



## **EDUARDO AUGUSTO CASTELLI ASTRATH**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai

Maringá  
Dezembro, de 2015.

# Princípios de uma Usina Fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio

EDUARDO AUGUSTO CASTELLI ASTRATH

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana da Silva Fontes

---

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Maringá  
Dezembro, 2015.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

A859p Astrath, Eduardo Augusto Castelli  
Princípios de uma usina fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio / Eduardo Augusto Castelli Astrath. -- Maringá, 2015.  
125 f. : il. col., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Hatsumi Mukai.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, 2015.

1. Ensino de física - Ensino médio. 2. Usina fotovoltaica - Ensino de física. 3 Eletrodinâmica. 4. Física - Teoria de aprendizagem. I. Mukai, Hatsumi, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional. III. Título.

CDD 21.ed.530.07

ECSL

Dedico este trabalho à minha Mãe e meu Pai, por me apoiarem nos momentos complicados que passei, à minha esposa pelo carinho e amor e ao meu filho Arthur pela Paz interna.



## AGRADECIMENTOS

- Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por toda benção recebida.
- À professora Hatsumi, por ter aceitado e orientado o presente trabalho.
- Ao professor Paulo Ricardo, pelas valiosas contribuições a este trabalho.
- Aos colegas Daniel de Matos Silva e Serginho (Sergio Carlos da Silva), pela enorme ajuda na montagem experimental deste trabalho.
- Ao meu pai, Luiz Astrath, pois foi ele quem praticamente idealizou a parte experimental do meu trabalho, sempre com muita boa vontade e dedicação. Assim meu enorme agradecimento a você meu pai.
- À coordenação do Colégio Doutor Gastão Vidigal, por ceder um espaço em sala de aula para poder aplicar este trabalho.
- Ao professor Spessato, por liberar sua turma a participar da parte experimental.
- Ao Rafael Petermann pelas correções da língua Portuguesa.
- Aos professores Michel Corci e Cesar Canesin pelas sugestões e apoio.
- Aos colegas da turma deste mestrado profissional, pelas conversas e distrações nas horas cansativas.
- Ao meu irmão Nelson, deixo um grande agradecimento por sempre acreditar em mim e também pela ajuda na reta final deste trabalho.
- À minha Mãe Irondina pela Vida, e pelo incentivo ao estudo;
- À minha Esposa Juliana pelo apoio incondicional;
- Ao meu Filho Arthur alegria de minha Vida, o que eu fiz de melhor.
- Aos professores do mestrado profissional pelas conversas e incentivos.
- À CAPES pelo apoio financeiro;
- Aos secretários Paulo Roberto e Tatiana pelos serviços da secretaria do Mestrado Profissional (Polo UEM).
- Enfim a todos aqueles que sempre me apoiaram e me ajudaram a chegar a este momento.

## RESUMO

### PRINCÍPIOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA: UMA APLICAÇÃO AO ENSINO MÉDIO

Eduardo Augusto Castelli Astrath

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Esta dissertação descreve a forma com que foi desenvolvido e aplicado um produto educacional para o ensino de Física, junto ao terceiro ano do ensino médio. Trata-se de um protótipo de geração de energia elétrica via painel solar. A principal motivação foi o fato de que é comum os assuntos de eletricidade e magnetismo serem abordados mais na forma matemática (resolução de problemas) do que a física a qual as envolve, além de não ser ministrado todo o conteúdo previsto pela ementa curricular. Além disso, ao fato de o componente curricular Física Moderna ser pouco explorada devido ao número de horas disponíveis em sala de aula. Houve também a preocupação em levar aos alunos um maior conhecimento sobre um tema muito discutido na atualidade, que é a geração de energia elétrica, através de processos considerados limpos, ou seja, que não danificam o meio ambiente. Esta aplicação nos permitiu relatar a influência de uma atividade teórico-experimental na aprendizagem significativa dos alunos. Como embasamento teórico para uma melhor análise, foi utilizado o conceito de aprendizagem significativa e mapas conceituais estudados respectivamente por Ausubel e Novak. Sendo assim, a análise se deu por meio de um questionário com conhecimentos específicos, relacionados ao produto, do componente curricular, bem como relacionados ao cotidiano dos alunos. Além disso foi utilizado também, um mapa conceitual sobre o tema eletricidade e magnetismo. Este produto e a forma de avaliação foram aplicados em uma turma de 19 alunos de um colégio público da cidade de Maringá-PR. Os resultados foram satisfatórios, pois pode-se avaliar que a maioria dos alunos atingiram o objetivo proposto, compreendendo a Física que está por trás das equações matemáticas no conteúdo proposto, bem como fenômenos relacionados à Física Moderna.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Eletrodinâmica, Teoria de Aprendizagem.

Maringá  
Dezembro, 2015.

## ABSTRACT

### PRINCÍPIOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA: UMA APLICAÇÃO AO ENSINO MÉDIO

Eduardo Augusto Castelli Astrath

Supervisor:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This paper describes the way was developed and applied an educational product for teaching Physics, with the third year of high school. It is a prototype of electricity generation via solar panel. The main motivation was the fact that it is common for issues of electricity and magnetism be addressed more in mathematical form (problem solving) than physical that involves, besides not being given all the content provided by the curriculum menu. In addition, the fact that the curriculum component Modern Physics is poorly explored due to the number of hours available in the classroom. There was also the concern to bring students a greater insight into a much discussed topic today, which is the generation of electricity, through processes considered clean, ie that do not damage the environment. This application allowed us to report the influence of a theoretical and experimental activity in significant student learning. As a theoretical foundation for better analysis we used the concept of meaningful learning and concept maps studied respectively by Ausubel and Novak. Thus, the analysis of material was through a questionnaire with specific knowledge relating to the product, the curricular component and related to the daily lives of students. And a concept map on the topic electricity and magnetism. This product and the way the evaluation was applied in a class of 19 students of a public school in the city of Maringá-PR. The results were satisfactory, it can be assessed that the majority of students reached the proposed goal, understanding the physics that is behind the mathematical equations in the proposed content and phenomena related to modern physics.

**Keywords: Physics education, Electrodynamics, meaningful learning**

Maringá  
2015, December.

*Sumário*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMO</b> .....  | <b>V</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>VI</b> |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>1. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>16</b> |
| 1.1. <i>Fundamentação Teórica</i> .....  | 16        |
| 1.1.1. <i>Painel Solar</i> .....   | 17        |
| 1.1.2. <i>Circuitos: Resistores e Capacitores - Armazenamento de Energia</i> ..... | 21        |
| 1.1.3. <i>Indução Eletromagnética</i> .....  | 26        |
| 1.1.4. <i>Transformador</i> .....  | 29        |
| 1.2. <i>Teoria de Aprendizagem - Ausubel</i> .....                                 | 33        |
| 1.2.1. <i>Mapas Conceituais</i> .....  | 37        |
| <b>2. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO</b> .....   | <b>39</b> |
| 2.1. <i>Materiais Utilizados:</i> .....  | 40        |
| 2.2. <i>Descrição dos Materiais Utilizados:</i> .....                              | 40        |
| 2.3. <i>Montagem Experimental</i> .....  | 42        |
| 2.4. <i>Relato do Autor sobre o Desenvolvimento do Produto</i> .....               | 43        |
| 2.5. <i>Princípio de Funcionamento</i> .....                                       | 44        |
| <b>3. APLICAÇÃO NA ESCOLA</b> .....  | <b>50</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | <b>57</b> |
| 4.1. <i>Análise dos Questionários</i> .....  | 57        |
| 4.2. <i>Análise dos Mapas Conceituais</i> .....                                    | 66        |
| <b>5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS</b> .....  | <b>80</b> |
| <b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....   | <b>83</b> |
| <b>7. ANEXOS</b> .....   | <b>86</b> |

## Índice de Figura

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Figura 1.1: Organograma demonstrando a organização da apresentação da presente dissertação.....</i>   | <i>15</i> |
| <i>Figura 1.1 – Organograma referente ao desenvolvimento teórico.....</i>  | <i>16</i> |
| <i>Figura 1.2 – Banda de condução e valência em materiais condutores, semicondutores e isolantes.....</i>  | <i>18</i> |
| <i>Figura 1.3 – Representação esquemática da rede (a) de Silício normal e (b) da dopagem do Silício com Fósforo e (c) com Boro.....</i>  | <i>19</i> |
| <i>Figura 1.4 – Representação incidência da luz em uma junção do tipo pn. ....</i>   | <i>19</i> |
| <i>Figura 1.5 – Figura esquemática representando o que ocorre no Efeito Fotoelétrico. .</i>  | <i>20</i> |
| <i>Figura 1.6 – Representação esquemática da Junção pn: (a) sem a incidência da luz, e (b) com a incidência da luz solar e conseqüentemente o surgimento da corrente elétrica indicada no amperímetro A. ....</i>                | <i>21</i> |
| <i>Figura 1.7 – Representação de um resistor.....</i>  | <i>22</i> |
| <i>Figura 1.8 – Representações de capacitor. ....</i>  | <i>22</i> |
| <i>Figura 1.9 – Representação da associação de capacitores: (a) em série e (b) em paralelo [14].....</i>   | <i>24</i> |
| <i>Figura 1.10 – Representação de um circuito RC, carregando o capacitor [14]. ....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Figura 1.11 – Representação de um circuito de um processo de descarga de um capacitor [14]. ....</i>  | <i>25</i> |
| <i>Figura 1.12 – Figura esquemática de pilhas indicando processo de efeito memória nas baterias de Ni-Cd e Ni-Mh. ....</i>   | <i>26</i> |
| <i>Figura 1.13 – Ilustração de um experimento mostrando a indução eletromagnética [13]. ....</i>   | <i>27</i> |
| <i>Figura 1.14 – Representação do Fluxo Magnético para 3 situações físicas. ....</i>   | <i>28</i> |
| <i>Figura 1.15 – Variação do fluxo magnético em uma espira [17]. ....</i>  | <i>29</i> |
| <i>Figura 1.16 – Figura esquemática de um Transformador. ....</i>  | <i>30</i> |
| <i>Figura 1.17 – Organograma indicando o próximo tópico a ser apresentado. ....</i>  | <i>33</i> |
| <i>Figura 1.18 – Representação da combinação entre o subsunçor e o novo conhecimento. ....</i>   | <i>36</i> |
| <i>Figura 1.19 – Representação de 4 tipos de aprendizagem da Teoria de Ausubel citadas neste trabalho. ....</i>  | <i>37</i> |
| <i>Figura 1.20 – Uma representação de uma organização do conhecimento das estações do ano [24]. ....</i>   | <i>38</i> |
| <i>Figura 2.1 – Organograma da apresentação do Capítulo 2.....</i>   | <i>39</i> |
| <i>Figura 2.2 –Especificações do painel solar monocristalino, produto comercial da SunWorld. ....</i>  | <i>40</i> |
| <i>Figura 2.3 – Foto da configuração para saída de voltagem do painel solar. ....</i>  | <i>41</i> |
| <i>Figura 2.4 – Foto e especificação do motor utilizado para demonstração do funcionamento do painel solar - Marca MABUCHI. ....</i>   | <i>42</i> |
| <i>Figura 2.5 – Foto da montagem experimental (Produto), e em destaque o sistema de inclinação do painel solar e os furos que permite a variação entre os elementos do item 3. ....</i>  | <i>43</i> |
| <i>Figura 2.6 – Caixa central do circuito (em destaque as chaves comutadoras), item (7) da figura 2.5. ....</i>  | <i>45</i> |
| <i>Figura 2.7 – Figura esquemática do circuito elétrico da caixa central. Sendo <math>V_i</math> as tensões, <math>S_i</math> as chaves, <math>D_i</math> os diodos, <math>U</math> a bateria e <math>M</math> o motor. ....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 2.8 – Foto dos Diodos com a função de Regulador de tensão (6,0 V) e das baterias. ....</i>   | <i>47</i> |
| <i>Figura 2.9 – Junção da polia (contendo imã) com bobina. ....</i>  | <i>47</i> |
| <i>Figura 2.10 – Foto do transformador com quatro saídas de voltagem. ....</i>   | <i>48</i> |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 2.11 – Protoboard com leds e ligação das chaves.</i> .....  | 49  |
| <i>Figura 3.1 - Organograma identificando os passos seguidos durante a exibição do produto e suas avaliações.</i> .....                     | 51  |
| <i>Figura 4.1 – Organograma da ordem estabelecida no Capítulo 4.</i> .....  | 57  |
| <i>Figura 4.2 – Resultados das respostas da questão 1, referente ao questionário Q1.</i> .....  | 58  |
| <i>Figura 4.3 – Resultados das respostas da pergunta 2, referente ao questionário Q1.</i> ...   | 59  |
| <i>Figura 4.4 – Resultado das respostas das perguntas 3, 4 e 5, referentes ao questionário Q1.</i> .....                                    | 61  |
| <i>Figura 4.5 – Resultado das respostas da pergunta 6, referente ao questionário Q1.</i> ....   | 62  |
| <i>Figura 4.6 – Resultado das respostas da pergunta 7, referente ao questionário Q1.</i> ....   | 63  |
| <i>Figura 4.7 – Resultados das respostas da questão 8, referente ao questionário Q1.</i> .....  | 64  |
| <i>Figura 4.8 – Resultado das respostas da pergunta 9, referente ao questionário Q1.</i> ....   | 65  |
| <i>Figura 4.9 – Resultado das respostas da pergunta 10, referente ao questionário Q1.</i> .....   | 66  |
| <i>Figura 4.10 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno F.</i> .....  | 69  |
| <i>Figura 4.11 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno H.</i> .....  | 70  |
| <i>Figura 4.12 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno K.</i> .....  | 71  |
| <i>Figura 4.13 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno O.</i> .....  | 72  |
| <i>Figura 4.14 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno S.</i> .....  | 73  |
| <i>Figura 4.15 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno D.</i> .....  | 74  |
| <i>Figura 4.16 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno I.</i> .....  | 75  |
| <i>Figura 4.17 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno M.</i> .....  | 76  |
| <i>Figura 4.18 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno Q.</i> .....  | 77  |
| <i>Figura A1: Organograma da organização dos anexos.</i> .....  | 86  |
| <i>Figura A2: Mapa do aluno A, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 92  |
| <i>Figura A3: Mapa do aluno B, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 93  |
| <i>Figura A4: Mapa do aluno C, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 93  |
| <i>Figura A5: Mapa do aluno E, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 94  |
| <i>Figura A6: Mapa do aluno G, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 95  |
| <i>Figura A7: Mapa do aluno J, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 96  |
| <i>Figura A8: Mapa do aluno L, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 97  |
| <i>Figura A9: Mapa do aluno N, inicial e final respectivamente.</i> .....   | 98  |
| <i>Figura A10: Mapa do aluno P, inicial e final respectivamente.</i> .....  | 99  |
| <i>Figura A11: Mapa do aluno R, inicial e final respectivamente. Neste caso não houve nenhuma exposição de dados no mapa inicial.</i> ..... | 100 |

