores de carga elétrica se movam.

## **CAPÍTULO 5**

### **Materiais e Métodos**

Uma vez que o seguinte trabalho envolve o ensino do eletromagnetismo, apresentam-se neste capítulo as formas de: como ensinar tal conteúdo através da experimentação; extrair e coletar os dados antes (conhecimentos prévios) e depois da aplicação dos experimentos; avaliar os alunos à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

#### **5.1 Metodologia**

O objetivo deste trabalho é construir e aplicar experimentos com materiais de baixo custo, ou recicláveis, a fim de se obter um maior envolvimento e aprendizagem dos alunos referentes aos conteúdos de Eletromagnetismo para a terceira série do ensino médio. Para tal, se baseará na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, como forma de avaliação da evolução de conhecimentos dos alunos.

##### **5.1.1 Turmas de aplicação do produto**

No presente estudo, o principal alvo são alunos da terceira série do Ensino Médio (EM), para isso selecionou-se um grupo com 15 alunos, sendo dividida em 3 turmas A, B e C.

A turma A foi composta por 5 alunos, aos quais eram participantes do projeto PCE (Programa Ciência na Escola) da SEDUC em convênio com a FAPEAM, tendo ajuda de custo com bolsa, onde todos trabalhavam 1 hora após a aula, sendo uma vez por semana. A turma B, também formada por 5 alunos, tinha sua aplicação do mesmo modo que a anterior (1 vez por semana, após a aula), no entanto, sem participação no PCE. Por fim, a turma C, com o mesmo número de integrantes, tinha atuação no projeto em própria sala de aula, ou seja, era uma turma comum, ao qual se utilizava o método canônico. Dessa forma, a turma C é a turma referência do trabalho, pois a evolução da aprendizagem, ou ainda, a eficácia do método somente será provada se comparada com o método canônico.

### **5.1.2 Local de aplicação**

O local selecionado para aplicar-se o método de ensino foi a Escola Estadual Sant'Ana, situada na Avenida André Araújo, nº2398, Petrópolis, onde exerço minhas atividades profissionais como orientador educativo na disciplina de Física.

Aparentam-se de forma notória algumas dificuldades no âmbito administrativo, disciplinar e pedagógico, sua estrutura principalmente, uma escola pequena que possui apenas 10 salas de aula distribuídas pela escola, um laboratório de ciências interditado pela falta de materiais para experimentos científicos e infra-estrutura inadequada. Outro ponto extremamente importante é a deficiência no interesse disciplinar dos discentes com as matérias que lhe são disponibilizadas em processo educacional.

Embora a presença de dificuldades seja constante, a escola possui muitos profissionais dedicados e qualificados, há uma boa porcentagem de professores mestres outros já estão a caminho do doutorado.

Na escola realiza-se também o chamado PROEMI (Programa Ensino Médio Inovador), que tem a finalidade a transformação de uma escola regular para a adequação de uma escola de tempo integral, a gestão trabalha com aptidão para que os recursos sejam conquistados com êxito.

Esses projetos são realizados com a intenção de obter melhorias à escola como estrutura e órgão pedagógico, criando métodos estimulantes direcionados aos alunos.

### **5.1.3 Experimentos**

Como se sabe, no ensino de ciências como um todo, a realização de atividades, na qual o aluno tenha contato com algo relacionado à sua realidade, pode ser um estímulo à reflexão, à crítica, e a busca pela compreensão dos fundamentos científicos referentes aquela realidade (LURDES ELIANE, 2009). Dessa forma, a utilização de experimentos de baixo custo em sala de aula tem como intuito uma maior aproximação dos alunos dentro do conteúdo, ou disciplina, a serem estudadas.

A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud deixa claro que o aluno é o principal sujeito do processo ensino-aprendizagem, sendo assim o protagonista deste processo. A partir dessa ideia é explicado o por que usar tal teoria na presente

dissertação, uma vez que, o aluno sendo o sujeito de principal interesse, a busca por conhecimento, através da pesquisa, vem a partir do próprio aluno, tendo o professor apenas como um instrumento de intermediação do processo.

Diante desse quadro, tentou-se construir e aplicar 3 experimentos de eletromagnetismo ( $E_n$ ), sendo 1 de eletrostática, 1 de eletrodinâmica e 1 de eletromagnetismo, para tentar ao menos explicar as 3 partes do livro didático que se usa na escola. Como se quer um aluno atuante, então a construção dos experimentos fora totalmente feito por eles, sendo o professor apenas um auxílio. Como se sabe, a ciência é movida pela curiosidade e investigação. Com isso, o motivo pela construção dos experimentos é fazer com que os alunos sejam curiosos, tenham idéias para melhorar ou contornar determinado problema que possa aparecer, mas, sem deixar de lado a parte física do problema.

Como dito anteriormente, os experimentos tinham como objetivo, além de demonstrar a parte prática e aproximar o aluno do conteúdo, tentar ensinar alguns tópicos do conteúdo do livro de uma forma diferente da canônica. Dessa forma, a primeira parte do livro, que condiz com o tema de eletrostática, foi demonstrada construindo e aplicando o experimento Gerador de Van der Graf (E1), com garrafas PETs, que visa mostrar ao aluno os processos ao qual um corpo neutro (ou carregado) pode atravessar para adquirir um acúmulo líquido de carga elétrica (positiva ou negativa).

O experimento E2 é uma simulação computacional realizada na plataforma PHET (Universidade do Colorado), com a tentativa de demonstrar a parte de Eletrodinâmica, mais precisamente circuitos elétricos. A não aplicação de uma experiência real se deu por alguns fatores como: o experimento E1 ter demorado a ser construído e aplicado atrapalhando o cronograma inicial; o custo de alguns materiais serem muito elevado; alguns materiais só podiam ser comprados na internet; e outra forma de explorar o projeto através da simulação computacional.

Por fim, a última e principal parte do conteúdo, com o tema Eletromagnetismo, foi explicada através da construção e aplicação de uma mini-hidrelétrica (E3), mostrando a interação entre campos magnéticos variantes no tempo e campos elétricos.

Todos os experimentos foram construídos pelos alunos, até mesmo a parte computacional, sendo apenas orientado pelo professor. Os roteiros das experiências seguem no produto educacional.

#### 5.1.4 Dados

Como o trabalho é de forma qualitativa, então faz-se necessário a extração de dados, sendo estes dados observacionais sobre um objeto complexo (indivíduo) que se modifica rapidamente. Como na mecânica quântica, em que o observador acaba modificando a medida ou estado do ente quântico, o professor interfere no processo ensino-aprendizagem, mesmo tentando ser imparcial. Desta maneira, a extração de dados é de forma imparcial, mas levando em consideração a interferência do mediador.

Esta extração se deu de várias formas, confiáveis, diga-se de passagem, para que se pudesse obter dados suficientes para análise e, conseqüentemente, avaliação da aprendizagem. As fontes de dados utilizadas foram: pré e pós-testes, antes do início do projeto, depois de cada experiência e ao término do projeto; entrevista oral.

A aplicação de um teste diagnóstico (Produto) antes e depois do início do projeto é de suma importância para saber como o aluno está chegando (conhecimentos prévios) e como o mesmo está saindo (conhecimento adquirido), podendo, dessa forma, fazer um comparativo entre o que ele já sabia (ou achava que sabia) e o que ele aprendeu. Esta é a principal forma de avaliar o grau de conhecimento dos alunos e ainda se o produto educacional se tornou eficaz dentro do objetivo traçado.

Ainda serão aplicadas pequenas avaliações após cada experimento ( $A_n$ ), a fim de extrair o máximo de informação possível, e fazê-los também se auto-avaliarem, com o intuito de sanarem dúvidas persistentes, pois o princípio primordial da Teoria dos Campos Conceituais é o aluno ser atuante. Cada experimento tem uma avaliação diferente, de acordo com o conteúdo trabalhado no mesmo, com questões dissertativas referentes aos conceitos explanados na atividade.

Os relatórios escritos foram feitos pelos alunos para nos dar um panorama geral do projeto, não somente o caráter físico, como possíveis críticas a metodologia utilizada, dificuldades dos alunos, e algum item que possa ser evoluído e modificado, não somente para este projeto, mas, para possíveis trabalhos futuros também. Esses

relatórios foram feitos após o término de cada experimento, e ainda, um relatório final sobre o projeto como um todo.

Por fim, teve-se uma entrevista oral com cada aluno para se ter uma maior aproximação das dúvidas e se ter uma conversa mais aberta e até mesmo humana, quebrando um pouco a relação professor-aluno. Foram feitas entrevistas curtas, após o fim do projeto, para discutir sobre as correções dos pré e pós-testes, com objetivo de resposta do aluno de alguma questão que possa ter sido mal interpretada, ou ainda, alguma questão que o aluno não soube se expressar na forma escrita.

Tiveram-se outras formas de obtenção de dados, como por exemplo, a observação nas aulas, o empenho, e o interesse do aluno. No entanto, essas fontes não foram usadas na presente dissertação para que se evite interferência do professor, por afeto ou preferência individual de um ou outro aluno.

A tabela a seguir mostra todo o procedimento metodológico e os passos seguidos durante o projeto, tal qual o período gasto em cada etapa:

**Tabela 5.1 Etapas do procedimento metodológico e o período de aulas utilizado em cada etapa.**

| <b>Atividade</b> | <b>Período de tempo (aulas)</b> |
|------------------|---------------------------------|
| Pré-teste        | 1                               |
| Vídeo            | 1                               |
| E1               | 4                               |
| A1               | 1                               |
| E2               | 2                               |
| A2               | 1                               |
| E3               | 4                               |
| A3               | 1                               |
| Pós-teste        | 1                               |
| Entrevista oral  | 2                               |
| <b>TOTAL</b>     | <b>18</b>                       |

A tabela 5.1 mostra a aplicação de um vídeo, que tem por objetivo iniciar o estudo do eletromagnetismo com conceitos básicos como: carga elétrica, corrente elétrica, potencial elétrico, magnetismo, entre outros. Essa atividade era composta por 6 vídeos, de cerca de 10 minutos cada, adquiridos no programa chamado “Conceitos em Ciência”, da Tv Meubolne. Ao todo foram utilizadas 18 aulas (4 meses e meio) nas turmas A e B, e o ano letivo todo na turma C.

## **5.2 Função do Professor**

Como se sabe, o professor da área de exatas, mais precisamente de Física, é considerado como o vilão nas escolas, devido ao baixo rendimento escolar na disciplina e pelo alto índice de reprovação. Geralmente, gestores e pedagogos, acreditam que o profissional dessa área é alguém cuja principal motivação é reprovar e dificultar a vida escolar dos alunos.

Dessa forma, a metodologia empregada no presente trabalho tem como principal função a de facilitar a aprendizagem dos alunos em um conteúdo específico, tendo o professor como o facilitador do conhecimento. Nesse sentido, que a proposta de Vergnaud se encaixa no trabalho, pois o aluno sendo atuante faz com que o professor seja apenas o elo entre o saber e o aluno, e não sendo o sujeito que detém todo o conhecimento. Com isso, a atuação do professor é mostrar para o aluno outros caminhos de se encontrar o conhecimento, e ainda, não responder as questões e sim inseri-las cada vez mais na cabeça do aluno, a fim de que o mesmo tente encontrá-las e resolvê-las por si só.

O aluno também tem um papel importante na função do professor, pois como diria aquela máxima “não existe professor sem aluno e vice-versa”. E na metodologia utilizada à interação do professor-aluno é de grande importância, uma vez que, não somente o professor age no aluno, através da intermediação, mas como também o aluno age no professor, através da troca de experiência e de conhecimentos, levando o professor a uma evolução pessoal e profissional.

## **CAPÍTULO 6**

### **Sequência de Ensino e Aprendizagem Proposta**

Um dos objetivos deste trabalho de mestrado é criar uma Sequência Didática, que mostra as etapas a serem seguidas por um professor, sobre como usar experimentos de baixo custo no ensino do Eletromagnetismo. Dessa forma, o presente capítulo aborda a Sequência Didática criada e utilizada no projeto.

#### **6.1 Sequência Didática**

##### **6.1.1 Conceito**

Sequência didática é o conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas passo a passo pelo professor para que o entendimento de determinado conteúdo seja abstraído e entendido pelos discentes (KOBASHIGAWA et al., 2008). É algo parecido com um plano de aula, no entanto, é utilizada para um período de tempo maior que apenas uma aula, abordando as mais variadas estratégias de ensino e aprendizagem.

##### **6.1.2 Estrutura**

A sequência didática proposta teve um planejamento diferente para cada turma, uma vez que a disponibilidade de horários e duração do projeto não era o mesmo. Na turma A e B foram planejadas 18 aulas de 1 hora cada aula, devido o PCE exigir o tempo de 1 hora semanal após o tempo regular escolar e a turma B seguiu os mesmos moldes. Já na turma C, o planejamento foi anual, sendo 18 aulas do mesmo jeito ao longo de todo o ano letivo, respeitando o calendário escolar, mas com 46 minutos de duração, que seria os minutos correspondentes a um tempo de aula escolar. A primeira aula é composta por um pré-teste diagnóstico a fim de se avaliar o modo de como o aluno estava chegando para o projeto, ou seja, quais ideias e conceitos (seja verdadeiro ou não) o mesmo tinha acerca do conteúdo e seus respectivos conhecimentos prévios. A segunda aula é utilizada como recurso pedagógico seis vídeos, da série “Conceitos em Ciência”, que mostra os conceitos e pressupostos básicos da teoria do eletromagnetismo, como: carga elétrica, corrente elétrica, força elétrica e magnética,



campos elétricos e magnéticos e a interação entre eles. Todos expostos de forma didática, teóricos e aplicados em situações reais sem nenhum conceito ou relação matemática. A partir da terceira aula inicia-se a montagem dos experimentos, começando pelo Gerador de Van der Graf. Para isto foi utilizado 4 aulas (3 para montar e 1 para discutir os conceitos físicos envolvidos no processo de construção e funcionamento). Vale salientar que as turmas A e B, são as turmas que construíram os experimentos (exceto o experimento E2), e a turma C não se utilizou experimentos e sim apenas o conteúdo explicado da forma canônica (pincel e lousa). A aula seguinte a aplicação do experimento E1, aplica-se uma avaliação dissertativa acerca do tema “Carga Elétrica e Processos de Eletrização”. Dando sequência, a aula seguinte, com duração de 2 aulas, será construído um circuito elétrico misto, de forma computacional com auxílio do programa PHET, para demonstração da parte de circuitos elétricos e associação de resistores. Mais uma vez ao fim da aplicação da experiência, será aplicada uma avaliação dissertativa sobre o tema com duração de 1 aula apenas. As 5 aulas seguintes foram planejadas para a montagem do último experimento, que representa o Eletromagnetismo em si, denominado “Mini Hidrelétrica”, sendo que no final do mesmo terá mais uma avaliação. Por fim, um pós-teste sobre todos os conteúdos abordados, a fim de se obter uma visão geral do que foi aprendido durante o projeto, seguido de uma entrevista oral e individual com todos os alunos participantes.

**Tabela 6.1 Resumo das etapas da sequência didática proposta para o professor e para os alunos.**

| <b>Aulas</b> | <b>Atividades do professor</b>   | <b>Atividades dos alunos</b>   | <b>Recursos</b>                                 |
|--------------|--|--|---|
| 1            | - Aplicar pré-teste sobre carga elétrica, processos de eletrização, corrente elétrica, campos elétricos e magnéticos, indução eletromagnética. | - Responder ao pré-teste   | Pré-teste                                       |
| 1            | - Apresentar um vídeo sobre a história e conceitos básicos do eletromagnetismo.  | - Assistir aos vídeos;<br>- Comparar o que viu com o pré-teste aplicado. | Vídeo   |
| 4            | - Aplicar e orientar os alunos sobre o   | - Realizar os  | Experimento sobre carga elétrica e processos de |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | <p>primeiro experimento (E1);</p> <p>- Discutir os conceitos físicos envolvidos.</p>  | <p>experimentos;</p> <p>- Responder aos questionamentos</p>              | <p>eletrização (Gerador de Van der Graf)</p>  |
| 1 | <p>- Aplicar uma avaliação sobre o experimento E1</p>   | <p>- Responder a avaliação</p>   | <p>Avaliação (A1)</p>   |
| 2 | <p>- Orientar sobre o uso de simulações computacionais;</p> <p>- Orientar sobre a utilização da ferramenta PHET;</p> <p>- Orientar a montagem dos circuitos e discutir os conceitos físicos envolvidos.</p> | <p>- Montar os circuitos;</p> <p>- Responder os questionamentos</p>      | <p>Ferramenta computacional PHET</p>  |
| 1 | <p>- Aplicar uma avaliação sobre o experimento E2</p>   | <p>- Responder a avaliação</p>   | <p>Avaliação (A2)</p>   |
| 4 | <p>- Aplicar e orientar os alunos sobre o terceiro experimento (E3);</p> <p>- Discutir os conceitos físicos envolvidos.</p>   | <p>- Realizar os experimentos</p> <p>- Responder aos questionamentos</p> | <p>Experimento sobre campos magnéticos variantes no tempo e indução eletromagnética (Mini Hidrelétrica)</p> |
| 1 | <p>- Aplicar uma avaliação sobre o experimento E3</p>   | <p>- Responder a avaliação</p>   | <p>Avaliação (A3)</p>   |
| 1 | <p>- Aplicar pós-teste sobre carga elétrica, processos de eletrização, corrente elétrica, campos elétricos e magnéticos, indução eletromagnética.</p>   | <p>- Responder ao pós-teste</p>  | <p>Pós-teste</p>  |
| 2 | <p>- Entrevistar os alunos sobre todo projeto.</p>  | <p>- Responder as perguntas</p>  | <p>Avaliação oral</p>   |

## 6.2 Análise da Sequência didática

A importância do Eletromagnetismo no dia-a-dia dos alunos é a principal motivação para utilizar essa sequência didática de ensino-aprendizagem, uma vez que, a abordagem do tema nos livros da PNLD 2018 é muito focada para vestibulares, com exercícios e questões. No entanto, a realidade das escolas públicas é diferente de uma particular, por exemplo, em que cerca de 100 % dos alunos irão fazer o vestibular. Com isso o foco desta sequência didática é ensinar o tema de uma forma diferente e mostrando mais o lado teórico e fenomenológico do que a resolução de exercícios em si, mesmo que a teoria de Vergnaud use a resolução de exercícios como um dos principais meios de aprendizagem.

Desta forma, as atividades propostas nesta sequência didática têm duração de 18 aulas de na média 50 minutos cada uma. Entretanto, para a distribuição por turma foi diferente para cada atividade, sendo que para cada experimento uma turma ficou responsável de construí-lo. De modo que a turma A construiu o experimento E1, a turma B o experimento E3 e a turma C o experimento E2. Mas, todas as turmas, exceto a C, foram aplicadas os 3 experimentos, sendo que em algumas apenas houve discussão e explicação do respectivo funcionamento.

O quadro abaixo mostra as atividades realizadas por turma e sua respectiva sequência de aplicação.

**Tabela 6.2 Estrutura da Sequência didática por turmas.**

| <b>Turma A</b>  | <b>Turma B</b>  | <b>Turma C</b>  |
|---|---|---|
| Pré-teste   | Pré-teste   | Pré-teste   |
| Vídeos explicativos sobre Eletromagnetismo: História e conceitos. | Vídeos explicativos sobre Eletromagnetismo: História e conceitos. | Vídeos explicativos sobre Eletromagnetismo: História e conceitos. |
| Construção e Aplicação do E1                                      | Construção e Aplicação do E3                                      | Aula expositiva sobre Carga Elétrica e Processos de               |

|                            |                            |   |
|----------------------------|----------------------------|---|
|                            |                            | Eletrização   |
| Avaliação do E1            | Avaliação do E3            | Avaliação sobre Eletrostática   |
| Montagem e aplicação do E2 | Montagem e aplicação do E2 | Aula expositiva sobre Circuitos elétricos, Resistores e Associação de Resistores. |
| Avaliação do E2            | Avaliação do E2            | Avaliação sobre Eletrodinâmica  |
| Aplicação do E3            | Aplicação do E1            | Aula expositiva sobre indução Eletromagnética.                                    |
| Avaliação do E3            | Avaliação do E1            | Avaliação sobre indução Eletromagnética   |
| Pós-teste                  | Pós-teste                  | Pós-teste   |
| Entrevista oral            | Entrevista oral            | Entrevista oral   |

Como dito, a turma C são todas aulas canônicas, mas, com as mesmas avaliações e testes. Lembrando que a turma C era uma turma normal do terceiro ano do Ensino Médio, com cerca de 45 alunos, em que foram selecionados 5 alunos para serem avaliados. No entanto, a aplicação da sequência didática aconteceu com todos os 45 alunos.

## **CAPÍTULO 7**

### **Aplicação da Sequência Didática de Ensino e Aprendizagem**

Este capítulo mostra a aplicação da sequência didática de ensino e aprendizagem nas turmas escolhidas, e ainda, o desenvolvimento cognitivo dos alunos durante todo o projeto. Dessa forma, apresentaremos um resumo de todas as aulas e as principais dúvidas, indagações e evolução dos alunos e do projeto em si. A turma C, por ser a turma controle e não fazer parte da sequência aplicada, sendo apenas o produto de comparação entre as outras turmas, não terá as 18 aulas esmiuçadas nesse capítulo, uma vez que, a eficácia e, conseqüentemente, a comparação entre as turmas será detalhada no capítulo seguinte.

#### **7.1 Aulas**

##### **Aula 1 – Pré-teste e os conhecimentos prévios.**

Como esclarecido em outro momento, o intuito da aplicação do pré-teste era de fazer com que pudesse ter alguma referência sobre de como o aluno pensava sobre determinadas situações físicas que o mesmo talvez nunca tivesse ouvido falar, ou ainda, tivesse ouvido vagamente. E mesmo que o aluno não tivesse conhecimento sobre tal fenômeno, que o mesmo escrevesse a impressão que se tinha pelo nome do fenômeno.

Com isso, orientou-se aos alunos que fossem sinceros com a avaliação e consigo mesmo, do ponto de vista de trapaça (cola, entre outros), que evitam usar celular, e não conversassem entre si. Um dos grandes problemas da educação atualmente, é que o aluno é movido por ponto, ou seja, ele somente faz alguma atividade se essa mesma atividade valer algum ponto. Por isso que se buscou escolher alunos que realmente estivessem interessados em aprender o conteúdo e sentissem motivados a participar do projeto sem nenhum interesse, seja pedagógico ou algum outro tipo de benefício.

O pré-teste era composto por questões dissertativas (ver produto) que visavam o aluno a explicar conceitos como: carga e corrente elétrica, como eletrizar um corpo neutro ou carregado, o conceito de campo elétrico, entre outros.

A maioria das questões foi deixada em branco, ou seja, os alunos não conseguiram entender a questão ou não sabiam realmente o conceito que se pedia. Isto

estava dentro do planejado, uma vez que, os alunos somente teriam conhecimento de tais questionamentos se tivessem pesquisado por conta própria, pois ainda não tinham visto esses conteúdos em sala de aula.

### **Aula 2 – Exibição de Vídeos – Apresentação dos conceitos básicos.**

Na semana seguinte, os alunos puderam aprender conceitos básicos do Eletromagnetismo com a exibição de seis vídeos, da série “Concepts in Science”, de cerca de 10 minutos cada, em que cada vídeo mostrava os conceitos básicos da teoria eletromagnética. Todos os vídeos foram produzidos pela TV Ontario, em Melbourne, Austrália, no ano de 1987 e retirados do site Youtube ([www.youtube.com](http://www.youtube.com)). O quadro 7.1 mostra o conteúdo de cada vídeo, a duração de cada um, e o endereço digital que foi encontrado. O porquê de se usar vídeos ao invés de uma aula normal é devido à tentativa de mostrar um novo método de ensino, fugindo da realidade usual do aluno.

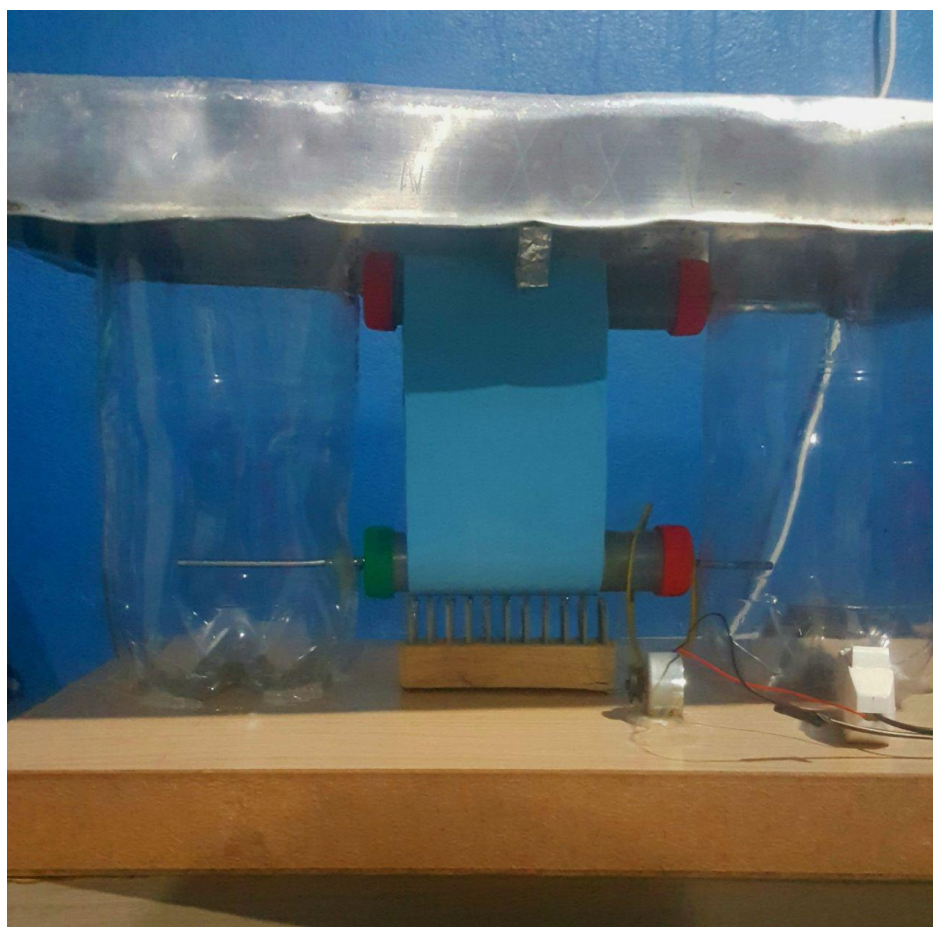
**Tabela 7.1 - Conteúdo dos vídeos exibidos com os respectivos tempos de duração e endereço eletrônico ao qual são disponibilizados via internet.**