***Lista de tabelas***

|  |            |
|--|------------|
| <i>Tabela 2.1: Comandos de funcionamento do circuito.....</i>                              | <i>47</i>  |
| <i>Tabela 2.2: Especificação de voltagem de saída do transformador.....</i>                | <i>49</i>  |
| <i>Tabela A1: Investimento para construção do aparato experimental deste trabalho.....</i> | <i>101</i> |

## INTRODUÇÃO

Tendo uma experiência de mais de oito anos em sala de aula, sendo esta na rede particular de ensino ou na rede pública, verificou-se uma coincidência vivenciada pela grande maioria dos professores de Física: que o conteúdo vinculado ao terceiro ano do ensino médio (Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna) é muitas vezes ministrado de forma parcial e mais quantitativamente (trabalhando somente a matemática envolvida). Assim como, normalmente não se chega a ensinar os conceitos básicos de Física Moderna, parte essa obrigatória na ementa da própria componente curricular [1].

Esse acontecimento ocorre pela quantidade de aula ser insuficiente ao conteúdo a ser ministrado no período do ano letivo, como também outras vezes, pelo despreparo dos professores os quais ministram o componente curricular, abrangendo somente o formalismo matemático. Isto contradiz o que consta nos Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) do ensino médio [1]: o professor deve levar os alunos a desenvolverem competências de representação e de comunicação para resolver situações problemas. Dentro das mesmas, o aluno desenvolverá habilidades para identificar, classificar, organizar e sistematizar padrões corretos ou equivocados, assim como, terá capacidade de articular conhecimento do conteúdo do componente curricular Física com conhecimentos de outras áreas de saber científico. Da mesma forma, busca levar uma visão externa às aplicações existentes nas tecnologias vistas e conhecidas no cotidiano. Desde uma compreensão do funcionamento de aparelhos, até mesmo estabelecer relações entre o conhecimento sobre física com outras formas de expressão da cultura humana.

Tendo isso em mente, e em busca tanto de uma melhoria intelectual dos alunos, como também de um desenvolvimento prático por parte dos professores que



ministram o componente curricular, mais incisivo e hábil, este projeto traz a ideia de utilizar um produto experimental a ponto de averiguar o conhecimento adquirido pelos alunos ao fim do ciclo no ensino básico. Além disso, busca também verificar a existência de uma defasagem do conteúdo passado pelos professores, já que esta prática é aplicada no fim da terceira série do ensino médio, mais especificamente na segunda metade do quarto bimestre.

Para aplicação dessa prática, foi escolhido o Colégio Estadual Doutor Gastão Vidigal, já que o mesmo foi palco da formação básica do mestrando e também onde foi desenvolvido todo o seu estágio acadêmico de licenciatura em Física no ano de 2007. Outro fator favorável à escolha deste colégio foi o fato de que o mesmo é considerado um dos melhores colégios estaduais da cidade de Maringá [2]. Este reconhecimento faz com que o colégio seja um forte candidato a sempre atingir seus objetivos, sendo um deles o término de todo conteúdo a ser ministrado na terceira série do ensino médio, deixando assim seus alunos preparados a prestar um vestibular ou qualquer concurso similar.

A carga horária mínima exigida nas escolas públicas e particulares em relação ao componente curricular Física é de duas aulas (50 minutos cada aula), o que tem por consequência um tempo muito pequeno para o total e pleno desenvolvimento do conteúdo incluso em sua ementa. Já, no Colégio Gastão Vidigal, a carga horária semanal é de três aulas [3], podendo assim trabalhar práticas em laboratório de tempos em tempos, quando o mesmo existir, levando o professor a atingir de forma teórica e prática o objetivo de transmitir ao aluno uma aprendizagem mais ampla e significativa. Vale ressaltar, aqui, que, em alguns colégios, no caso dos particulares, a carga horária exercida semanalmente é de quatro aulas (50 minutos por aula), sendo uma delas sempre em laboratório, o que daria uma margem maior para um melhor desenvolvimento do componente curricular, pois o aluno sempre estaria presente e familiarizado com o desenvolvimento intelectual e motor que o laboratório traz.

Para a aplicação do produto do presente trabalho, contou-se com ajuda dos professores do ensino médio, da coordenação e da direção. Além disso, foram utilizadas três aulas em sequência (2h30min), para que todo o desenvolvimento

prático e teórico do produto a ser aplicado pudesse ser feito com a organização necessária, e sem pressa<sup>1</sup>.

De início, foi apresentada a proposta aos alunos do que seria feito, para que eles conhecessem do que estariam participando, da mesma forma lhes foi dito não haver obrigatoriedade em participar, tanto que todos que participaram (19 alunos), assinaram um termo de consentimento (Anexo 1) para que não houvesse nenhum tipo de problema futuramente. A direção e a coordenação do colégio também assinaram um termo de autorização (Anexo 2) com a finalidade de produzir o produto aplicado, sabendo de todas as etapas as quais ali dentro de sua instituição iriam acontecer e onde e como os resultados seriam divulgados.

Com toda a documentação devidamente assinada e com a liberação das aulas por parte do professor o qual ministrava o componente curricular naquela série, foi dado o início da aplicação do produto. Em um primeiro momento, após a apresentação e explicação dos documentos acima citados (Anexos 1 e 2), foi passado para os alunos um questionário (Q1), sem ocorrer nenhum tipo de conversa prévia sobre os assuntos ali expostos. Isso se deu para que, ao final da aplicação do produto, pudessemos então analisar os conhecimentos prévios com os possíveis conhecimentos adquiridos ao longo do processo de aplicação. Da mesma forma que, ao final deste questionário, foi pedido aos estudantes que desenvolvessem<sup>2</sup> um mapa conceitual (Anexo 3) com o tema eletricidade e magnetismo, buscando verificar como eles iriam expor seus conhecimentos.

Feito isso, ocorreu uma breve discussão sobre o que eles compreendiam ou conheciam com relação ao desenvolvimento e geração de energia limpa, ou seja, energia sem a utilização dos combustíveis fósseis, meio este pelo qual o Brasil tem mais de 30% de sua geração de energia anual [4]. Essa discussão foi levantada para entender o grau de conhecimento por parte dos alunos em relação aos tipos de fontes de energia que eles conheciam e, assim, poderem citar e explicar a geração de energia via usinas fotovoltaicas, que é um dos objetivos deste trabalho, levando o aluno a compreender outras vias para a geração de energia sem afetar o meio ambiente, já que, para muitos, as usinas hidrelétricas são conhecidas como usinas as quais não afetam o meio ambiente, isso porque muitos assemelham essa destruição

---

<sup>1</sup> Este tempo foi suficiente para a forma como foi proposta a atuação e aplicação do produto

<sup>2</sup> Foi feito uma explicação prévia do que é um mapa conceitual e como funciona (Anexo 3).

com a poluição causada pelas queimas dos combustíveis fósseis ou pelo perigo de uma usina nuclear. No entanto, esquecem que, ao inundar regiões a fim de construir uma barragem para as usinas hidroelétricas, estão acabando com toda a fauna e a flora daquela região, sem contar com o *habitat* dos animais que ali vivem.

Em seguida, discutiram com os alunos vários assuntos de Física, relacionados tanto à terceira série, quanto as séries anteriores, como transformações de energia, movimento circular e torque. Todos esses assuntos serviram como base para explicar o funcionamento mecânico do aparato experimental do presente trabalho, para, mais tarde, explicar como se daria o encaixe dos conceitos teóricos da Física naquele aparato, e então poder relacionar o prático com o teórico, sem perder o sentido dos acontecimentos.

Ao fim de toda explicação teórica e apresentação prática do produto experimental, os alunos foram novamente orientados a montar um novo mapa conceitual (Anexo 4 - texto para análise final), para que pudessem fazer uma junção entre os conhecimentos já compreendidos durante o ano (sobre o tema do produto experimental), com aqueles novos conceitos absorvidos durante a aplicação do produto experimental. Dessa forma, este novo mapa conceitual (Anexo 5) forneceu novos indícios de aprendizagem significativa oferecida pela aplicação do experimento aos alunos, já que a análise dos mapas (antes e depois do experimento) nos permite comparar as relações estabelecidas pelos estudantes sobre o tema eletricidade e magnetismo, segundo Ausubel [5] e Novak [6].

O presente trabalho está disposto da seguinte forma: O Capítulo 1 apresenta o referencial teórico do conteúdo do componente curricular necessário para compreender o funcionamento de todo o aparato experimental, bem como a teoria utilizada para analisar os resultados. No Capítulo 2, apresentam o desenvolvimento do produto, e como este foi construído, detalhando as partes principais<sup>3</sup>. A aplicação do produto no colégio está detalhada no Capítulo 3, seguido pelo Capítulo 4 em que apresentam os resultados e a análise das mesmas. Por fim, são apresentadas as Conclusões e a Bibliografia. Na sequência, estão presentes os anexos utilizados neste trabalho, um organograma é apresentado na Figura I.1, além de um organograma contendo as subseções as quais serão apresentadas no início de cada capítulo.