| <b>Título</b>                          | <b>Duração (min)</b> | <b>Endereço eletrônico</b>  |
|--|----------------------|---|
| Campo Magnético da Terra.              | 9:18                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=49ko8U8GrKM">https://www.youtube.com/watch?v=49ko8U8GrKM</a> |
| Magnetismo e o movimento dos elétrons. | 9:11                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=opOT99hWYII">https://www.youtube.com/watch?v=opOT99hWYII</a> |
| Teoria dos domínios.                   | 9:11                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=LEcsuuQpptI">https://www.youtube.com/watch?v=LEcsuuQpptI</a> |
| O princípio do motor.                  | 9:39                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=BziISvjtcoc">https://www.youtube.com/watch?v=BziISvjtcoc</a> |
| Indução Eletromagnética                | 9:36                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=_wavc4Vag40">https://www.youtube.com/watch?v=_wavc4Vag40</a> |
| A vida no campo                        | 9:23                 | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ErINz55i8kA">https://www.youtube.com/watch?v=ErINz55i8kA</a> |

### **Aula 3, 4, 5 e 6 – Montagem do experimento E1 – Gerador de Van der Graf.**

Nestas aulas apresentou-se o experimento chamado Gerador de Van der Graf feito com materiais encontrados facilmente pelos alunos (ver produto). Na primeira aula deste experimento os alunos levaram os materiais pedidos pelo professor no dia da exibição dos vídeos. Os materiais usados não foram os mesmos do roteiro original, de modo que foram feitas algumas modificações para adequar a idéia no contexto do projeto, pois o roteiro original usava alguns materiais que ou eram caros ou eram de difícil acesso.

O resultado da montagem pode ser vista na figura 7.1.



**Figura 7.1 - Gerador de Van der Graf feito com materiais recicláveis e de baixo custo. Fonte: Próprio autor.**

### **Aula 7 – Aplicação de avaliação referente ao primeiro experimento**

A aula 7 foi destinada a aplicação de teste avaliativo (ver Produto) para identificar o entendimento dos alunos no experimento E1. Da mesma forma que o pré-

teste, pediu-se aos alunos que fossem honestos e não usassem de estratégias ao qual pudesse haver algum tipo de trapaça.

### **Aula 8 e 9 – Uso da simulação computacional PHET para montagem e demonstração de circuitos elétricos.**

Nesta parte da sequência didática, o professor tem que ensinar primeiramente como entrar na página da simulação e, em seguida, como utilizar a interface. Simultaneamente, o professor deve ministrar uma aula teórica sobre o conteúdo de circuitos elétricos, resistores e associação de resistores, para usar a simulação como algo prática e possíveis questionamentos.

Após a aula teórica, os alunos começaram a montagem do seu próprio circuito. Foram pedidos 4 circuitos, em que cada circuito era mais complexo que o anterior. O primeiro, um circuito simples com apenas uma lâmpada, fios, bateria e chave, como mostra a figura 7.2. O segundo e terceiro circuitos, são circuitos com duas lâmpadas, em série no segundo e em paralelo no terceiro, bateria, fios e chave, como mostram as figuras 7.3 e 7.4 respectivamente. No último, foi pedido um circuito misto (série e paralelo) com três lâmpadas, fios, baterias e chave.

Em seguida, foram feitas questionamentos sobre as diferenças entre os circuitos como, “Qual lâmpada brilha mais, no circuito em série ou paralelo?”, “Se retirar uma lâmpada no circuito em paralelo, o que acontece com a outra? E em série?”. Todos esses questionamentos podiam ser observados de forma prática, ou seja, apenas mexendo na simulação ou através de resolução teórica.



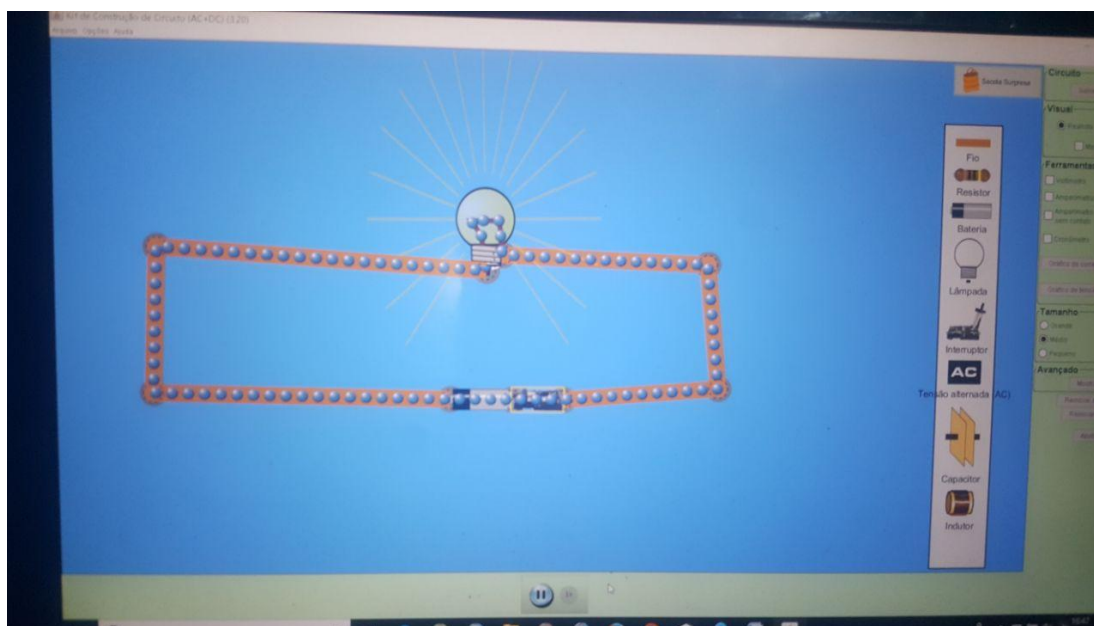


Figura 7.2 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 1 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

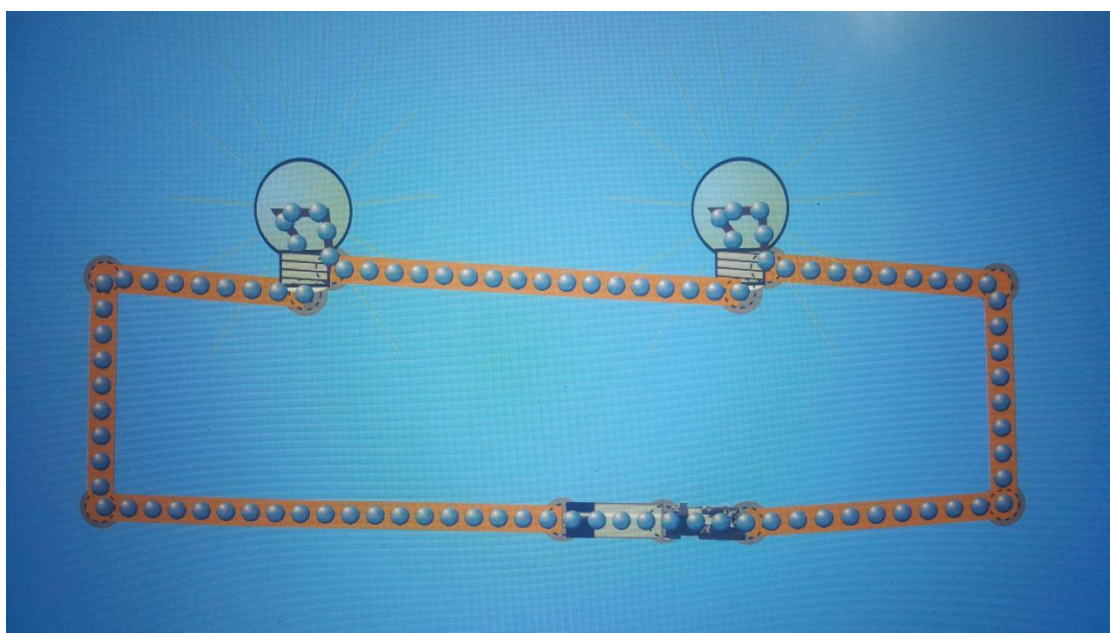


Figura 7.3 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 2 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

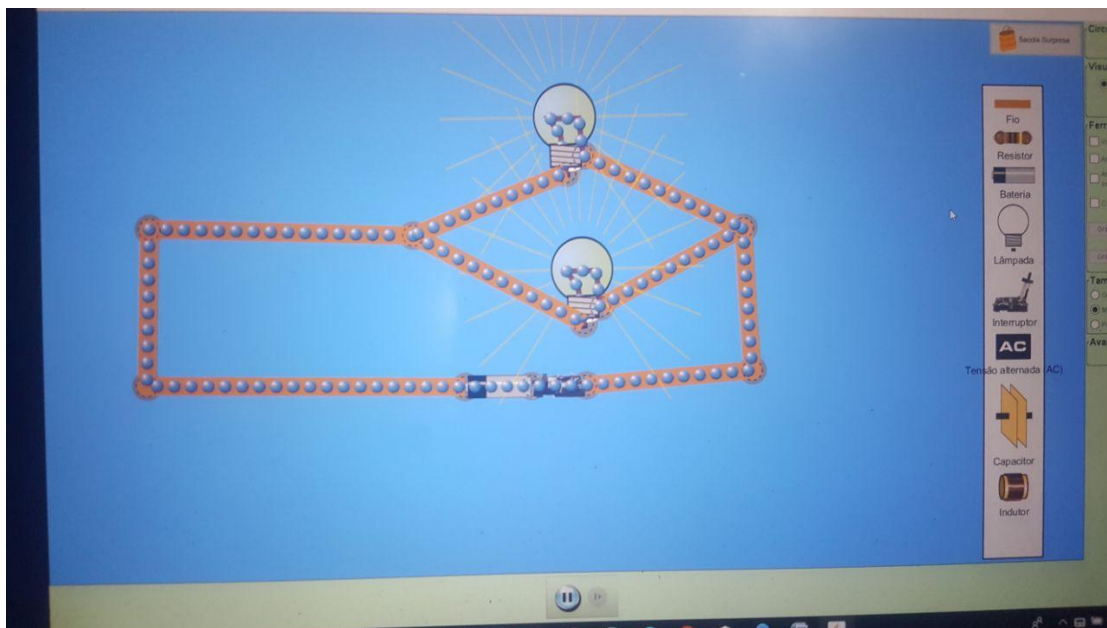


Figura 7.4 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 3 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

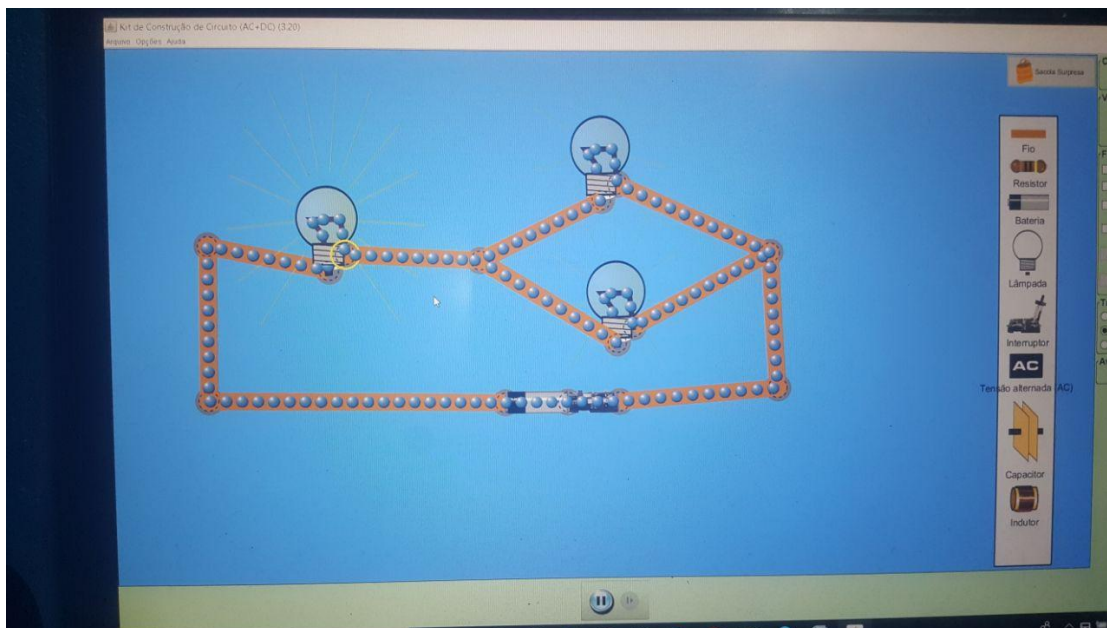


Figura 7.5 – Ferramenta computacional Phet aplicada ao circuito 4 do experimento E2. Fonte: Próprio autor.