---

<sup>3</sup>Apresenta-se no Anexo 6 a Tabela constando os valores do Investimento em setembro de 2014 e no Anexo 7 o texto para auxiliar a aplicação do produto educacional.

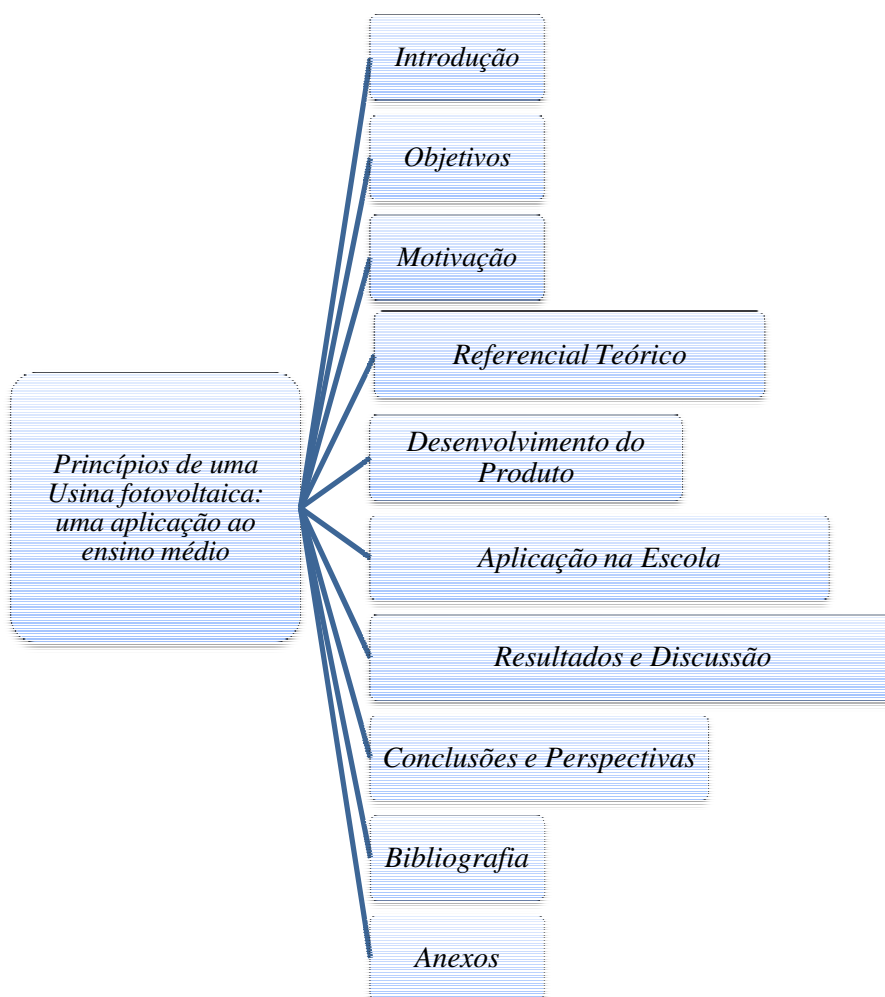


Figura I.1: Organograma apresentando a organização da apresentação da presente dissertação.

# 1. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo destina-se à apresentação do conteúdo sobre Física necessário para a compreensão do funcionamento do painel solar, e também sobre a teoria de Aprendizagem utilizada no presente trabalho. Para uma melhor orientação do apresentado neste capítulo, a Figura 1.1 mostra a sequência do que será exposto.

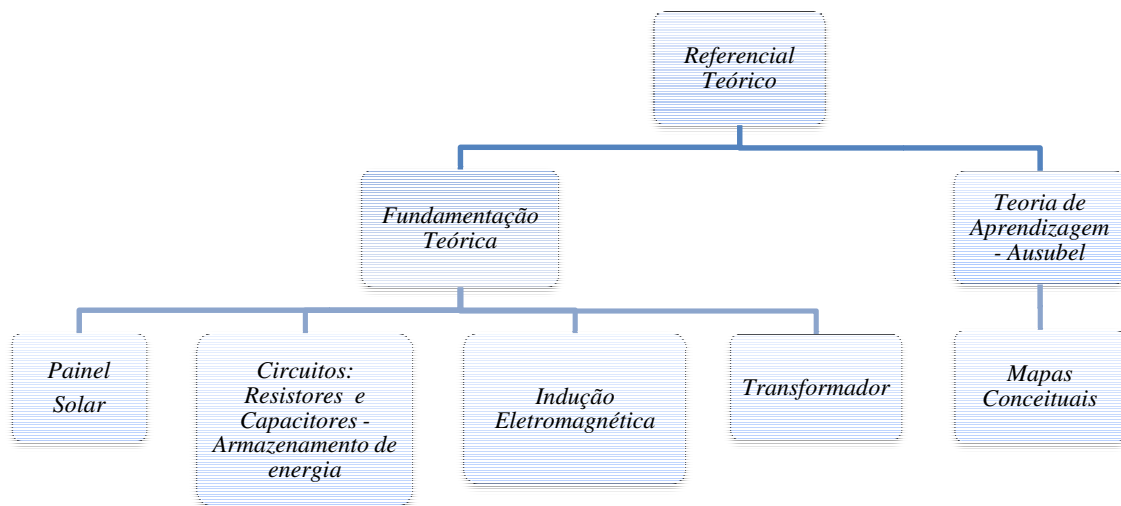


Figura 1.1 – Organograma referente ao desenvolvimento teórico.

## 1.1. Fundamentação Teórica

Nesta seção, apresenta-se toda a explicação sobre o funcionamento de um painel solar (célula solar), assim como tópicos de eletricidade, incluindo associações de capacitores e resistores, circuitos em série e paralelo e, na parte de eletromagnetismo, o funcionamento de transformadores e o conceito de indução magnética.

### 1.1.1. Painel Solar

É comum, hoje em dia, ouvir falar de meios alternativos para a geração de energia elétrica, principalmente em soluções que não afetem o meio ambiente. Assim como é sabido no presente momento, são vários os tipos alternativos de geração de energia elétrica no Brasil e no mundo. Um exemplo disso, é que, no Brasil, a geração hoje é feita por usinas hidroelétrica, termoelétrica, nuclear, eólica, solar entre outras. A energia solar é a menos utilizada de todas e é a que possui maior matéria prima de todas, visto que utiliza a energia proveniente do Sol. Essa energia não gera nenhum tipo de poluição e também não afeta em nada o meio ambiente, como as hidroelétricas.

Para que ocorra o aproveitamento parcial dessa energia, existe um dispositivo conhecido como painel solar ou célula solar que tem como função converter a energia vinda do Sol, diretamente em energia elétrica, fazendo uso de um conceito conhecido como efeito fotovoltaico. Hoje em dia, existem vários tipos e tamanhos de painel solar, como por exemplo, o painel de silício monocristalino, silício policristalino, silício amorfo e células CIGS<sup>4</sup>, e vale citar as células fotovoltaicas orgânicas denominadas OPVs (Organic Photovoltaic), desenvolvida pela CSEM (Centro Suíço de Eletrônica e Microtecnologia) em parceria com o estado MG<sup>5</sup>. Neste trabalho foi utilizado um painel solar do tipo monocristalino, baseado no efeito fotovoltaico, que será detalhado mais adiante.

Até chegar ao nível de utilização deste painel e, conseqüentemente, do efeito fotovoltaico, nos dias atuais, foi necessário um começo, e esse marco se deu em 1839, por Edmond Becquerel, ao analisar que placas metálicas formadas por platina ou por prata, quando mergulhadas em um eletrólito, acabavam por produzir uma pequena diferença de potencial estando expostas à luz. Já em 1877, W. J. Adams e R. E Day acabaram utilizando as propriedades fotocondutoras do Selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade, utilizando a exposição à luz. Porém, apenas em 1953, com o avanço da ciência moderna, que Calvin Fuller, ao introduzir impurezas em um cristal de silício, através do processo de difusão, e então controlar as propriedades elétricas do material, criou a primeira célula solar [8].

---

<sup>4</sup>As células CIGS são formadas por Cobre-Índio-Gálio-selênio ou  $Cu(In, Ga)Se_2$ [7].

<sup>5</sup><http://www.solarvoltenergia.com.br/celulas-organicas-produzidas-em-territorio-nacional-conheca-o-trabalho-do-csem-brasil/>

Dessa época em diante, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento apenas aumentaram até os dias atuais, a ponto de vários países utilizarem esse meio como geração de energia elétrica.

O funcionamento de um painel solar e o efeito fotovoltaico ocorrem devido às junções metálicas de materiais semicondutores, chamadas de junções pn<sup>6</sup>. O material mais utilizado é o silício que, por ser um semicondutor, tem maior eficiência na transferência de energia do que os isolantes, e menor eficiência do que os condutores. Isso ocorre porque os semicondutores têm uma faixa de *gap*<sup>7</sup>(Fig. 1.2) menor que os isolantes, o que exige uma menor energia para que os elétrons passem da banda de valência (são as bandas de energia ocupadas por elétrons semi-livres) para a banda de condução (região dentro da banda de valência, parcialmente preenchida por elétrons).

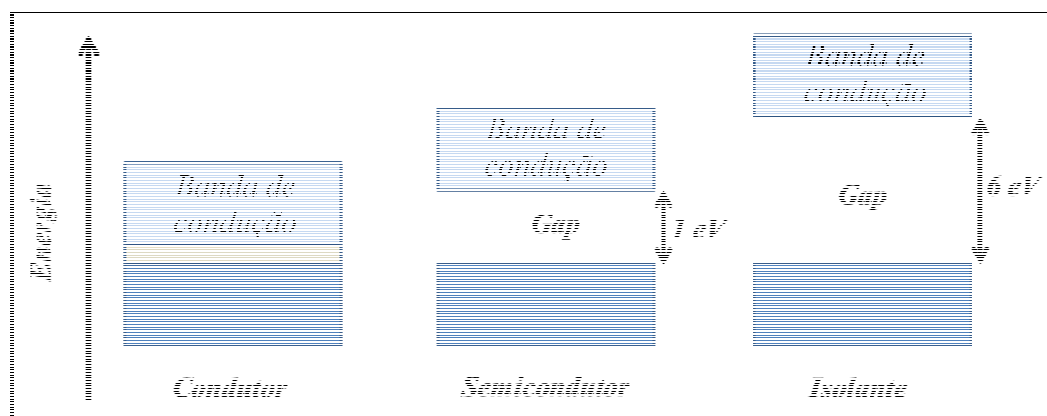


Figura 1.2 – Banda de condução e valência em materiais condutores, semicondutores e isolantes.

O Silício, em seu estado normal (Fig. 1.3(a)), não apresenta nenhum elétron livre em sua camada de valência. Para que o mesmo se torne um bom material a ser utilizado em uma célula solar, é necessário que ele passe por um processo chamado de dopagem. Esse processo é feito de forma que o material do corpo de origem é misturado a outro elemento o qual tenha características diferentes, ou seja, cause impurezas no material. No caso do Silício, a dopagem é feita com o Fósforo, pois este é um material pentavalente (cinco elétrons na última camada), enquanto o silício é um material tetravalente (quatro elétrons na última camada), isto é, um elétron do Fósforo não será compartilhado com o Silício, e este, por sua vez, acaba ficando livre para se movimentar (Fig. 1.3(b)). Esse resultado é chamado de junção do *Tipo n* [9].

<sup>6</sup> N = negativo; P = Positivo

<sup>7</sup> Termo do inglês que indica intervalo, ou seja, indica quanto de energia é necessário para passar da banda de valência para a banda de condução.

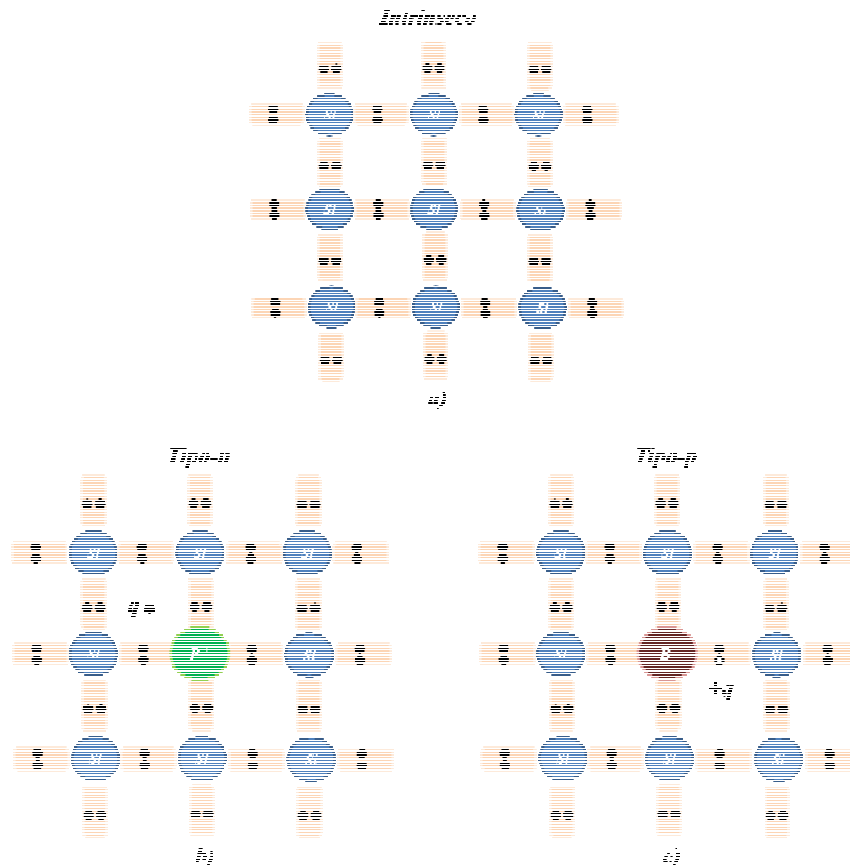


Figura 1.3– Representação esquemática da rede (a) de Silício normal e (b) da dopagem do Silício com Fósforo e (c) com Boro.

Já, quando o Silício é dopado com Boro (Fig. 1.3(c)), ocorre o que é conhecido de junção do *Tipo p*, isso porque o elemento Boro é trivalente (três elétrons na última camada), portanto um “buraco” aparecerá na ligação entre o Silício e o Boro, devido à ausência de elétrons, o que justifica o nome junção do *Tipo p*.

Separadamente, as junções Tipo p e do Tipo n não acrescentam em nada no desenvolvimento de células solares, porém quando as duas são colocadas juntas, formando o que é chamado de junção *pn*, as mesmas, junto com a incidência da luz solar, fazem surgir o efeito denominado fotovoltaico.

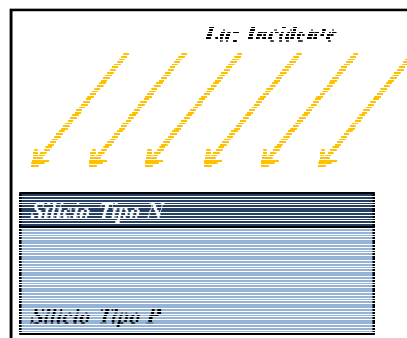


Figura 1.4 – Representação incidência da luz em uma junção do tipo *pn*.



Para compreender um pouco mais o efeito fotovoltaico, é preciso analisar o que acontece no efeito fotoelétrico, que foi proposto por Albert Einstein em 1905, e que lhe rendeu o prêmio Nobel da época, pois comprovou o comportamento corpuscular da luz. Em seu estudo, Einstein mostrou que, quando a luz atinge uma superfície metálica com uma determinada frequência  $f$ , a mesma acaba retirando elétrons dessa superfície (Fig. 1.5), e este, por sua vez, sai com uma certa energia cinética  $E_c$ . Einstein comprovou algo que, no ponto de vista da mecânica clássica, não poderia acontecer, ou seja, ele demonstrou que essa energia cinética da qual os elétrons saíam não dependia da intensidade da luz que incidia na superfície metálica [10].

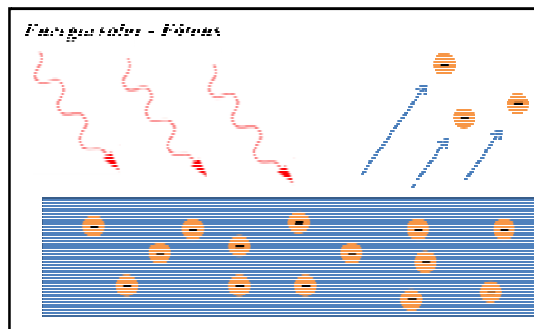


Figura 1.5– Figura esquemática representando o que ocorre no Efeito Fotoelétrico.

Einstein demonstrou esse resultado utilizando a ideia de que a energia luminosa vinda da luz incidente no metal deve ser quantizada em pequenas porções chamadas de Fótons, e que a energia cedida por esses Fótons pode ser calculada da seguinte forma:

$$E = hf \quad (1.1)$$

onde  $f$  é a frequência com que o fóton atinge a superfície e  $h$  a constante de Planck<sup>8</sup>, que tem seu valor dado por:

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} .$$

Dessa forma, quando o fóton atinge um elétron com energia suficiente para arrancá-lo do metal, este por sua vez sai com uma energia cinética que pode ser calculada por:

$$E_c = hf - w , \quad (1.2)$$

<sup>8</sup> Max Planck, físico alemão que introduziu a constante  $h$  para explicar a discrepância entre as curvas teóricas e dados experimentais no espectro de radiação de corpo negro [10].

em que  $w$  é chamado de *função trabalho*, a qual é uma característica do próprio material que compõe o metal ao qual a luz está incidindo, e indica a dificuldade que o elétron enfrentará para ser "expulso do material".

No caso do efeito fotovoltaico, a luz, ao incidir sobre o painel solar, cede, através dos fótons (Fig. 1.6), uma quantidade de energia para as junções *pn* que ali estão presentes. Nesse caso, a estrutura da junção tipo *n* é fina, para facilitar a incidência dos fótons e permitir que eles atinjam o ponto da junção *pn*, e dessa forma cedam energia suficiente para os elétrons saírem da junção *n* e então sejam orientados para a junção *p*. Essa orientação ocorre pelo fato de que as partículas negativas que estão livres na junção *n* ocuparão os "buracos" vazios em *p*, e, conseqüentemente, criam um campo elétrico  $E$  nessa região. É esse campo que orienta a movimentação dos elétrons no sentido da junção *n* para a junção *p*, causando, assim, uma diferença de potencial entre as placas, de forma a gerar uma corrente elétrica em consequência da energia solar.

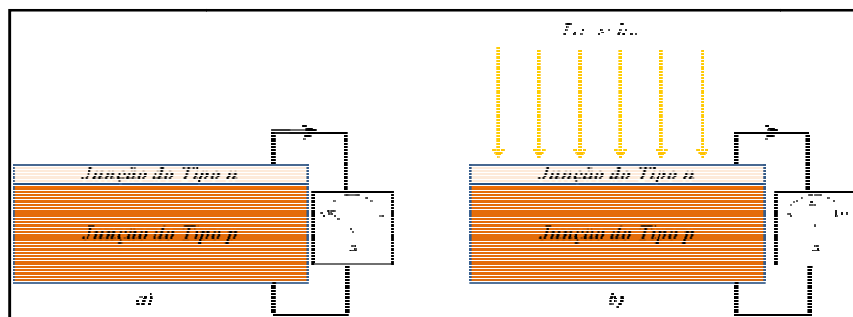


Figura 1.6 – Representação esquemática da Junção *pn*:(a) sem a incidência da luz, e (b) com a incidência da luz solar e conseqüentemente o surgimento da corrente elétrica indicada no amperímetro A.

Enquanto houver incidência de luz sobre o painel solar, o mesmo continuará a gerar uma corrente elétrica contínua, porém ele jamais armazenará energia elétrica, pois essa não é a sua característica de funcionamento. Para armazenar energia, é necessário acoplar o sistema a uma bateria, para isso se faz necessária a compreensão do processo de carga e descarga de um capacitor, assunto da próxima subseção.

### 1.1.2. Circuitos: Resistores e Capacitores- Armazenamento de Energia

Atualmente, percebe-se que, praticamente, todos os aparelhos utilizados são formados por circuitos elétricos dos mais variados tipos e modelos. Todos eles

contêm em seu formato fontes, resistores, capacitores entre outros elementos, sendo todos conectados em uma rede. Cada dispositivo desenvolve o seu papel para que, no fim, o circuito como um todo possa funcionar, tanto que os resistores ôhmicos<sup>9</sup> existem em praticamente todos os circuitos, tendo como função prática criar uma resistência a passagem da corrente elétrica. Como um circuito elétrico normalmente é composto por vários resistores, existem formas de reorganizá-los entre si.

Um das formas é a chamada associação em série, na qual todos os resistores são percorridos por uma mesma corrente elétrica e seus potenciais somados formam o potencial total do sistema. Já, quando associados em paralelo, o que muda é que o potencial é igual para todos e a corrente individual somada resulta na corrente total percorrida no circuito [11]. O símbolo do resistor é mostrado na Figura 1.7:

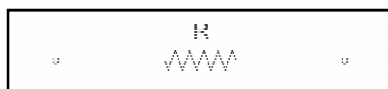


Figura 1.7 – Representação de um resistor.

Outro dispositivo muito importante em um circuito e com uma função totalmente oposta ao resistor é o capacitor. Ele tem como função o armazenamento de energia potencial elétrica e cargas elétricas, para que, mais tarde, essa energia armazenada possa ser liberada de alguma forma, como por exemplo, em unidades de *flash* das máquinas fotográficas, em *laser* pulsante, nos sensores de *air bags* automotivos, entre outros. O capacitor é definido como um dispositivo composto por dois condutores que estão separados por um isolante (ou dielétrico) [12], em que sua representação em um circuito pode ser feita pelos símbolos apresentados na Figura 1.8:



Figura 1.8 – Representações de capacitor.

A capacidade que o capacitor possui de armazenar energia elétrica é obtida através de um conceito conhecido como Capacitância (C). Mais precisamente, capacitância é a razão entre o módulo da carga armazenada pela diferença de potencial entre as placas do capacitor:

<sup>9</sup> Resistores que obedecem à lei de Ohm ( $V = Ri$ ), ou seja, a resistores que têm sua resistência constante com a variação da voltagem e não dependem da temperatura.

$$C = \frac{Q}{V} . \quad (1.3)$$

Um ponto importante a ressaltar é que a capacitância do capacitor é dependente da geometria (A) do mesmo e do meio ( $\varepsilon$  – permissividade elétrica do material) que existe entre suas placas de distância (d):

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (1.4)$$

Sua unidade no SI é o Faraday<sup>10</sup> (F):  $1F = \frac{1C}{1V}$ .

Assim como os resistores, existem maneiras de associar vários capacitores dentro de um mesmo circuito, mantendo os mesmos com características diferentes devido a essa associação. Tais associações, assim como nos resistores, são classificadas como sendo em série ou em paralelo. A associação em série (Fig. 1.9(a)) possui as cargas adquiridas pelos capacitores iguais e diferença de potencial (ddp) diferentes, sendo a soma das mesmas a ddp total do circuito:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n , \quad (1.5)$$

o que resulta, usando a equação 1.3, em uma capacitância total de:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} . \quad (1.6)$$

Já, em uma associação em paralelo (Fig. 1.9(b)), a tensão é a mesma para todos, porém as cargas são diferentes, o que resulta em uma carga total igual à soma das cargas de cada resistor:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n , \quad (1.7)$$

o que acarreta, usando a equação 1.3, em uma capacitância total de:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n , \quad (1.8)$$

---

<sup>10</sup> Em homenagem a Michael Faraday, físico inglês do século 19 [13].