### **Aula 10 – Aplicação de avaliação referente ao segundo experimento.**

Como feito ao término da primeira experiência, aplicou-se uma avaliação referente ao conteúdo do experimento E2. Composto por questões puramente teóricas, o aluno foi indagado a responder perguntas como: “O que é corrente elétrica?”, “O que são circuitos elétricos”, “Qual a importância dos circuitos elétricos na atualidade?”; entre outros. Algumas dessas questões foram abordadas durante a aula teórica e prática. Dessa forma, o aluno apenas tinha que relembrar determinadas situações que ocorreram na própria sala de aula.

### **Aula 11, 12, 13 e 14 – Montagem do experimento E3 – Mini-Hidrelétrica.**

Para finalizar esta sequência didática, os alunos tiveram que construir um modelo de uma mini-hidrelétrica. Primeiro há a necessidade de explicar o porquê de usar um modelo representativo de uma hidrelétrica, uma vez que, acaba abordando também conteúdos de Física do primeiro ano do Ensino Médio. Esta idéia surgiu devido a Feira de Ciências da própria escola, já que o tema sorteado para a turma foi “Energia Renovável”. De tal modo, juntou-se o fato do tema proposto para feira com o tema da presente dissertação, e via-se que faltava exatamente algum experimento que explicasse a interação entre os campos magnéticos e elétricos, com isso, o tema que se encaixou em ambas as partes foi exatamente “Hidrelétricas”.

Dessa forma, esse experimento aconteceu de duas formas: em relação ao projeto de mestrado e em relação à feira de ciências escolar. No primeiro caso, o experimento seguiu o cronograma proposto (4 aulas para montar e discutir e 1 aula avaliativa), e foi construído até a parte do funcionamento manual do gerador. Ou seja, para o projeto os alunos construíram apenas as bobinas no núcleo de ferro, o rotor (com o ímã girando dentro do núcleo), e a ligação em série dos leds (em paralelo) com um capacitor, como mostra a figura 7.6. No segundo caso, os alunos deram continuidade em sala de aula para apenas aperfeiçoar e finalizar o experimento, inserido as turbinas, as correias, a base e hastes de madeira e a construção das roldanas. O experimento completo pode ser visto na figura 7.7.

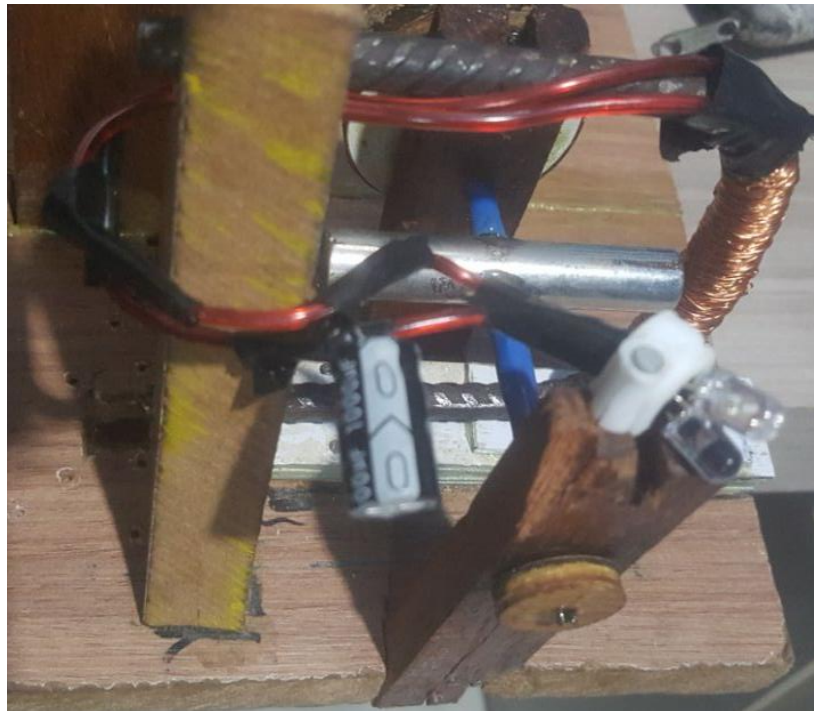


Figura 7.6 – Primeira parte do Experimento E3. Fonte: Próprio autor.

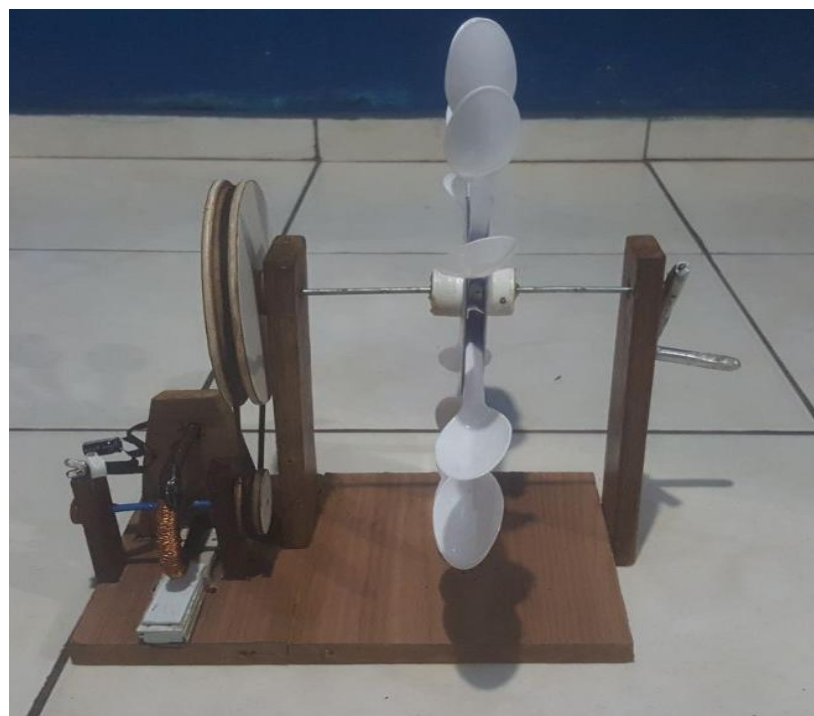


Figura 7.7 – Experimento E3 completo. Fonte: Próprio autor.

### **Aula 15 – Aplicação de avaliação referente ao terceiro experimento.**

Como feito após cada experimento, mais uma avaliação sobre o conteúdo explanado no experimento anterior (E3). Como o tema abrangia Física do primeiro ano, então algumas perguntas eram relativas a esse conteúdo, mas sem fugir do foco principal do projeto que eram questões relativas ao conteúdo de Física do terceiro ano, que nesse caso era indução eletromagnética.

### **Aula 16 – Pós-teste.**

A aplicação do pós-teste se deu na aula 16, e esta era bem parecida com a primeira aula, em que os alunos respondiam o mesmo teste avaliativo que foi aplicado nesta aula. No entanto, agora os alunos já tinham um embasamento, adquirido durante todo o curso, e assim podiam responder, teoricamente, o questionário com uma maior tranquilidade e segurança.

### **Aula 17 e 18 – Entrevista oral.**

Para finalizar esta sequência de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, o curso, os alunos foram submetidos a uma entrevista oral, em que tiveram que responder algumas perguntas sobre o desenvolvimento do conteúdo físico, do seu aprendizado e do projeto, relatando suas experiências, sensações e críticas.

## **7.2 Resultados**

A partir deste tópico inicia-se o relato das atividades propostas na sequência didática em cada aula com as turmas A, B e C. A intenção é discutir e avaliar o rendimento dos alunos e verificar se o método é eficaz, e, se ainda tem uma boa receptibilidade perante os mesmos.

### **Atividade 1 – Pré-teste**

Iniciou-se o projeto com a aplicação do pré-teste, que consistia em questões dissertativas e teóricas sobre conceitos básicos da Física do Terceiro Ano do Ensino Médio. O que pôde ser observado era que grande parte das respostas dos alunos não estavam totalmente de acordo com o conceito científico. Outras questões foram respondidas de forma óbvia, mas, não correspondendo a resposta correta.

A primeira questão pedia para conceituar o termo “carga elétrica”, de tal forma que, a maioria dos alunos relatou como sendo energia, ou algo relacionado a prótons e

elétrons. Abaixo se tem algumas das respostas escritas pelos alunos, com o mesmo linguajar e palavras usadas por eles, com erros ortográficos e de concordância para mostrar a fidelidade do trabalho. Os alunos estão representados pela letra da sua respectiva turma seguidos de um número de 1 a 5, para identificá-los e avaliá-los de forma individual. Outra situação é que nem todas as questões foram respondidas pelos alunos, com algumas sendo deixadas sem resposta (em branco). Dessa forma, haverão questões que não aparecerão as respostas de todos os alunos, sinal que o mesmo não respondeu.

“É uma carga produzida por energia elétrica.” (A1)

“É o que define o elétron ser negativo ou positivo.” (B5)

“Carga elétrica corresponde às partículas que compõem um átomo, que são elétrons, prótons ou nêutrons.” (B1)

“É potência de energia elétrica.” (C3)

“O conceito de carga elétrica é: Como se fosse uma corrente que transmite partículas necessárias para energizar o destino de onde essa corrente esteja ligada.” (A5)

“Um corpo que possui carga.” (C2)

Outra questão intrigante em que os alunos tiveram respostas que não condizia com o conceito físico real era sobre o conceito de corrente elétrica. Como se pode notar abaixo:

“Elétrons aglomerados em movimento” (C1)

“O percurso da energia, por onde ela passa.” (A2)

“É como se fosse um corredor por onde elétrons e prótons transitam.” (A5)

“Aumento de carga elétrica” (C4)

“A passagem elétrica por diferentes corpos.” (B5)

“Fluxos de partículas portadoras de carga elétrica” (B4)

Nota-se que o último aluno citado teve uma resposta bem próxima do conceito físico real. De modo que, a primeira vista é possível notar um bom embasamento na área, a partir não da resposta, se ta certa ou errada, mas o linguajar técnico já demonstra que este aluno tem um grande potencial a ser explorado.

Uma observação que se tirou das respostas dessas duas questões é que os alunos não têm uma idéia clara do que conceito de energia, associando justamente ao senso comum, ou seja, energia para eles é energia elétrica residencial. De tal maneira, que qualquer tema referente à eletricidade é sempre relacionado a termos de energia. Com isso, como primeira conclusão, e conseqüentemente, algo a ser trabalhado nos alunos, é explorar e investigar o conceito físico real de energia, tanto no ponto vista elétrica como no mecânico.

No entanto, tiveram-se perguntas em que a maioria teve uma resposta aceitável dentro da idéia de uma avaliação diagnóstica. A questão “O que são corpos neutros? E positivos? E negativos?” se encaixa nesse parâmetro, tendo algumas respostas mostradas abaixo:

“São corpos que não possuem cargas elétricas (neutros) ou possuem a mesma quantidade + ou -. São corpos com menos elétrons (positivos). São corpos com maior quantidade de elétrons (negativos)”. (A2)

“São corpos que não possuem cargas, positivas possuem cargas positivas (prótons), negativas possuem cargas negativas (elétrons). (C3)

“Um corpo neutro é um corpo que possui a mesma quantidade de prótons e elétrons, um corpo positivamente carregado possui mais prótons que elétrons e o negativo mais elétrons do que prótons.” (B3)

Essa questão era uma “pegadinha” para quem não sabia realmente o conceito, pois ao se perguntar “O que são corpos neutros?” os alunos automaticamente pensavam

que são corpos desprovidos de carga elétrica, o que não acontece. Mas como foi visto nas respostas, alguns conseguiram prestar atenção no questionamento e responderam com certa propriedade.

Em linhas gerais, a aplicação do pré-teste foi satisfatória mostrando que os alunos estavam empenhados em tentar responder corretamente as questões mesmo sem terem estudado antes. Como resultado, pôde-se observar as dificuldades dos alunos em conceitos básicos, na linguagem técnica e na escrita também, não conseguindo às vezes se expressar ou transmitir o que realmente queria dizer.

Dessa maneira, o professor soube onde atacar o problema e em quais dificuldades específicas podia ser aprofundado mais, discutindo e incentivando os alunos a corrigir e pesquisar tais conceitos.