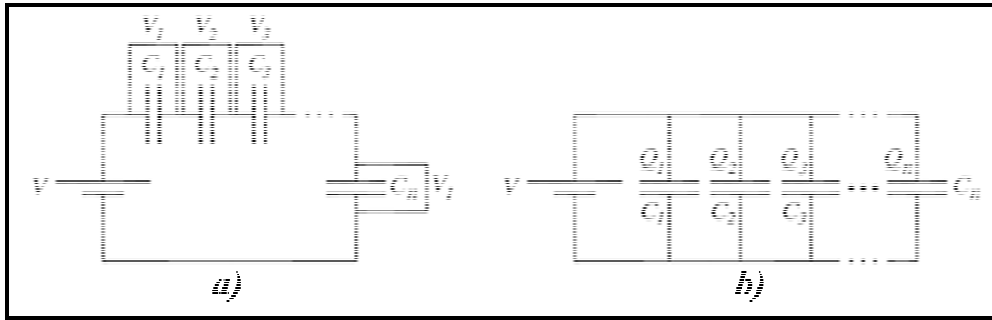


Figura 1.9 – Representação da associação de capacitores: (a) em série e (b) em paralelo [14].

Assim, é possível verificar que, matematicamente, a principal diferença entre capacitores e resistores é dada pelo fato de que as resistências se somam quando ligadas em série, já as capacitâncias se somam quando ligadas em paralelo, embora fisicamente possuam funções bem diferentes.

- **CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR:**

Seja em série ou paralelo, o processo de carga e de descarga de um capacitor requer o auxílio de um resistor, formando, assim, um circuito RC simples<sup>11</sup>.

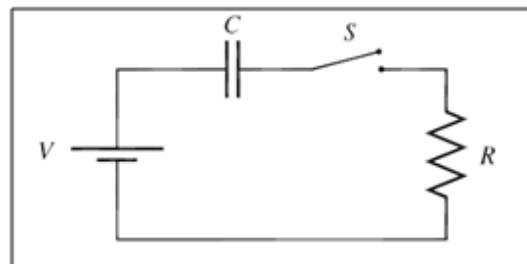


Figura 1.10 – Representação de um circuito RC, carregando o capacitor [14].

Dessa forma, é possível perceber, por meio da Figura 1.10, que, quando a chave S é ligada, começa o processo de carregamento do capacitor, o qual ocorre até que a diferença de potencial armazenada seja idêntica àquela vinda da fonte V, e esse ponto é atingido quando a corrente do circuito vai a zero. Nesse momento, o capacitor está totalmente carregado.

Para descarregar o capacitor, ele deve ser ligado a um outro circuito que funcione através da voltagem adquirida por ele, como por exemplo o esquema da Figura 1.11:

<sup>11</sup> Circuito RC simples é a combinação de um resistor e de um capacitor ligados em série.

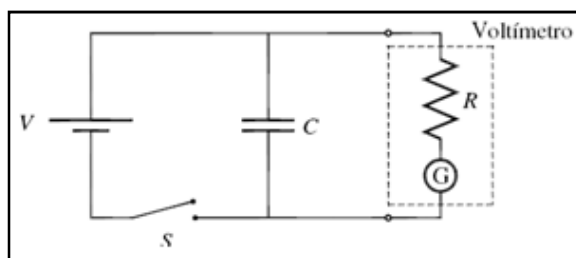


Figura 1.11 – Representação de um circuito de um processo de descarga de um capacitor [14].

A chave estando desligada à fonte  $V$  não interfere no circuito e, então, a voltagem armazenada no capacitor é descarregada no resistor  $R$ , efetuando o conhecido efeito Joule. É importante salientar que tanto a carga como também a descarga do capacitor ocorre de maneira exponencial, ou seja, de forma não linear.

- **PROCESSO DE CARGA EM UMA BATERIA:**

No caso do aparato experimental deste trabalho, foi utilizada uma bateria recarregável de 9V da marca FlexGold composta por Ni-Mh<sup>12</sup>. Essa bateria é, na verdade, uma evolução direta da bateria de Ni-Cd<sup>13</sup>, pois ela também utiliza o Níquel como matéria prima básica, porém substitui o Cádmiio por ligas metálicas menos tóxicas, o que também ajuda no aspecto de proteção ao meio ambiente.

Mesmo sendo um material diferente do capacitor, a analogia para as associações em série e paralelo são as mesmas, assim como a descarga também ocorre de forma exponencial. É claro que existem algumas características a favor e outras contra quando relacionadas com a bateria de Ni-Cd. Quando comparados os benefícios, a bateria leva vantagem em sua maior capacidade de armazenamento, pois tem recarga rápida, ciclo de vida longo e grande prazo de validade em todo seu tempo de carga [15]. Porém, ela não possui o mesmo desempenho da Ni-Cd, que tem um maior custo e também seu “efeito memória” é mais prejudicial.

Esse “efeito memória” explica o fato de que, conforme os ciclos de carga e descarga vão avançando, as baterias tanto de Ni-Cd ou Ni-Mh vão diminuindo seu desempenho, ou seja, quando a descarga que ocorre é parcial e, logo na sequência, uma nova carga é dada e esse ciclo vai se repetindo. A capacidade dessa bateria acaba ficando limitada pela fração que foi consumida anteriormente.

<sup>12</sup> Ni-mh é a sigla para Níquel-metal hidreto.

<sup>13</sup> Ni-Cd é a abreviação para os materiais Níquel-Cádmiio.

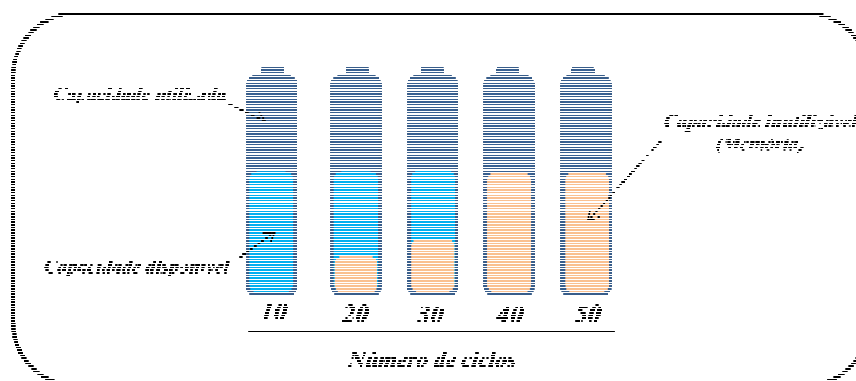


Figura 1.12 – Figura esquemática de pilhas indicando processo de efeito memória nas baterias de Ni-Cd e Ni-Mh.

Isso acaba sendo explicado pela formação do hidróxido de níquel o qual compõe o eletrodo positivo. Assim, quando o ciclo é parcial, parte do material não retorna a sua formação original.

Uma das principais partes a serem analisadas e avaliadas neste trabalho é a demonstração do processo de indução eletromagnética para explicar a geração de eletricidade e, também, o funcionamento de um transformador. Para tanto, uma breve discussão sobre o assunto se faz necessária e é o assunto da próxima subseção.

### 1.1.3. Indução Eletromagnética

Sabe-se que praticamente todos os dispositivos modernos como máquina de lavar, furadeiras elétricas e computadores em geral possuem circuitos elétricos em seu interior, e que esses circuitos funcionam através de uma força eletromotriz (*fem*), a qual é necessária para produzir uma corrente elétrica. Porém, na grande maioria das vezes, as pessoas ligam esse funcionamento a uma bateria (pilha) como sendo a fonte para essa *fem*. A grande parte de nossos aparelhos domésticos funcionam ligados a tomadas, e essas, por sua vez, fornecem a energia necessária para o funcionamento dos aparelhos. Em nosso país, grande parte da energia elétrica que chega até as residências é gerada em usinas hidroelétricas. Dessa forma, é sugerido o seguinte questionamento; *como essa energia é produzida?*

A resposta é dada por meio de um fenômeno chamado de indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday, por volta de 1830, na Inglaterra e também de forma independente por Joseph Henry, nos Estados Unidos [13]. Porém, como Faraday o fez primeiro, ele recebeu o crédito pela descoberta.

Uma representação simples dessa experiência é exposta na Figura 1.13[13]:

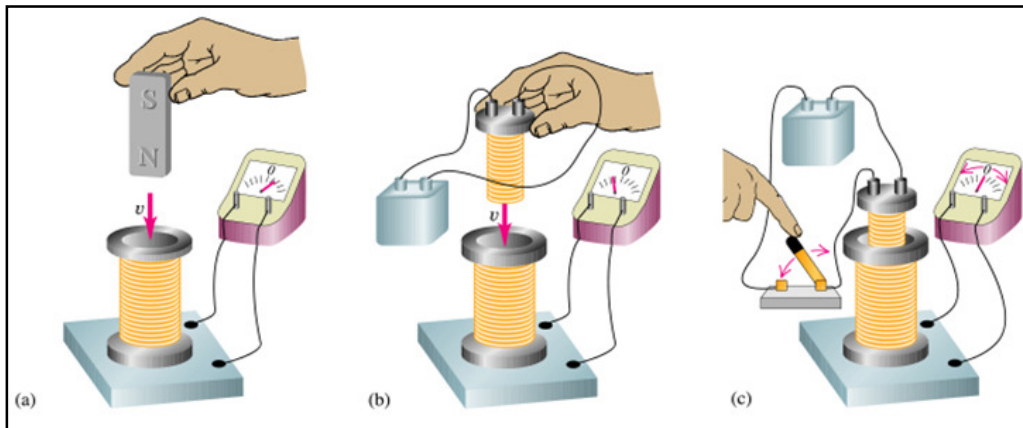


Figura 1.13 – Ilustração de um experimento mostrando indução eletromagnética [13].

Na Figura 1.13(a), pode-se perceber que um ímã está próximo a uma bobina, a qual está conectada a um galvanômetro<sup>14</sup>. Dessa forma, o resultado da experiência mostra que, ao aproximar ou afastar o ímã da bobina, o ponteiro do galvanômetro sofre uma certa deflexão e, quando o ímã é mantido em repouso, nada ocorre no galvanômetro. Isso também ocorre na Figura 1.13(b), mas nesse caso, tem outra bobina menor ligada a uma fonte de energia, a qual faz com que percorra uma corrente elétrica. Da mesma forma que na situação do ímã, ao aproximar ou afastar a bobina eletrizada, o ponteiro do galvanômetro sofre uma deflexão, porém quando a bobina eletrizada é mantida em repouso, nada ocorre no galvanômetro. Já na Figura 1.13(c), a bobina ligada à fonte está agora dentro da bobina maior, com ambas em repouso, e essa ligação é controlada por uma chave. Quando ocorre de ligar ou desligar a chave, o galvanômetro sofre novamente uma rápida deflexão, porém logo volta para sua posição de repouso inicial.

Todas essas três etapas geram algo em comum que é a deflexão causada no ponteiro do galvanômetro. Isso é resultado de uma corrente denominada de corrente elétrica induzida. Verifica-se que ela surge apenas quando ocorre o movimento relativo entre o ímã ou à bobina menor em relação à bobina maior e, nesse movimento, ocorre o que é chamado de variação das linhas de campo magnético ou, simplesmente, variação no fluxo magnético  $\Phi$ . Sendo esse fluxo dado por:

$$\phi = \oint \vec{B} \cdot \hat{n} dA , \quad (1.9)$$

<sup>14</sup> Dispositivo que tem como função aferir baixas correntes elétricas.



sendo  $\vec{B}$  o vetor campo magnético,  $\hat{n}$  a direção normal ao plano de área  $A$  e  $dA$  o elemento dessa área. No caso do ensino médio, essa equação é usada apenas em módulo, ou seja:

$$\phi = BA \cos \theta , \quad (1.10)$$

onde o fluxo depende da área a qual as linhas de campo magnético estão inseridas. Assim, o ângulo que as linhas de campo magnético fazem com a normal dessa área, está como representado na Figura 1.14.

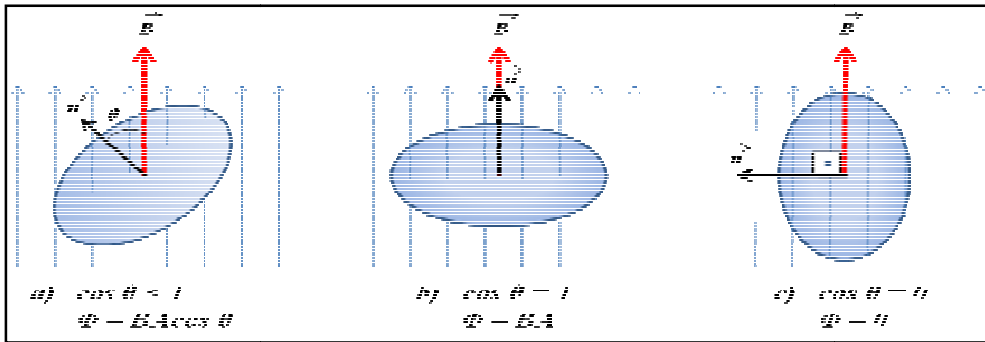


Figura 1.14—Representação do Fluxo Magnético para 3 situações físicas.

Nesse sentido, Faraday concluiu que:

*“Uma força eletromotriz é induzida em uma espira, quando o número de linhas do campo magnético que atravessam a espira varia.”*[16].

Assim, ao gerar uma *fem*, a variação do fluxo magnético gera, por sua vez, uma corrente elétrica induzida que é detectada no galvanômetro (Figura 1.15), esse fenômeno é chamado de *indução eletromagnética*. Para essa corrente induzida, haverá um sentido determinado durante o processo de indução e, para definir esse sentido, é necessário utilizar a lei de Lenz., a qual diz seguinte:

*“A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe ao campo magnético que induz a corrente.”*[16].

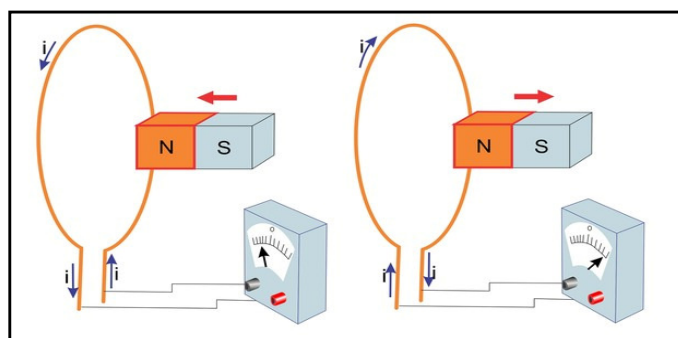


Figura 1.15 – Variação do fluxo magnético em uma espira [17].

Considerando a Figura 1.15 que o circuito induzido seja a espira ligada ao galvanômetro de zero central, pode-se verificar que, ao aproximar o ímã com o polo norte voltado para a espira, nela faz-se gerar uma corrente que tem o sentido tal que induz um polo norte na face da espira voltada para o ímã, ou seja, o polo norte criado na espira repele o ímã que está em aproximação. Isso pode ser comprovado ao aplicar a regra da mão direita<sup>15</sup>. Já, quando o polo norte é afastado da espira, surge uma corrente, a qual faz aparecer, na face voltada para o ímã, um polo sul, a ponto de atraí-lo para si. Com isso, existe uma outra forma de definir a lei de Lenz [16];

*“A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe ao campo magnético que induz a corrente.”*

Na sequência, apresenta-se mais um componente do aparato experimental deste trabalho que é o transformador.

#### 1.1.4. Transformador

É certo que, no processo de indução eletromagnética explicado na seção 1.1.3, todos os experimentos tiveram o acionamento de uma corrente ou a movimentação de um ímã de forma manual e temporária, tanto que, de forma rápida a *fem* desaparecia. Isso ocorria, pois a corrente utilizada nos experimentos eram correntes contínuas (denotadas por CC ou DC), como o nome já sugere, a corrente permanece

<sup>15</sup> Nessa regra o dedo polegar aponta para o sentido do campo magnético, enquanto os demais dedos são fechados junto à palma da mão, dando assim o sentido da corrente elétrica. Importante ressaltar que, ao aplicar a regra, deve-se imaginar que está segurando o fio junto à palma da mão.

constante, não altera o sentido de movimento dos elétrons, ou seja, o campo elétrico em função do tempo permanece sempre na mesma orientação.

Esse tipo de corrente foi muito defendida por Thomas Edson até 1880, pois, para ele, a corrente contínua era a mais segura possível. Porém, nessa mesma época, Nikola Tesla era contratado por George Westinghouse para construir uma linha de transmissão de energia entre Niágara e Búfalo em Nova Iorque (*New York*) [17]. Mesmo sendo totalmente desacreditado por Edson, Tesla queria demonstrar que a corrente alternada (AC ou CA), a qual altera a movimentação dos elétrons em função do tempo, ou seja, altera o campo elétrico que rege o movimento dos elétrons de forma senoidal. Essa era a melhor ideia para transmissões a longas distâncias e os dispositivos conhecidos como transformadores só funcionavam quando estimulados por esse tipo de corrente e não com corrente contínua. Após várias discussões e comprovações, suas ideias acabaram prevalecendo e todos os sistemas de distribuição de energia elétrica, hoje, são feitos por meio da corrente alternada.

Essas distribuições de energia só são possíveis, hoje em dia, pois existe um transformador para elevar ou diminuir voltagens e transportá-las por longas distâncias. A Figura 1.16 mostra o esquema de um transformador.

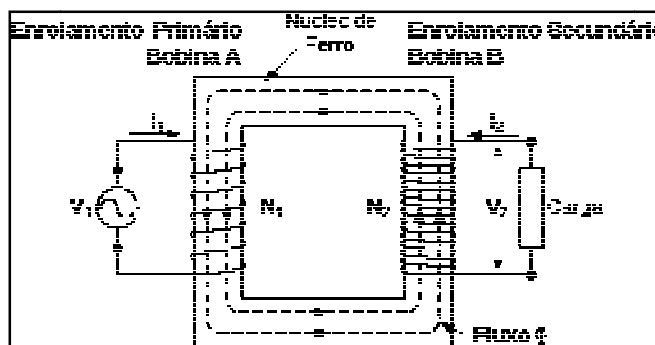


Figura 1.16 – Figura esquemática de um Transformador<sup>16</sup>.

O núcleo do transformador é feito de ferro, material de fácil imantação, de forma que, de um dos lados (lado esquerdo da Figura 1.16) do transformador, existe um enrolamento de espiras denominado bobina primária, nela ocorre a entrada de uma corrente primária  $i_1$  ou corrente que queremos modificar (aumentar ou diminuir) e, conseqüentemente, uma voltagem primária  $V_1$ . No outro lado (lado direito da Figura 1.16), vê-se que existe um segundo enrolamento de espiras a qual se

<sup>16</sup>Figura adaptada do site:

[http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2\\_4\\_2\\_Transformer.html](http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2_4_2_Transformer.html).

chamabobina secundária e nessa, por sua vez, existe uma corrente secundária  $i_2$  e, conseqüentemente, uma voltagem  $V_2$ .

Dessa forma, conforme entra uma corrente alternada na bobina primária, baseada na experiência de Oersted<sup>17</sup>, gera um fluxo magnético variável que é distribuído por toda a extensão do núcleo de ferro, imantando-o. Conseqüentemente, no lado que contém a bobina secundária, ocorre uma indução magnética que faz aparecer uma *fem* induzida  $V_2$  na bobina secundária e também uma corrente elétrica  $i_2$ . Conforme explica o estudo de campos magnéticos, quando ele é gerado por uma bobina, torna-se diretamente proporcional ao número de espiras [18].

A bobina secundária pode ter um número maior de espiras em relação à primária, resultando em uma voltagem secundária maior que a primária. Assim, o transformador eleva a voltagem, ou pode ter um número menor, o que gera uma voltagem também menor e o transformador abaixa-a. Essa relação é exposta na equação 1.11 chamada de *razão de transformação* [16].

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1.11)$$

No caso de bons transformadores, a potência média no enrolamento primário ( $P_1$ ) é, aproximadamente, igual àquele que alimenta o secundário ( $P_2$ ):

$$P_1 = P_2 , \quad (1.12)$$

como  $P = Vi$ , temos;

$$V_1 i_1 = V_2 i_2 . \quad (1.13)$$

O resultado da equação acima demonstra que, para satisfazer essa igualdade, existe uma larga faixa de opções, desde uma alta corrente  $i$  com uma baixa voltagem

---

<sup>17</sup>Em 1819, Hans Christian Oersted verificou que, quando a agulha de uma bússola é colocada próxima a um fio e este por sua vez é percorrido por uma corrente elétrica, ela sofre uma deflexão devido ao campo magnético causado pela corrente que percorre o fio [19].

V até uma baixa corrente  $i$  e uma alta voltagem  $V$ , pois o que importa em termos de potência é o produto  $iV$ .

Por razões de segurança e para uma maior eficiência dos equipamentos, é necessário que a tensão seja relativamente baixa na ponta da geração (usinas) como também da ponta do consumo (residências e indústrias) [18]. Por esse motivo, é dito que a melhor opção se dá por uma transmissão de alta voltagem e de baixa corrente. Isso fica claro quando olhamos a dissipação ocorrida pelo caminho de transmissão por meio<sup>18</sup> da equação;  $P = Vi = (Ri)i = Ri^2$ .

Como exemplo [18], têm-se uma linha de 735 KV e 500 A de corrente, em que se pode ver que a potência média fornecida é

$$P_{forn.} = Vi = (735 \cdot 10^3 V)(500 A) = 367,5 MW ,$$

e supondo que a resistência da linha de transmissão seja de  $220 \Omega$ , a potência média dissipada na linha devido a essa resistência é

$$P_{diss.} = i^2 R = (500 A)^2 (220 \Omega) = 55,0 MW ,$$

o que corresponde a 15% da potência total. Agora, quando se duplica a corrente e reduz a voltagem à metade, tem-se o seguinte:

$$P_{diss.} = i^2 R = (1000 A)^2 (220 \Omega) = 220 MW .$$

Isso corresponde a quase 60% da potência total. Por esse motivo que a transmissão na rede elétrica é feita por alta voltagem e baixa corrente e a redução de voltagem exigida em uma residência ou indústria é feita pelo dispositivo elétrico chamado transformador.

Na próxima seção será apresentada a teoria de aprendizagem (Figura 1.17) em que a análise do presente trabalho foi baseada.

---

<sup>18</sup> Potência dissipada por um resistor ( $P = i^2 R$ ) que transforma a energia elétrica em energia térmica, conhecida como efeito Joule [16].

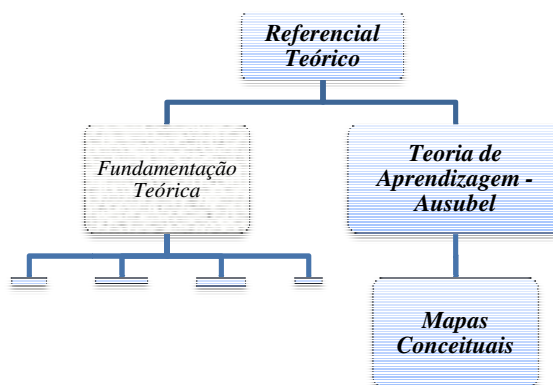


Figura 1.17 – Organograma indicando o próximo tópico a ser apresentado.