### **Atividade 2 – Exibição de vídeos**

A próxima atividade, os alunos tiveram o primeiro contato com o Eletromagnetismo (no projeto) com a exibição de vídeos (especificados neste capítulo) que mostravam os conceitos básicos e aplicações do Eletromagnetismo.

Durante a exibição dos vídeos os alunos acharam engraçado a primeira vista, devido a baixa qualidade gráfica (a série foi produzida em 1987), mas conforme foram se acostumando com a resolução viram a importância dos conceitos e até mesmo ficaram incrédulos em algumas situações. Surgiram perguntas do tipo “Isso é real?”, “Será que acontece de verdade?”, “Podemos criar um ímã?”. O professor como mediador da situação apenas deixou mais dúvidas no ar, para fazê-los investigar e pesquisar, com o intuito de deixar-os atuantes no processo ensino-aprendizagem.

Ao término dos vídeos foi possível observar uma maior curiosidade e também empolgação por parte dos alunos em querer dar continuidade as aulas com antecedência, fugindo do cronograma planejado. Mesmo com a negativa de adiantar as aulas, os alunos continuaram empolgados e foram atrás do material necessário para montagem do primeiro experimento.

Observou-se também que as algumas dúvidas que os alunos tinham, ou que acabaram respondendo de forma errônea, no pré-teste foi totalmente ou parcialmente esclarecidas pelos alunos. Como no caso do aluno A2 que ao término dos vídeos indagou-me sobre o conceito de corrente elétrica, em que o mesmo respondera errado no pré-teste:



- aluno A2: “Agora entendi o significado de corrente elétrica”;

- Professor: “Então me diga, qual é este significado?”

E o mesmo respondeu:

- aluno A2: “É o movimento dos elétrons”

Orientei-lhe a aprofundar mais e se pudesse ver os vídeos novamente, uma vez que, a resposta estava bem melhor do que foi respondido no pré-teste, mas ainda estava incompleta. Pois como dito em outro momento, a função do professor na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud é instigar e motivar o aluno a pesquisar, de tal modo, que o próprio aluno obtenha as respostas corretas sozinho.

Mas como segunda atividade, já se pôde notar uma crescente evolução principalmente do “querer aprender” dos alunos, onde a maioria se mostrou mais empenhado e dedicado após a visualização dos vídeos.

### **Atividade 3 – Experimento E1**

Essa atividade é a primeira etapa para o método de ensino-aprendizagem proposto, pois como justificado anteriormente, o trabalho tem como objetivo principal ensinar a chamada “Física 3” com o uso da experimentação prática, utilizando matérias de baixo custo. Nesta atividade apresentou-se o experimento chamado Gerador de Van der Graf feito com materiais encontrados facilmente pelos alunos (ver produto).

Na primeira aula deste experimento os alunos levaram os materiais pedidos pelo professor no dia da exibição dos vídeos. Outros materiais foram conseguidos pelo próprio professor, e quando deparados pelos alunos ficaram mais entusiasmados para o início do processo de montagem.

Alguns materiais usados não foram os mesmos do roteiro original, de modo que foram feitas algumas modificações para adequar a idéia no contexto do projeto, pois o roteiro original usava alguns materiais que ou eram caros ou eram de difícil acesso.

Por ser o primeiro experimento os alunos tiveram grande dificuldade em entender a idéia do funcionamento, o uso de determinadas ferramentas e encontrar alguns materiais que ainda estavam faltando ou em fase de teste.

Houve problemas na correia do gerador, pois o material orientado pelo roteiro original era uma tira de borracha laranja, ao qual não se pôde encontrar, logo o professor orientou aos alunos que fizessem uma substituição por outro material. Essa substituição foi feita por eles mesmos, sem interferência do professor e nem dica de qual seria o novo material ideal para se usar.

Primeiramente tentou-se uma liga feita com balão cortado, pois se sabe que balão é um bom material para eletrizar por atrito, mas, esse não foi eficaz pela maleabilidade e fragilidade do balão, rompendo por diversas vezes durante o funcionamento do gerador. Depois, tentou-se um material emborrachado (que se encontra em livrarias ou casa de ornamentações de festas), fazendo com que funcionasse até certo ponto o gerador. Outra substituição, essa sugerida pelos alunos, foi trocar a escova de metal (bem cara) por alumínio encontrado em latas de leite e de achocolatado.

No entanto, mesmo após as mudanças feitas notou-se que o acúmulo de cargas elétricas na cúpula não era suficiente para, por exemplo, arrepiar o cabelo de uma pessoa. Isso foi devido ao material da correia não ter uma facilidade para perda ou ganho de elétrons. De modo que, mesmo ao final do tempo previsto para montagem, os alunos ainda tentaram achar um bom material para correia.

Após a montagem do experimento E1, iniciou-se uma discussão em sala de aula sobre os conceitos relacionados no processo de funcionamento. O professor indagou a turma a responder questões sobre o funcionamento do gerador, para poder agora explicar os conceitos do conteúdo referente ao gerador. O primeiro questionamento se fazia em relação ao atrito entre a correia e a escova de metal (alumínio do achocolado), “O que acontece quando a correia toca na escova?”. Observe algumas das respostas dos alunos em sala de aula:

“Serve para esfregar e retirar energia da escova” (A2)

“Acho que é para esquentar a correia, e dessa forma deve gerar energia elétrica”  
(B1)

“Deve ser para retirar carga elétrica e levar para cúpula” (A5)

As respostas foram um pouco dentro do esperado, sendo que apenas um aluno (A5) conseguiu entender a ideia através do que fora apresentado no vídeo e durante a montagem. Outro questionamento era sobre a função da correia no gerador e quase todos os alunos responderam corretamente:

“Para levar energia para cúpula” (B5)

“Transmitir carga elétrica para cúpula” (B3)

Apesar de continuarem falando em energia, notou-se que a maioria tinha entendido pra quê se tinha que colocar uma correia ligada a um motor. No entanto quando se perguntou “Quais processos de eletrização envolvidos no funcionamento e ao toque na cúpula por uma pessoa?” viu-se que os alunos não conseguiam expressar sua opinião, pois os termos técnicos e possivelmente falta de embasamento, por não terem estudado esse tema, atrapalharam no pensamento e resposta da questão.

Aproveitando dessa situação o professor explicou sobre os processos de eletrização envolvidos, explicando os processos por atrito, que no caso ocorria na escova inferior e a correia, o processo por contato, acontecendo quando a correia tocava a escova superior e também no toque de uma pessoa na cúpula eletrizada, e por fim o processo por indução, que aconteceria quando uma pessoa aproximava o braço perto da cúpula, sem tocar na mesma, e os seus pêlos se arrepiavam sendo atraídos pela cúpula.

A partir desse último processo, foi possível explicar também por que os pêlos eram atraídos, já que o mesmo estava neutro, levando ao conceito de Campo e Força Elétrica.

Com isso, os alunos puderam ter uma aula teórica/prática de um tema relevante para Física do Terceiro Ano, e, de certo modo, puderam sanar dúvidas do pré-teste e descobrir o funcionamento do gerador e de cada sub-etapa dele.

O experimento teve grande sucesso, graças ao empenho e dedicação dos alunos, sendo realizado dentro do tempo previsto. E posteriormente foi apresentado na Feira de Ciências da Amazônia, FCA 2017, promovida pela SEDUC em parceria com a SEMED, sendo explicado pelos alunos da turma A de forma magistral obtendo assim grandes elogios por parte da comissão avaliadora da feira. Como mostra as figuras 7.8 e 7.9.



Figura 7.8 - Apresentação do Experimento E1 pela turma A na FCA 2017.



Figura 7.9 - Apresentação do Experimento E1 pela turma A na FCA 2017.

#### Atividade 4 – Avaliação do Experimento E1

Para avaliar o rendimento dos alunos no primeiro experimento, aplicou-se uma avaliação com 8 questões dissertativas referente ao tema discutido em sala de aula. Dentro desse tema estava incluso os processos de eletrização, conceitos de campo elétrico e de carga elétrica.

Os alunos foram submetidos a responder questões conceituais e questões que o fizessem pensar, pois duas questões não foram discutidas em sala para justamente fazer com o que aluno pensasse nos conceitos físicos e desse sua ideia do que seria tal fenômeno.

As primeiras questões eram as mesmas primeiras questões do teste diagnóstico, para poder comparar justamente o grau de evolução de uma resposta e outra, uma vez que o aluno teve agora uma atividade referente a este tópico. Para fins de comparação colocou-se abaixo a resposta dos mesmos alunos que foram mencionados no item do

pré-teste. A primeira questão fazia referência ao conceito de carga elétrica e os alunos tiveram as seguintes respostas:

“É uma característica de cada corpo.” (A1)

“Acredito que seja algo que crie o campo elétrico.” (B5)

“Acho que é uma propriedade que nasce com a matéria.” (B1)

“Deve ser algo que já vem dentro da matéria, algo que faz com que se tenha energia.” (C3)

Com essas respostas foi possível observar que o conceito de carga elétrica é complexo aos olhos dos alunos e, às vezes, para os próprios professores, pois é algo abstrato e difícil de ser explicado em palavras. No entanto, apesar desta dificuldade, percebeu-se que os alunos entenderam a ideia do conceito não sabendo se expressar cientificamente, mostrando assim uma grande evolução.

Outro questionamento que também estava no pré-teste era “O que é eletrizar um corpo?”, sendo que dessa vez os alunos foram enfáticos em afirmar que “eletrizar é carregar um corpo com cargas elétricas positivas ou negativas”, mostrando mais uma vez que tinham entendido bem esse processo.

Em relação às questões inéditas, os alunos também tiveram um bom rendimento se atrapalhando somente nas questões que não foram discutidas em sala de aula. Como por exemplo, quando se perguntou “Quais os processos de eletrização que ocorrem no Gerador de Van der Graff”, todos os alunos conseguiram responder claramente os três processos e ainda explicar passo a passo como e em que momento ocorria. Entretanto, em situações do tipo “O que é uma descarga elétrica?” os alunos tiveram dificuldade em opinar, como segue em algumas respostas abaixo:

“Deve ser como um raio, ou alguma coisa que dê choque. A gente sentia choque quando tocava no gerador, então acho que a gente sentia descarregar na gente” (B3)

“É quando se coloca o dedo em uma tomada e sentimos aquele choque. No caso do gerador, a gente tomava choque ao tocar nele, esse choque deve ser a descarga elétrica” (A5)

“A descarga elétrica é quando se tem um corpo carregado e o mesmo se livra dessas cargas através de uma descarga.” (A2)

“A descarga elétrica é a saída de elétrons de um corpo para outro. Por exemplo, quando a gente tocava a cúpula do gerador e sentia formigar a nossa mão” (B1)

Dessa forma, pôde-se concluir que os alunos não têm ainda um intuito físico e científico em descrever fenômenos sem conhecê-los, expondo um ponto a ser trabalhado no decorrer do projeto. Mas, de modo geral, o rendimento na primeira avaliação foi considerado satisfatório, visto que, os alunos conseguiram responder de forma adequada e conveniente os questionamentos sobre o experimento. E ainda, utilizaram situações que os mesmos puderam observar experimentalmente, como no caso da descarga elétrica, deixando claro que os alunos aprenderam e usaram ainda o que se viu nas definições dos conceitos pedidos.

Os alunos da turma C também fizeram a mesma avaliação, já que, estudaram o mesmo conteúdo, apenas com metodologia diferente, para motivo de comparação com as outras turmas.

Como resultado, a turma C mostrou um menor aproveitamento nas respostas em que as outras turmas tiveram uma grande quantidade de acertos. Acredito que isso se deve ao fato, a falta de interesse dos mesmos, pois, como se sabe, a um despreço da disciplina Física por parte do corpo discente. Isso acontece devido à dificuldade da disciplina, da falta de base matemática e lingüística, e principalmente, da não contextualização da matéria no dia-a-dia do estudante. Em outras palavras, os alunos acham que não há necessidade de aprender tal disciplina, devido não a verem como algo útil no mercado de trabalho, e conseqüentemente, para o resto da vida deles.

### **Atividade 5 – Experimento E2**

O estudo da Eletrodinâmica começou na atividade 5, em que os alunos foram sujeitos a utilizar o aplicativo de simulação computacional PHET. A finalidade é demonstrar a montagem de circuitos elétricos em série e em paralelo com o auxílio de

uma ferramenta diferente, mas com uma facilidade maior de ter acesso, por parte dos alunos, do que, por ventura, um experimento convencional.

Como discutido no item da sequência didática, no tópico do experimento E2, primeiramente se fez necessário uma aula teórica, canônica mesmo, explicando os conceitos fundamentais da Eletrodinâmica, como: corrente elétrica, tensão elétrica, resistores e associação deles e alguns dispositivos elétricos.

Na aplicação da aula teórica, percebeu-se a mesma dificuldade e resistência dos alunos das turmas A e B com os da turma C, deduzindo que o empenho e motivação dos alunos dependesse, exclusivamente, da aula prática. Desta maneira, comprova-se que o uso de experimentos é eficaz, pelo menos no âmbito motivacional. Outra obstáculo está presente na parte matemática e resolução de exercícios simples, exibindo um problema que é discutido em vários ramos da sociedade que é a falta de base dos alunos em termos das disciplinas básicas (português e matemática).

Apesar destes contratempos, os alunos puderam entender um pouco da teoria, sem levar em consideração a parte matemática, da montagem de circuitos e como funcionavam.

Na semana seguinte, levou-se os alunos para o laboratório de informática, da Escola Estadual Sant'Ana, a fim de empregar o modelo computacional proposto. Como primeiro passo, aglomerou-se os alunos dois por cada computador e mostrou-se onde acessar a plataforma PHET e como encontrar a simulação denominada “Kit de Construção de Circuitos (AC + DC)”. Após isso, os alunos iniciaram a montagem dos 4 circuitos propostos. No início, tiveram um pouco de problemas técnicos, por conta dos computadores não serem tão bons, e também em aprender como usar a interface. Depois de terem pego prática começaram a montagem sem muita dificuldade, surgindo apenas questionamentos como: “Como é um circuito em série mesmo, professor?”, ou ainda, “O senhor pode pôr na lousa o desenho do circuito?”. Passaram-se cerca de 30 minutos para que finalizassem os 4 circuitos.

Logo em seguida, começamos a discutir sobre os conceitos físicos envolvidos nos circuitos construídos. Quando perguntado aos alunos “Qual lâmpada brilha mais, no circuito em série ou paralelo?”, todos olharam para suas respectivas simulações a fim de obter a resposta da questão. Todos foram veementes em afirmar que o circuito em paralelo possui maior brilho nas lâmpadas. No entanto, ao se perguntar o motivo disso acontecer, houve um silêncio e apenas respostas como: “acho que é por que tem maior corrente” ou “Por que gasta mais energia”. As respostas não estavam erradas, pois o que



causa a maior intensidade no brilho da lâmpada é justamente a dissipação de energia na mesma, ou seja, quanto maior a potência dissipada maior o brilho da lâmpada, e isso é devido a corrente ser maior no circuito em paralelo (menor resistência equivalente). Mesmo com as respostas corretas, notou-se que os alunos não tiveram um pensamento físico da situação, ou seja, apenas “chutaram” a primeira coisa que lhes veio na cabeça, pois não passaram segurança em suas respostas.

Outra situação imposta foi quando perguntando o que aconteceria com uma lâmpada se retirássemos outra lâmpada dos circuitos em série e em paralelo. Do mesmo modo que a questão anterior, os alunos foram para seus computadores mexer na simulação e retirar as lâmpadas, sem que o professor dissesse como fazer isso. Depois de um tempo, conseguiram a resposta correta ficando surpresos com o que viram. Mais uma vez, indaguei-lhes a explicar o motivo da ocorrência do fenômeno, sendo que dessa vez nenhum tentou responder algo, por exatamente não conhecer o motivo. Com isso, aproveitei-me para discutir sobre curto-circuito e o caminho preferencial da corrente elétrica para explicar sobre o fenômeno.

Uma das autocríticas feitas a esta etapa da sequência didática é em relação ao tempo programado para o desenvolvimento da mesma, pois, não foi suficientemente ideal para a explanação do tema, já que, se tratava de um tema novo e extenso, e ainda, simultaneamente complexo. Desta forma, será colocado no produto educacional um tempo maior para esta etapa, tendo o mesmo tempo das outras etapas do projeto (4 aulas).

### **Atividade 6 – Avaliação do Experimento E2**

Mais uma vez ao término de um experimento aplicou-se um pequeno com o objetivo de avaliar o aprendizado individual dos alunos. A avaliação teve caráter dissertativo, com 6 questões sobre o tema “Circuitos Elétricos”.

Na avaliação somente questões de cunho teórico, ou seja, mesmo que durante a aula teórica tivesse sido utilizado o cálculo para explicar o conteúdo, na avaliação não foi cobrado dos alunos o cálculo. Dessa forma, questões sobre os conceitos básicos da Eletrodinâmica, como por exemplo, definições de corrente e tensão elétrica, foram questionadas no teste.

A definição de corrente elétrica foi respondida de forma clara pelos alunos, mostrando um bom entendimento deste conceito. Entretanto, quando perguntados sobre

o conceito de tensão elétrica, apresentou-se certa confusão do referente termo. Dentre as respostas dos alunos, as mais representativas são mostradas a seguir:

“Corrente elétrica é como a água escorrendo por um cano, segue um caminho determinado pelo cano indo de uma fonte para uma torneira em casa. Como no caso do experimento, em que ligou a pilha, e as bolinhas começaram a sair de um local para outro” (B3)

“A corrente elétrica é quando os elétrons saem de um ponto e chegam a outro, acredito eu que por força que os puxa, e essa força quem faz é a pilha” (A2)

“Pelo que eu entendi corrente elétrica é o movimento das cargas elétricas dentro de um fio, sendo que esse movimento é realizado quando se coloca uma bateria” (A4)

“Até onde eu sei um material está cheio de elétrons vagando dentro dele, e quando a gente liga uma pilha, eles passam a vagar para um local específico, e esse local que eles vão quem diz é a pilha” (B2)

“Corrente elétrica é movimento dos elétrons dentro de um condutor” (C1)

“É a união das cargas, pois corrente é junto do outro” (C3)

E em relação à tensão elétrica:

“É a força que faz puxar as cargas” (B3)

“A corrente é tipo um balde furado com água e a tensão elétrica é a altura que este balde tá, quando mais alto mais água sai no furo”. (A2)

“É uma energia “parada”, guardado esperando ser usada” (C2)

“É quanto de energia que é transmitido. Na nossa simulação, a tensão era a pilha que quando ligamos aos fios e a lâmpada fizeram as cargas sair de um lado da pilha para outro lado” (B1)

“A tensão seria a capacidade da carga elétrica de transmitir energia” (C5)

Novamente, percebeu-se que o conceito do termo “energia” não estava tão claro na cabeça dos alunos, deixando explicitamente que eles não tiveram uma boa compreensão deste termo, quando lhes foi ensinado no primeiro ano do Ensino Médio, se realmente lhes foi ensinado.

Ainda houve outros questionamentos relevantes, como o do caso da pergunta: “Qual a diferença entre circuitos em série e paralelo?”. E nessa questão, também tiveram uma boa participação, relatando coisas como: “Série é um em seguida do outro e paralelo um em cima do outro”, ou, “Circuito em série é quando a lâmpada fica ligada com outra pelo pólo contrário (positivo com negativo) e paralelo é quando fica ligada pólo igual com outro (positivo com positivo)”.

Este resultado é importante para mostrar que as diferentes metodologias aplicadas, realmente interferem no entendimento do aluno. E ainda, a contextualização do conceito é de suma importância para este entendimento, pois, como se viu, os alunos escreveram os conceitos relacionados aos exemplos usados em sala de aula, mesmo que não tenham usado a mesma fidelidade empregada na aula, mas, mostra que alguma coisa ficou entendida por eles.

Fazendo um comparativo um paralelo entre as turmas, constatou-se que há uma diferença de linguagem nas respostas. Nas turmas A e B, a linguagem é mais técnica, tentam explicar mais, e usam os exemplos e a observação no experimento para responder as perguntas. Já na turma C, é mais direto, mais sucinto e menos explicativo, mostrando preguiça e desmotivação. Outro agravante, é que estas avaliações para a turma C eram avaliações que faziam parte do ano letivo, ou seja, valiam pontuação bimestral. Isto reflete um problema ainda maior, que se os alunos não se sentem motivados quando se valem algo, e algo necessário para se dar sequência a sua vida escolar, como fazê-los aprender quando não se tem outra coisa a oferecer a não ser o conhecimento.

### **Atividade 7 – Experimento E3**

Como finalização da parte experimental do projeto, utilizou-se o experimento chamado “Mini-hidrelétrica” que consistia em um modelo representativo de uma hidrelétrica, baseada na Lei da Indução de Faraday. Como essa última parte relaciona a

interação dos campos magnéticos e elétricos, então, o aluno precisa entender bem os conceitos da parte elétrica e, ainda, aprender a parte magnética de forma separada, para depois se juntar tudo. No entanto, como são aulas práticas, a parte magnética não foi visualizada de forma teórica, sendo apenas explanadas durante a exibição dos vídeos, e durante a própria execução do experimento.

Como falado anteriormente, o projeto foi dividido em duas etapas: a primeira em relação a presente dissertação, acontecendo no fim do horário escolar durante 1 hora, sendo 1 vez por semana; e a segunda em sala de aula para apresentação da feira de ciências da própria escola. Nesta dissertação apenas será levado em consideração, em termos de desenvolvimento cognitivo, a primeira parte. Pois, houve um ganho maior de informação da turma B neste experimento em relação às outras turmas.

A montagem do experimento ocorreu com muita dificuldade, se teve grandes perdas de material e um custo elevado na reposição dos mesmos. Para que se tivesse um bom gerador, era necessário que o ímã fosse feito de Neodímio, e, justamente por esse fato o custo ter sido tão elevado, uma vez que, ímãs desse tipo são caros. Outro motivo também são as dimensões desse ímã (55 mm de comprimento por 10 mm de raio na base) que encarecia o produto. O custo médio na época era de 30 reais cada ímã (mais o frete), sendo que foram utilizados em torno de 5 a 6 ímãs, dando um total de aproximadamente 200 reais. O número grande de ímãs foi devido à quebra dos mesmos, pois, era necessário que fizesse um furo bem no centro do ímã, onde passaria o eixo de rotação. Obviamente que se podia fazer o mesmo experimento sem por o ímã pra girar, colocando uma bobina para girar em relação a um campo magnético uniforme, por exemplo, mas os roteiros encontrados usavam geradores de carrinho de brinquedo ou motor de vidro elétrico de carro para gerar energia elétrica. Como o foco do projeto é criar os experimentos e ensinar os conceitos aos alunos com essa criação, então se descartou a hipótese de uso de geradores ou motores prontos.

Outra dificuldade foi em relação ao núcleo de ferro, por que o ímã precisava girar dentro desse núcleo e para isso a parte superior e inferior do núcleo tinham que quase tocar o ímã, para ter um maior rendimento. Essa dificuldade aconteceu devido o vergalhão usado ser complicado para dobrar, e nisso acaba-se tendo um milímetros a mais na parte superior ou inferior.

Ao final desses problemas, os alunos trabalharam no enrolamento da bobina na parte central do núcleo, levando um bom tempo para completar. A bobina foi enrolada,

com fio esmaltado, manualmente por eles, tendo cerca de 600 volts. Após isso ligaram as pernas da bobina ao LED.

Em seguida os 5 alunos fizeram os primeiros testes e constataram que a corrente gerada era muito baixa e precisava que o ímã girasse muito rápido para que acendesse o LED e, também, viram que a corrente ora era intensa ora era fraca. Então sugeri que pesquisassem algum dispositivo elétrico que pudesse ajudar a aumentar a corrente e a estabilizá-la. Como resultado desta pesquisa, os alunos apresentaram dois dispositivos: um capacitor e uma ponte retificadora. Então, fomos atrás desses itens em lojas de componentes eletrônicos e os compramos por cerca de 10 reais.

Ao ligar o capacitor no gerador, viu-se que teve um aumento no brilho do LED, e os instiguei a responder o porquê de ter acontecido isso. Obviamente, os alunos não souberam responder, pois, primeiramente que não foi ensinado a eles, e segundo que eles pesquisaram por conta própria o dispositivo, sem se ligar em qual a sua função. Como não houve resposta, então, expliquei a eles pra que servia e ainda ensinei-os a ligá-los em paralelo com o LED. Como vimos que o LED brilhava muito, pedi a eles que ligassem mais um LED em série ao primeiro, perguntando-lhes o porquê disso. E dessa vez, a resposta foi imediata e corretíssima pelo aluno B2: “Para dividir o potencial né, professor?”. E assim, os alunos fizeram, agora na prática, um circuito misto, pois o capacitor estava em paralelo com os LED’s.

Com o experimento pronto, discutiu-se um pouco sobre a Física envolvida no seu funcionamento. Perguntei-lhes o motivo ao qual o ímã deveria girar, e o aluno B3 respondeu: “O ímã gira pra gerar um campo eletromagnético”. Claramente, essa resposta esta parcialmente certa, pois um campo eletromagnético é composto pela interação entre o campo elétrico e o campo magnético variantes no tempo. No entanto, não era exatamente a resposta ao qual queria que me respondessem. Em seguida, discuti sobre a Lei da Indução de Faraday em concomitância a lei da conservação de energia para que pudessem entender o motivo do ímã girar. Dentro dessa parte, o aluno A2 perguntou-me sobre um vídeo que viu na internet chamado “Energia infinita”, ao qual, um LED acendia somente com a presença de um campo magnético uniforme, alegando agora entender que esse vídeo era falso.