## 1.2. Teoria de Aprendizagem - Ausubel

Este trabalho traz como objetivo analisar o conhecimento adquirido pelos alunos da terceira série do ensino médio, por meio de um experimento que interrelacione todo o conteúdo programático deste último ano. Para isso, é necessário haver uma teoria a fim de interpretar os resultados obtidos, a ponto de que se tenha algum significado e não apenas uma opinião. Para tanto, foi utilizada a *teoria da aprendizagem significativa* de Ausubel<sup>19</sup>.

Nascido em 25 de outubro de 1918, Ausubel foi um representante do cognitivismo, teoria que busca identificar o que ocorre com o ser humano quando este organiza suas ideias, compreendendo e interligando fenômenos observados, de modo a distinguir o certo do errado, para então ter um padrão na formação do conhecimento. Ela trata, principalmente, dos processos mentais, como por exemplo, a atribuição de significados, a compreensão, a transformação, o armazenamento e o uso de informação envolvida na cognição [20]. É importante ressaltar que o cognitivismo tem início basicamente na mesma época que o behaviorismo<sup>20</sup> que, ao contrário do cognitivismo, busca analisar o ser humano com aquilo que ele faz, sem se preocupar ou levar em consideração o fator mente.

É comum em sala de aula ouvir falar de aprendizagem, principalmente quando o assunto está direcionado aos alunos, pois o que se espera é sempre buscar atingir um bom nível de aprendizagem. Nesse aspecto, fica a seguinte dúvida:

<sup>19</sup> David Paul Ausubel graduou-se em psicologia, tendo um maior destaque nas áreas de psicologia do desenvolvimento, educacional, psicopatologia e desenvolvimento do ego. Aposentou-se aos 75 anos, porém sempre se manteve ativo até sua morte em 2008 [20].

<sup>20</sup> Do inglês: *Behaviorism*, de *behavior* = comportamento, conduta.

*“Que tipo de aprendizagem é encontrada dentro da sala de aula?”*

Essa é uma pergunta que se torna pertinente no momento em que se pode observar, em sua maioria, a busca por um resultado que tem como base a maçante e repetida forma de se obter uma sessão de "decoreba" de equações, macetes e leis, entre outros, para enfim poder chegar a um “bom” resultado nas avaliações aplicadas pelos professores, e que dias mais tarde termina em um processo de extinção, levando os alunos a um parcial ou total esquecimento dos saberes apresentado a ele. Esse processo causa a falsa impressão de que houve uma aprendizagem, mas, na verdade, o que ocorreu foi uma memorização temporária dos conceitos apresentados pelo professor e não um acréscimo de conhecimento significativo em sua estrutura cognitiva.

Esse comum acontecimento faz parte de um processo que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, que é classificado por ele como um processo de aquisição de novas informações, com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva [21]. Assim o aluno irá armazenar tais informações de forma arbitrária não obtendo nenhuma flexibilidade e tão pouca longevidade e acabará por obter uma retenção de conhecimento muito baixa no final da aprendizagem.

Apesar de não apreciar a aprendizagem mecânica, Ausubel compreende que a mesma tem à sua importância no papel de ajudar o aluno a obter informações primárias, mesmo que, por meio de memorização e já em seu estado final, ou seja, sem ocorrer qualquer tipo de ligação com objetos ou acontecimentos do cotidiano ou, até mesmo, com algum outro conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva e também não tendo nenhuma forma de organização de ideias. Tanto que, para ele, essa aprendizagem é útil na situação em que o aluno não tem nenhum conhecimento prévio e, assim, a aprendizagem mecânica o ajuda a iniciar a aquisição desse conceito, que, futuramente, servirá de base para uma aprendizagem futura e mais ampla.

Porém, a aprendizagem mecânica está longe de uma comparação com a aprendizagem cognitiva por meio da qual se obtém um resultado, pois

[. . .] o sistema psicológico humano, considerado como um mecanismo de transformação e armazenamento de informações, está construído e funciona de tal forma que se pode aprender e reter novas ideias e informações, de forma significativa e mais eficaz, quando já estão disponíveis conceitos ou proposições adequadamente relevantes e tipicamente mais inclusivos, para desempenharem um papel de subsunção ou fornecer uma ancoragem ideal às ideias subordinadas (Ausubel, 2003, p.44)

Nesse sentido, o processo da aprendizagem denominada por Ausubel de significativa tem como principal característica a junção entre o “novo” e o “velho” conhecimento, com o intuito de reorganização entre ambos para buscar formar um novo conhecimento, porém mais bem elaborado.

O autor trabalha com a ideia de que, quando a aprendizagem significativa é levada em consideração, é previamente aceito que o aluno já tem em sua estrutura cognitiva um conhecimento inicial relevante sobre o assunto a ser trabalhado, a qual pode ter sido adquirido através da aprendizagem por *recepção*<sup>21</sup> ou por *descoberta*<sup>22</sup>, e que é classificado como conhecimento A. Dessa forma, uma segunda informação é transmitida para o aluno por meio do professor, o qual é denominado como B. No momento de recepção da nova informação B, a estrutura cognitiva do aluno busca fazer uma ligação para que ocorra interação com o conhecimento A, o qual Ausubel chama de *subsunçores*<sup>23</sup>. Nesse momento, o subsunçor serve como um ancoradouro para essa nova informação para que essa interação ocorra de forma não arbitrária.

Para que isso ocorra de forma legítima e significativa, existe a necessidade de sempre ter um interesse por parte do aluno, para que ele encontre um sentido naquilo que está aprendendo. Além disso a aprendizagem precisa ocorrer de forma hierárquica, ou seja, conceitos mais amplos se sobrepõem a conceitos com menor poder de extensão, a fim de que se possa produzir um novo conhecimento vindo da junção entre A e B a ponto de, ao fim desse processo, ampliar o repertório agora chamado de A'B' (Figura 1.18).

Esse novo conhecimento tende a ser mais rico e mais elaborado e ter uma maior estabilidade. Ele futuramente, também servirá com um novo subsunçor, tendo

<sup>21</sup> Aprendizagem por meio da memorização (mecânica), ou seja, já se apresenta na forma final.

<sup>22</sup> Conteúdo a ser aprendido não é dado e sim descoberto de forma independente pelo aluno, antes do conceito ser apreendido em sua estrutura.

<sup>23</sup> Subsunçor: termo utilizado por Ausubel para identificar um conhecimento prévio pertencente ao aluno [22].



maior facilidade para se conectar às novas informações que irão surgir.

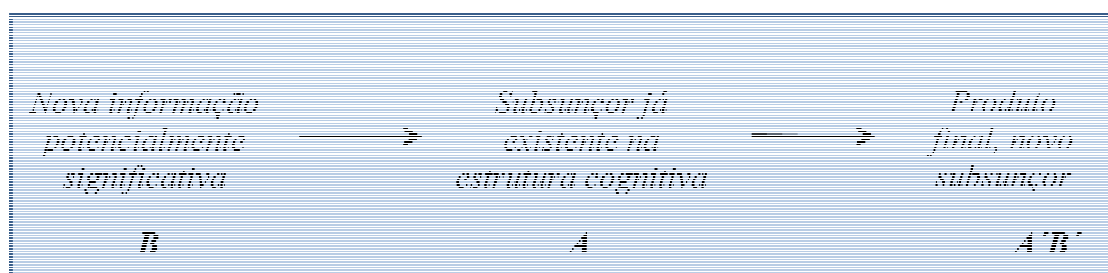


Figura 1.18 –Representação da combinação entre o *subsunçor* e o novo conhecimento.

Fica claro que o principal fator da aprendizagem significativa de Ausubel é o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno e a relação que ocorre entre ele e o novo conhecimento. Porém, é de extrema importância saber reconhecer de que forma isso ocorre, pois hoje esse tipo de aprendizagem é muito citado e usado, mas, muitas vezes, sem ter nenhuma ideia de como essas relações ocorrem.

Assim o autor deixa claro que existem formas de ocorrer essa relação. Por exemplo, quando um aluno tem uma aprendizagem baseada em símbolos ou em palavras, é caracterizada uma aprendizagem significativa do tipo **representacional** [23]. Mas, como se sabe é importante conhecer o significado desses símbolos ou palavras, ou seja, para que servem e onde são utilizados e onde vieram. Assim, quando esse aspecto é levado em consideração, a aprendizagem significativa é considerada **proposicional**.

Como foi dito anteriormente, a estrutura cognitiva busca organizar os conhecimentos adquiridos de uma forma hierárquica, de maneira que, quando o novo conhecimento tem um nível de significado maior que o já existente em sua estrutura cognitiva, subsunçor, a aprendizagem é dita **subordinada**. Isso ocorre, pois a estrutura reconhece que aquele significado mais específico vem de algo mais amplo, ou seja, o subsunçor. Para Ausubel, esse tipo de aprendizagem é o mais comum.

Já, quando a nova informação tende a modificar a estrutura cognitiva do subsunçor a ponto de subordinar ou "subsumir" [23] o mesmo, a aprendizagem é dita como **superordenada**, ou seja, tem uma relação de superordenação, de maior abrangência.

No organograma da Figura 1.19, são apresentados, resumidamente, esses 4 tipos de aprendizagem.

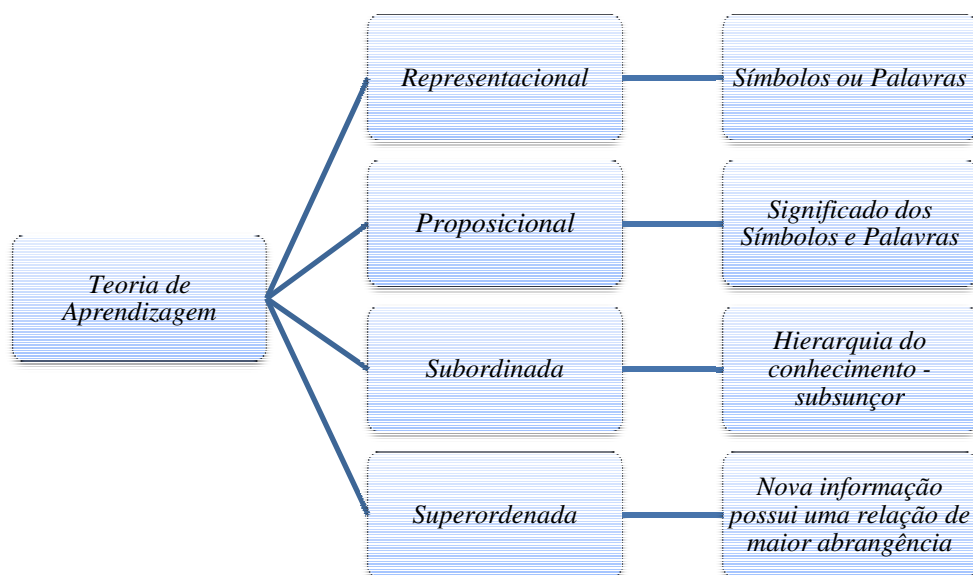


Figura 1.19 – Representação de 4 tipos de aprendizagem da Teoria de Ausubel citadas neste trabalho.

Assim, essa teoria será utilizada juntamente com os mapas conceituais apresentadana subseção 1.2.1, para se analisar os dados obtidos nesse trabalho.

### 1.2.1. Mapas Conceituais

Mapas conceituais são estruturas gráficas que têm como objetivo organizar, de forma hierárquica, os conhecimentos adquiridos pela estrutura cognitiva do aluno. Essa forma de organização surgiu por meio de Joseph Novak<sup>24</sup>, em 1972, dentro da Universidade de Cornell, na qual ele buscava compreender as mudanças na maneira como as crianças compreendiam a ciência [24] .