Outro questionamento se fez em relação ao núcleo de ferro e a bobina do gerador. Em correspondência ao núcleo, perguntei-lhes qual seria sua função no experimento e o porquê de ser em formato de “U”. Os alunos alegaram que sua função era de segurar a bobina, e seu formato era para não balançar quando girasse o ímã. Com

isso, expliquei-lhes o funcionamento e o motivo ao qual lhe cabia ser daquela forma. Sobre a bobina, o questionamento foi o motivo que se deve enrolar o fio ao redor do núcleo. O aluno B2 respondeu que poderia ser por conta de aumentar a quantidade de fio, obtendo mais cargas quando funcionasse o gerador. A partir disso, expliquei-lhes sobre como se comporta o campo magnético dentro de uma bobina, fazendo com que induzisse uma corrente circulante no condutor.

Ao fim da aplicação do experimento nas turmas, foi possível ver que os alunos estavam surpresos com o funcionamento do gerador. E nesse sentido, foram pesquisar sobre eletrodomésticos para saber se o funcionamento destes era parecido com o tema abordado.

Este experimento teve grande envolvimento das turmas, com todos tendo grande empenho e dedicação, tanto na primeira como na segunda parte. Dessa maneira, participou de duas feiras de ciências: a Feira de Bioexatas (Figura 7.10), da própria escola, ao qual a turma ficou em primeiro lugar; e o CONCEPT/IFAM (Figura 7.11), onde a turma acabou tendo grande destaque e recebendo grandes elogios de professores e visitantes que lá estavam.



**Figura 7.10 - Apresentação do Experimento E3 pela turma B na II Feira de BioExatas da Escola Estadual Sant'Ana 2017.**



Figura 7.11- Apresentação do Experimento E3 pela turma B no II CONCEPT, no IFAM.

### Atividade 7 – Avaliação do Experimento E3

A atividade 6 teve culminância com a avaliação dos alunos em uma prova dissertativa sobre o conteúdo. Fazendo um comparativo entre as outras avaliações, esta última é mais simples, pois tinha menos questões, e também, discutia mais sobre o experimento do que as outras avaliações.

A primeira questão pedia para os alunos explicarem o conceito geral de campo, e ainda, o de campo elétrico e campo magnético. A maioria dos alunos usou “campo de futebol” como exemplo para explicar o conceito geral de campo, pois este foi um dos artifícios usados pelo professor para contextualização do conceito. Já os conceitos de campo elétrico e magnético foram representados pela maioria como sendo “campo criado por uma carga elétrica” e “campo gerado por ímã”, respectivamente. Algumas respostas foram listadas abaixo:

“O campo em física é como um campo de futebol, onde os jogadores utilizam para correr atrás da bola. O campo elétrico é um local que fica ao redor de uma carga, que é criada por ela também. O magnético a mesma coisa só que ao lugar de carga é ímã.” (A5)

“Como o professor falou, campo é uma região do espaço e que pode ser de 3 tipos: gravidade, elétrico e magnético. E quando dois campos se tocam ocorre uma força de atração ou repulsão” (B4)

“Existem vários tipos de campo como, campo elétrico, campo de futebol, campo da fazenda, então o que eu posso dizer é que campo é um lugar, um espaço. O campo elétrico é esse lugar só que criado por uma corrente elétrica e o magnético criado por um ímã” (A2)

“O campo é uma perturbação no espaço que pode ser causada por uma carga elétrica, um ímã ou eletroímã e uma massa” (B1)

“Campo é um lugar onde se tem varias coisas, por exemplo, campo de futebol é um local que as pessoas usam para jogar bola. Na eletricidade a gente fica arrepiado sem tocar nas coisas que dão choque e isso acontece por causa desse campo. Já o outro campo acontece quando um ímã puxa um prego” (C3)

Um novo questionamento feito mostrava exatamente a proximidade e preferência dos alunos com as experiências. Esse questionamento retratava sobre as situações que podiam ser visualizadas no experimento, mas, que mesmo sem a apresentação do experimento podiam ser respondidas, só com o entendimento do assunto. A questão era sobre a mudança de referencial, ou seja, se mudássemos o giro do ímã em relação à bobina pelo giro da bobina em relação ao ímã, o que mudaria. Essa pergunta deixou a maioria com dúvidas e alegaram que o gerador não funcionaria se fizessem tal troca. Mas, o restante afirmou que a mudança não afetaria em nada, com a justificativa de que o importante é a variação do campo magnético e não o giro de um ou de outro.

Também perguntou-se o que eles entendiam por indução eletromagnética, pergunta que fazia parte do pré-teste, e os alunos demonstraram ter entendido razoavelmente bem esse conceito. Quase todos os alunos das turmas A e B usaram o experimento para explicar essa questão. Já os alunos da turma C tentaram responder usando o significado da palavra “indução”. As principais respostas estão a seguir:



“Indução é como no gerador em que o imã girava e fazia acender o LED, o imã tem um campo magnético e ao girar fazia com que esse campo mudasse, e a mudança fazia acender o LED” (A3)

“A indução está presente em quase todos os instrumentos elétricos, por exemplo num motor de carro de brinquedo, num motor de ventilador, num liquidificador, em vários outros. E essa indução é quando a gente gira um imã e põe perto uma bobina ligada a uma lâmpada ou também o contrário, quando a gente liga a bobina na pilha e faz com que atraia as coisas de ferro.” (B2)

“Pelo que eu entendi a indução elétrica é quando um imã crie corrente elétrica, ou quando uma corrente elétrica crie um campo magnético. No nosso experimento a gente pegou um imã e girou e acendeu um LED e isso é indução.” (B4)

“A palavra indução significa induzir alguém a alguma coisa, tipo um cara induz o outro a sair, então acho que indução eletromagnética é quando alguma coisa induz a ter energia elétrica.” (C2)

De acordo com as respostas dessas questões, foi visto que os alunos entenderam o funcionamento do experimento e usaram-no para explicar os conceitos do Eletromagnetismo, mesmo que de forma confusa às vezes. Isto mostra, mais uma vez, que a metodologia aplicada nas turmas A e B se revelou superior do que a aplicada na turma C, devido principalmente a contextualização do conteúdo.

Na turma C a dificuldade aconteceu devido a parte matemática ser, de certo modo, complicada para eles, pois se torna gritantemente a falta de base matemática nessa turma. E essa dificuldade atrapalha em quase 100% do conteúdo programático anual, não somente na disciplina Física, mas, como também, em Química e Matemática.

Obviamente, que não é possível, durante o ano letivo, construir e aplicar um experimento para cada tema da grade curricular, devido ao pouco tempo e grande quantidade de conteúdo na disciplina de Física. No entanto, a sugestão seria construir ao menos um experimento durante o ano letivo, e tentar aplicar (trazer) pelo menos dois ou três ao ano. Para melhorar não somente o rendimento escolar, mas, ao mesmo tempo, melhorar a dinâmica das aulas, afetando assim o interesse dos alunos.

### **Atividade 8 – Pós-teste**

O pré-teste e pós-teste são as principais formas de avaliar se teve algum aprendizado durante o período de aplicação do método nos alunos. O pós-teste exibiu as mesmas questões que o pré-teste, para justamente saber se o aluno ainda pensa a mesma coisa, em relação ao Eletromagnetismo, ao término do projeto que pensava antes do início do projeto. Dessa maneira, pode-se fazer um comparativo entre as duas provas e ver se teve evolução, qual e quanto seria essa evolução. A ideia central é identificar os conhecimentos prévios dos alunos e sabê-los se estes conhecimentos são aliados ou obstáculos para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Se identificados como aliados, o projeto atuou como um mais uma fonte de conhecimento. No caso de ser identificado como obstáculo, então o projeto atuou no rompimento destes conhecimentos prévios e ainda pode mostrar o verdadeiro conhecimento científico.

O que pôde ser averiguado neste pós-teste é que a minoria dos alunos persistiu nas mesmas respostas que deram no pré-teste, principalmente os alunos da turma C. Por outro lado, os alunos da turma A e B, responderam todas as questões, mesmo aquelas que foram deixadas em branco no pré-teste, mostrando uma grande evolução. Por exemplo, na questão referente à indução eletromagnética os alunos tinham deixado em branco no pré-teste, de modo que, no pós-teste responderam de forma clara e correta. Outro ponto a ser comentado é em relação ao conceito de energia, visto que, no pré-teste a maioria dos alunos usou esse termo para explicar quase todas as questões. Já no pós-teste os alunos usaram esse termo de forma correta e nas situações apropriadas.

Notou-se que os alunos tiveram um bom entendimento de todas as questões, não deixando nenhuma questão em branco, com exceção da turma C, e apresentando as respostas de forma lúcida e objetiva. Tendo ainda, um grande crescimento nos conceitos de campo elétrico e magnético, aprendendo os conceitos de carga e corrente elétrica e, ainda, discutindo sobre os conceitos de potencial e resistores. Obviamente, que algumas questões não foram respondidas 100% corretamente, mas, mostrou que ao menos os alunos tiveram uma base de como responder, quebrando os conhecimentos prévios que antes tinham.

### **Atividade 9 – Entrevista Oral**

Para finalizar o projeto e a avaliação do mesmo e dos alunos, empregou-se uma entrevista oral com os alunos. Essa entrevista tinha intuito de averiguar possíveis

mudanças que tivesse que ser feita na metodologia empregada e, também, tentar ter uma concepção do desenvolvimento cognitivo dos alunos de forma mais íntima.

As perguntas foram feitas de modo a se obter uma conversa informal sobre o projeto, deixando o aluno mais a vontade para responder, e, para que pudesse constatar algo a mais que não tivesse sido visto nas avaliações.

Em linhas gerais, a entrevista aconteceu com poucas mudanças em relação ao que foi visto nas avaliações, mas, os alunos puderam mostrar sua satisfação e agradecimento em terem sido escolhidos a participar do projeto e, também, pela experiência adquirida em Feiras de Ciências fora do âmbito escolar.

Os alunos ainda criticaram apenas a experiência E2, alegando pouco tempo para ter sido trabalhado os conceitos. Isto tinha sido verificado pelo professor durante a inserção do experimento E2, ao qual, o conteúdo extenso e complexo agregado ao pouco tempo de trabalho se mostraram um empecilho ao processo de aprendizagem.

Uma situação observada durante a entrevista foi de que a maioria dos alunos revelou estar mais empolgadas com o estudo de Ciências, de um modo geral, e que pretendiam cursar faculdade para estas áreas. Claro, que como mediador do processo o professor não podia interferir nas escolhas e nas situações, deixando apenas os agradecimentos pelo empenho e dedicação durante todo o projeto.

### **7.3 - Discussão dos resultados**

O objetivo da realização destas atividades era de não somente aumentar o grau de aprendizagem dos alunos na área de Física 3, mas, como aumentar a motivação e o interesse dos alunos nesta disciplina. Ao fim destas atividades pôde-se notar que houve melhorias em todos esses pontos.

De acordo com a teoria de Vergnaud, o aluno aprende devido às situações que são impostas a ele, e conforme vai atravessando essas situações vão aparecendo outras situações, tendo uma reação em cadeia. Dessa forma, para um conceito ficar claro para um aluno, o mesmo tem que atravessar todas as situações referentes a este conceito. Por outro lado, Vergnaud afirma que a resolução de exercícios é a chave preponderante para o aprendizado. Como o projeto usava experimentos, então, a questão da resolução de exercícios foi deixada de lado nas turmas A e B, sendo bastante utilizada na turma C. Outro ponto da teoria de Vergnaud é a maturação do aluno, que diz que para haver maturação, o aluno necessita passar por experiências reais. E essa maturação junto com a experiência gera o aprendizado, e que isso é um processo cíclico que demora um

longo período de tempo. Visivelmente, o projeto não leva um longo período de tempo, mas, ajuda no quesito maturação, pois o aluno passa por experiência ao qual não tinha passado antes.

A avaliação do desenvolvimento cognitivo utilizará os dois lados da teoria de Vergnaud, ou seja, uma turma vivenciou a resolução de exercícios como forma principal do aprendizado (turma C) e as outras duas usaram a maturação como fator preponderante para a aprendizagem. No entanto, somente na situação dos experimentos, os alunos foram os protagonistas do processo ensino-aprendizagem.

No pré-teste e pós-teste pôde-se averiguar uma melhoria em termos de aprendizagem dos conceitos, linguagem e interpretação das questões, nas turmas A e B. Na turma C, essa melhoria foi ínfima quando comparada com as outras turmas. Isso reflete que mesmo usando a resolução de exercícios como a base do processo, não há uma resposta significativa dos alunos. Isto pode ser ocasionado, principalmente pela facilidade dos alunos em serem aprovados no aluno letivo, ou seja, o não empenho dos alunos em aprender está diretamente ligado a problemas do sistema educacional.

Obviamente, que a resolução de exercícios ajuda e muito no crescimento cognitivo, mas acaba por deixar o aluno mecânico na disciplina, ou seja, o aluno acaba se acostumando em como resolver tal problema por já ter resolvido um parecido em outra oportunidade, ou visto o professor resolver. Dentro de o contexto passar de ano e passar em um vestibular, essa mecânica é de uma grande utilidade. No entanto, ao se falar sobre aprender realmente a Física, conhecendo seus conceitos básicos, esse método não é tão bem visto.

Outro fator, é a falta de base, como fora dito anteriormente, em que os alunos, além de não terem motivação e interesse em aprender, sofrem com problemas de não saberem operações de matemática básica e interpretar textos. E a teoria de Vergnaud é bem clara nesse quesito, que se o aluno não superou certas situações, não superará as situações seguintes, relacionadas ao mesmo tema. Em outras palavras, se o aluno tem dificuldade em ler e fazer contas matemáticas, obviamente, terá dificuldade em Física e também em outras disciplinas.

Nas avaliações dos experimentos a turma C também se mostrou inferior as turmas A e B, apresentando erros de ortografia, de concordância, de conceitos e de linguagem técnica. As turmas A e B, também tiveram erros em ortografia e concordância, mas, mostraram uma linguagem técnica mais vasta e acertos na ideia central do conceito. Esse fator mostra que a metodologia imposta a essas turmas

ocasionou uma maior evolução nos alunos, em termos de aprendizagem, do que nos da turma C.

Em relação ao empenho, motivação, dedicação e interesse dos alunos, a evolução se avaliou durante as aulas. Do mesmo modo, as turmas A e B, através de perguntas, questionamentos, respostas, participação em aula e nas feiras, se mostraram mais motivadas e empenhadas do que a turma C. Mais uma vez, o baixo desempenho da turma C nestes quesitos ao problema de base e também ao não compromisso com o ensino.

Ainda comparou-se o rendimento das turmas A e B, para saber se o motivo dessas turmas terem tido um bom rendimento era devido ao método que se usou ou ao lado humano. A comparação mostra que ou o método é eficaz ou pode ser que uma possível discrepância entre a aprendizagem mostre, exatamente, a ineficácia do método de ensino. Essa ineficácia estaria ligada a não interrupção dos conhecimentos prévios dos alunos, uma vez que, essas duas turmas tinham um bom rendimento em termos de empenho, dedicação e motivação.

Nesse comparativo pôde-se analisar que a turma B teve um rendimento melhor que o da turma A, mas, essa diferença é bem pequena se comparada com a diferença entre a turma C, por exemplo. A turma B mostrou mais empenhada e dedicada, acarretando uma linguagem bem mais técnica que a turma A, sendo esta a única diferença entre elas. Este resultado deve estar ligado a Feira de Ciências da própria escola, pois as turmas levam a sério essa Feira, uma querendo mostrar que é melhor que a outra, ou seja, tendo uma competição interna. E como os alunos da turma B eram os alunos que iam representar a turma deles na Feira, então, os mesmos se sentiram mais motivados que os da A. Mesmo a turma A recebendo bolsa para participar do projeto, o que já lhe daria uma motivação por si só, os mesmos não mostraram o mesmo empenho da turma B.

Logicamente, que o rendimento da turma A e B não foi totalmente uniforme, ou seja, nem todos os alunos tiveram o mesmo grau de aprendizagem. Do mesmo modo, nem todos os alunos da turma C tiveram um baixo rendimento. Essas duas informações levam a considerar que o principal agente, independente do método aplicado, é claramente o aluno. Em outras palavras, o método é apenas o facilitador do processo, mas o aluno é ainda o principal interessado neste processo, cabendo, principalmente, a ele mesmo este interesse.

Com isso, o panorama geral da sequência didática empregada nas turmas A e B é satisfatório e superior ao ensino tradicional. Claro que, essa é uma metodologia em que o aluno é protagonista, ou seja, para professores que desejam utilizar essa metodologia terão que se adequar a esse contexto, o que nem sempre é tão fácil, pois na escola tradicional o professor é o protagonista e centro das atenções. E isso acarreta em enormes dificuldades, tanto no âmbito profissional como no lado pessoal.

Portanto, a sequência didática usada nesta dissertação teve grande eficácia no desenvolvimento cognitivo dos alunos, e, também no lado humano deles, tendo uma evolução representativa no empenho e interesse, e ainda, adquirindo experiências.

Entretanto, a escola tradicional ainda é a melhor forma de se trabalhar o aprendizado dos alunos. Aliás, o presente autor, também tem a preferência no ensino tradicional, uma vez que, o curto tempo na duração das aulas (cerca de 50 minutos) faz com que novas metodologias sejam difíceis de serem empregadas. Além disso, o baixo salário e as péssimas condições estruturais das escolas também atrapalham nesta inclusão de metodologias que possam melhorar o rendimento dos próprios alunos.

## CAPÍTULO 8

### Conclusões

Esta dissertação teve como intuito mostrar a aplicação de uma sequência didática que satisfizesse a dificuldade encontrada pelos alunos em aprender os conteúdos de Física do Terceiro Ano do Ensino Médio.

Quando se pensou nesta sequência didática, tinha como ideia mudar as aulas tradicionais para algo que o aluno pudesse visualizar na prática, e, que fosse mais próximo da sua realidade. Deste modo, a aplicação dos experimentos de baixo custo se encaixa nessas duas características. Então procurou-se um referencial teórico que se encaixasse nessa metodologia. A teoria de Vergnaud se encaixou perfeitamente, por dizer que o aluno tem que ser o principal sujeito do processo ensino-aprendizagem, sendo o protagonista. Não somente nisso, mas, o fato também da experiência e maturação do aluno serem motivos para o desenvolvimento do seu aprendizado. Esse motivo que fez com que o aluno construísse os experimentos, ao invés de somente aplicá-los, pois ao construí-los o aluno se torna o principal agente do processo, e ainda, adquire experiências que levará para a vida toda, como no caso da apresentação em Feiras de Ciências externas.

Como discutido no capítulo anterior, a evolução individual de cada aluno dentro do contexto do ensino-aprendizagem do Eletromagnetismo aconteceu de forma grandiosa nas turmas A e B. Essas turmas tiveram grandes avanços no seu desenvolvimento cognitivo, principalmente, na questão do linguajar técnico-científico e na explanação dos conceitos discutidos durante o projeto.

Já a turma C mostrou muitas dificuldades em lidar com a disciplina durante todo o ano letivo, e principalmente no período avaliado. Essas dificuldades estão relacionadas com a falta de base nas disciplinas Português e Matemática, na falta de interesse dos alunos, e ainda a não utilidade da disciplina para a vida profissional, social e acadêmica dos alunos, no ponto de vista deles próprios.

E comparando as turmas A e B, viu-se que a evolução de ambas foi parecida, mostrando que o lado humano não interferiu no processo, uma vez que, as duas turmas que foram aplicadas os experimentos tiveram um bom rendimento. A turma B teve um rendimento melhor que o da turma A, rendimento ocasionado pela motivação da

participação da feira de ciências escolar. Mas, esse rendimento foi relacionado apenas a alguns conceitos que puderam ser melhores entendidos por essa turma.

Finalizando, o projeto, como um todo, ocorreu satisfatoriamente para os alunos, mas, também para o professor mediador, obtendo um grande crescimento profissional e podendo aplicar uma metodologia ao qual trabalhou dois anos para que desse certa. Com isso, espera-se que o produto criado nessa dissertação ajude outros professores a trazer cada vez mais alunos para o lado da ciência, em especial a Física.

### **8.1 – Sugestões para Trabalhos Futuros**

Como sugestões para trabalhos futuros sugerem-se

- a) Avaliar o aprendizado dos alunos, através da Teoria dos Campos Conceituais, do primeiro ano do Ensino Médio, na disciplina Física, com a aplicação de experimentos;
- b) Avaliar o aprendizado dos alunos, através da Teoria dos Campos Conceituais, do segundo ano do Ensino Médio, na disciplina Física, com a aplicação de experimentos;
- c) Aumentar a quantidade de experimentos, sobre Eletromagnetismo, aplicados aos alunos da Terceira série do Ensino Médio, a fim de que possa preencher toda grade curricular.



## Referências

ÁLVARES, A. B.; LUZ, A. M. R.; GUIMARÃES, C. **Física: Contextos & Aplicações**. São Paulo: Scipione. v.3. 2016.

BOLFE, L. E. R.; BARLETTE, V. E. **Ensino de conceitos de Física térmica a partir de situações: Uma aproximação aos invariantes operatórios de Vergnaud**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

BARAIS, A.W.; VERGNAUD, G. (1990). **Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps**. In Caverni, J.P., Fabre, J.M. and Gonzalez, M. (Eds.). Cognitive biases. North Holland: Elsevier Science Publishers. pp. 69-84. 1990.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF, 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF, MEC/SEB, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação. **PCN+ - Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC – SEMTEC, 2002.

BRAVO, S.; PESA M. (2016). **Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de física**. IENCI - Investigações em Ensino de Ciências, v. 21, n. 2, p. 68-104.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M. A.; CASEMIRO, R.; BONJORNO, R. F. S. **Física: Eletromagnetismo – Física Moderna**, v.3. São Paulo: FTD, 2016.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?** Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2005.

CARRON, W.; PIQUEIRA, J. R.; GUIMARÃES, O. **Física: Eletromagnetismo – Física Moderna**. Editora Ática. V.3. 2016.

CARVALHO Jr., G.; AGUIAR Jr., O. **Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v25, n.2, p.207-227. 2008

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. **A Resolução de Problemas em Física: Revisão de Pesquisa, Análise e Proposta Metodológica**. Investigações em Ensino de Ciências. v.1, n.3, 2001.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. **Análise de uma situação de Resolução de Problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud**. Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002.

FIGUEIREDO, L. A. **Objetos de Aprendizagem e Proporcionalidade: uma análise da construção dos conceitos a partir da Teoria dos Campos Conceituais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Doutorado do programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio**. São Paulo: Ática, v.3. 2016.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. São Paulo. Editora Leya. v.3. 2016.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, GREF. **Física 3: Eletromagnetismo**. Universidade do Estado de São Paulo, 2012.

HENRÍQUEZ, A. L.; Jiménez-Gallardo, C. e Díaz, W. L. (2012). **Aprendizaje de los conceptos de fuerza y energía en estudiantes de ingeniería : un estudio exploratorio**. Revista Electrónica de Investigación em Educación em Ciências, v.8, n.1, p.14-23.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de Física Conceitual**. Bookman, Porto Alegre. 2009.

JENSKE, G. **A Teoria de Gérard Vergnaud como aporte para a superação da defasagem de aprendizagem de conteúdos básicos da matemática: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Física. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

JUNIOR, G. D. C.; JUNIOR, O. A. **Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.25, p. 207-227, 2008.

KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F. **Física para o ensino médio**. São Paulo. Saraiva. v.3. 2016.

KOBASHIGAWA, A. H.; ATHAYDE, B. A. C.; MATOS, K. F.O.; CAMELO, M. H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, p. 212-217, 2008.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. VI, 2009. Florianópolis.

MOREIRA, M.A.; SOUSA, C.M.S.G. **Dificuldades de alunos de Física Geral com o conceito de potencial elétrico**. Projeto de pesquisa em andamento. 2002a.

MOREIRA, A. M. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002b.

MOREIRA, M. A.; **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o Ensino de Física na Educação Contemporânea.** Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

NUSSENZVEIG, H., M. **Curso de Física Básica.** Editora Blucher, v.3, São Paulo, 1997.

PASQUALETTO, T. I. **Ensino De Física No 9o Ano: Uma Proposta Metodológica com Projetos Desenvolvidos a partir de Situações-Problema.** 96 p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

PIETROCOLA, M. O., POGIBIN, A., ANDRADE, R., ROMERO, T. R. *Física em contextos.* Vol. I, 1 ed. São Paulo, SP: Editora FTD, 2017.

RAMALHO, F. J.; Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T. **Os fundamentos da Física.** Editora Moderna, v.3, São Paulo. 2009.

ROCHA, C. R. **Inserindo Conceitos e Princípios de Mecânica Quântica no Ensino Médio: Estados Quânticos e Superposição Linear de Estados.** 198 f. Tese de Doutorado - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

SILVA, J. de A.; SOUSA, C. M. S. G. **O Modelo Ondulatório como Estratégia de Promoção da Evolução Conceitual em Tópicos Sobre a Luz em Nível Médio.** *Ciência & Educação (Bauru)*, v.20, n.1, p.23-41. doi: 10.1590/1516-731320140010003. 2014.

TORRES, C. M.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Física – ciência e tecnologia.** V.3. São Paulo: Moderna, 2016.

VERGNAUD, G. **Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un example: les structures additives.** Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho. 1983<sup>a</sup>.

VERGNAUD, G. **Multiplicative structures.** In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes.* New York: Academic Press Inc. pp.127-174. 1983b.

VERGNAUD, G. **Teoria dos campos conceituais.** In Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro.* p. 1-26. 1993.

VERGNAUD, G. **Multiplicative conceptual field: what and why?** In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics.* Albany, N.Y.: State University of New York Press. pp. 41-59. 1994.

VERGNAUD, G. **Education: the best part of Piaget's heritage.** *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3): 112-118. 1996.

VERGNAUD, G. **A comprehensive theory of representation for mathematics education.** *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181. 1998.

XAVIER, C.; BARRETO FILHO, Benigno. **Física aula por aula.** São Paulo: FTD, v.3. 2016.