Dessa forma, mapas conceituais utilizam, de forma gráfica, círculos ou quadrados para transpor a relação existente entre os conceitos de modo que a ideia sempre parta de uma pergunta chave ou, então, a partir de uma palavra mestra relacionada a essa pergunta, o aluno elabore o mapa de seu conhecimento, sempre buscando uma forma hierárquica. É importante salientar que esse mapa conceitual não pode ser confundido como organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade e nem hierarquias organizacionais [25].

<sup>24</sup>Joseph Donald Novak, nascido em 1932, empresário e educador americano, Professor Emérito na Cornell University e Pesquisador Sênior no IHMC. Ficou conhecido mundialmente pelo desenvolvimento dos mapas conceituais na década de 70 [25].

Dentro dessa estrutura, o aluno tende a organizar suas ideias a ponto de ligar através de linhas, as palavras que se relacionam e que estão ligadas ao tema da pergunta chave. Assim, existe dentro dele um cruzamento de linhas para poder relacionar os conceitos nos diferentes segmentos ou domínios do mapa conceitual. Esse cruzamento demonstra, por parte do aluno, a capacidade de relacionar o conhecimento daquele conceito em diferentes âmbitos. Como um exemplo, apresenta-se a Figura 1.20.

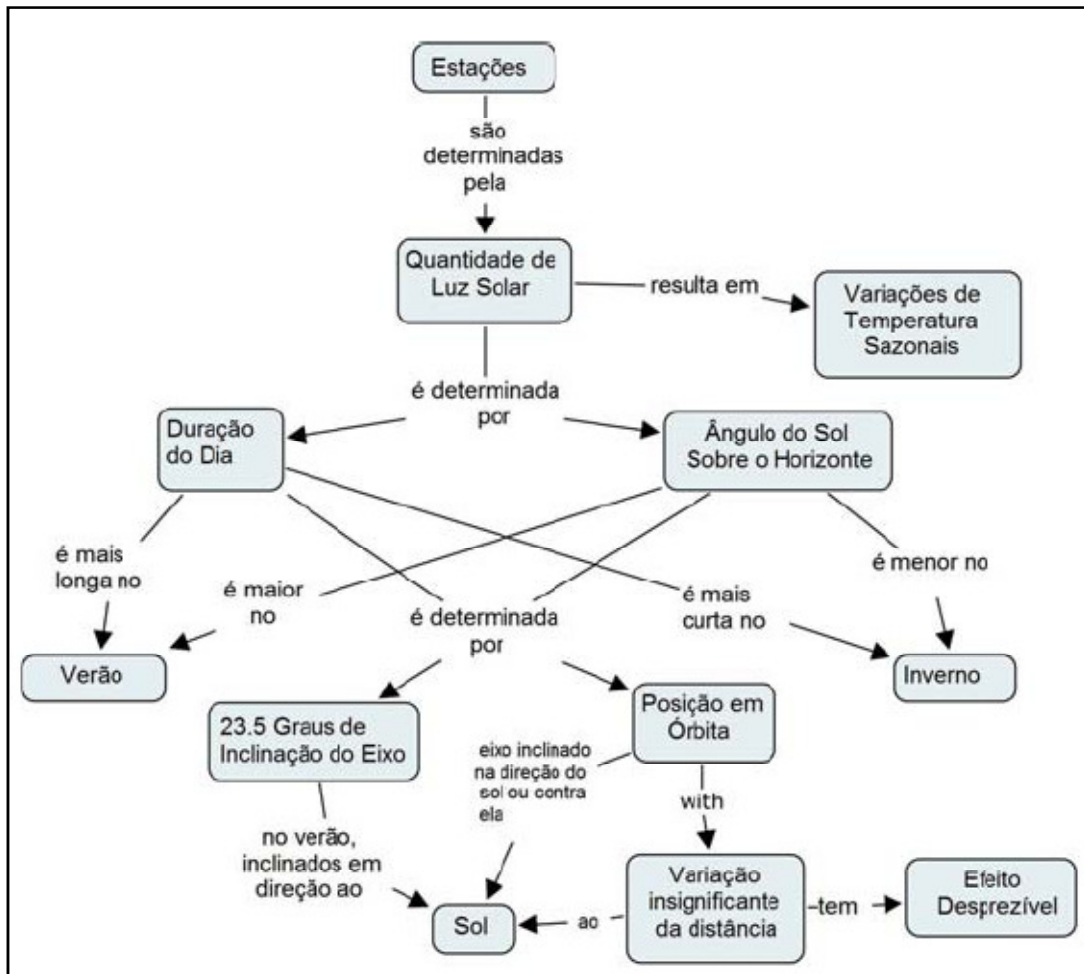


Figura 1.20 –Uma representação de uma organização do conhecimento das estações do ano [24].

Após a aplicação da aprendizagem significativa de Ausubel, o resultado final adquirido pelos alunos foi exposto em dois mapas conceituais, um contendo o conhecimento prévio dos alunos e o outro após a aplicação do produto desenvolvido.

## 2. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Para a realização deste trabalho, foi tomado como ideia central o estudo de fenômenos eletromagnéticos utilizados no processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica envolvida em uma usina hidroelétrica, assim como, o processo usado para elevação do potencial elétrico no momento do transporte de energia elétrica da usina até as centrais de distribuição de cada cidade. Porém, para abranger novas formas de geração de energia em relação a mais popularmente conhecida, no lugar de uma certo volume de água caindo de uma altura específica no processo de transformação de energia mecânica em elétrica, foi utilizada uma tecnologia poucocomum no Brasil que é a energia solar, através de painéis solares.

Assim, o produto deste trabalho (experimento), tende a explicar como ocorre a transformação de energia solar em energia elétrica por meio do funcionamento de um painel solar, bem como explicar o armazenamento dessa energia elétrica em baterias, para que, no processo de descarga, essa energia seja reutilizada, movimentando uma roldana acoplada em imãsque, por sua vez, acaba demonstrando o processo de indução eletromagnética. Na Figura 2.1, é apresentada a ordem utilizada para a descrição experimental deste capítulo.

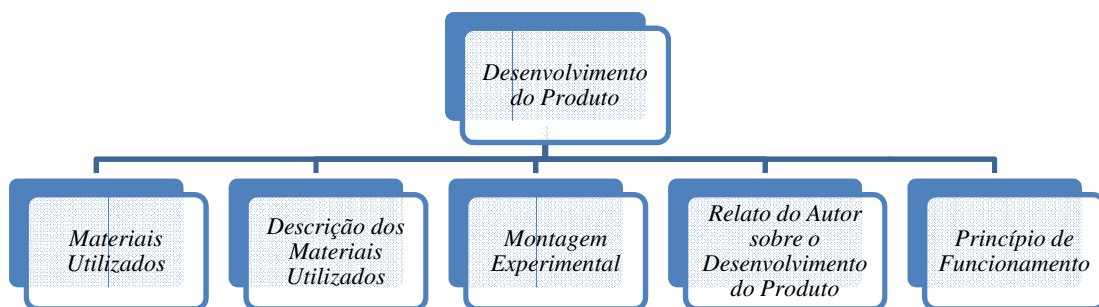


Figura 2.1–Organograma da apresentação do Capítulo 2.

## 2.1. Materiais Utilizados<sup>25</sup>:

- 1 painel solar monocristalino de silício - marca Sun World;
- 1 motor de gravador de dvd, 12 V, de 2400rpm - marca Mabuchi;
- 2 chaves seletoras para saída de voltagem;
- 2 diodos de 6V;
- 3 diodos Zener;
- 1 transformador com quatro saídas;
- 6 ímãs de Neodímio tipo pastilha grade N35;
- 2 baterias recarregáveis 9V;
- 1 lâmpada de 250W;
- 1 *protoboard* - marca Hikari;
- 2 conectores para bateria 9V;
- 1 placa de madeira usada de base para montar todo o aparato experimental;
- 2 rolimãs para fixar o eixo de rotação dos ímãs;
- Fios conectores;
- Suporte para fixar o transformador;
- *Leds*;

## 2.2. Descrição dos Materiais Utilizados:

Foi utilizado um painel solar do tipo monocristalino de silício, com as seguintes especificações:

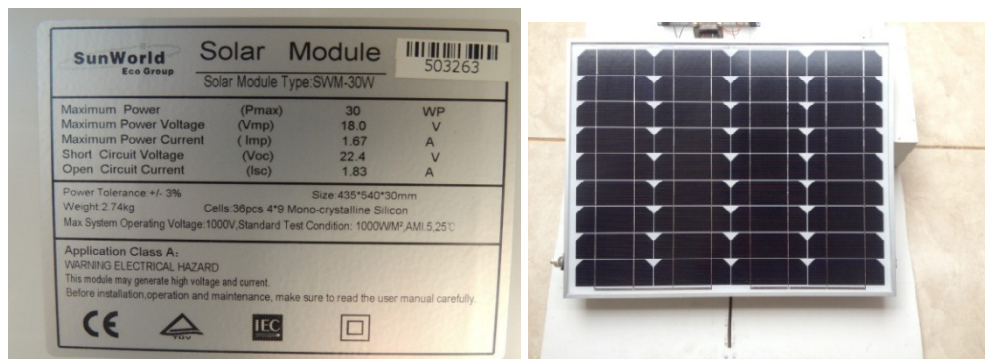


Figura 2.2 –Especificações do painel solar monocristalino, produto comercial da *SunWorld*.

<sup>25</sup> No Anexo 6, é apresentada uma Tabela de valores do investimento na construção do presente protótipo (produto).

Nas especificações acima é possível perceber que a máxima voltagem atingida pelo painel solar é de<sup>26</sup> 22,4 V, porém o circuito de saída do painel pode ser montado a ponto de obter uma outra saída com voltagem próxima de 11,2 V.

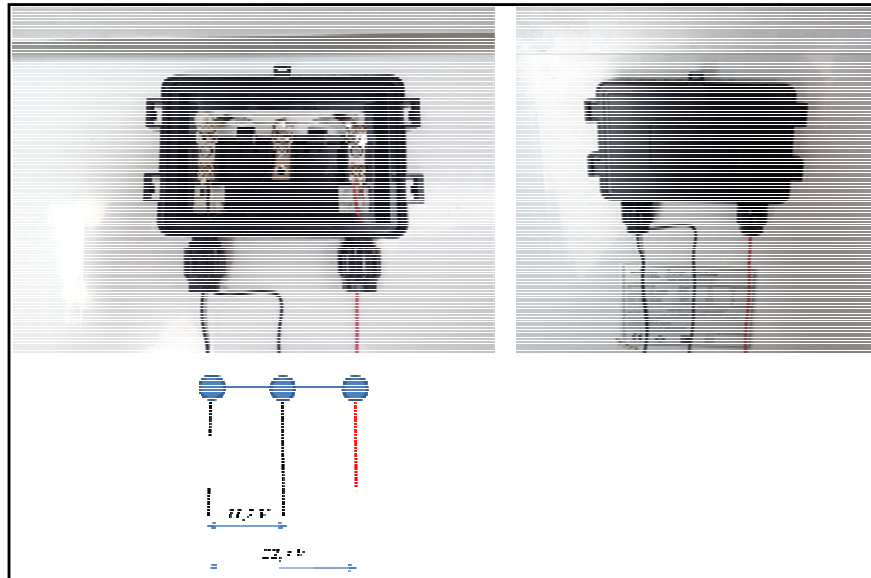


Figura 2.3 – Foto da configuração para saída de voltagem do painel solar.

Essa dupla opção de saída é útil, pois o painel proporciona duas formas de funcionalidade, nas quais se pode explorar o tema de geração de energia e a física envolvida. Serão colocadas duas formas como objetivos a ser atingido:

- 1) O primeiro é, basicamente, demonstrar seu funcionamento e, conseqüentemente, a transformação direta de energia solar em energia elétrica. Todo esse processo baseado no efeito fotovoltaico;
- 2) Já o segundo é utilizar essa mesma energia elétrica para ser armazenada em duas baterias recarregáveis (baseado em capacitor), a ponto de, quando reutilizada, funcionar um motor que servirá para gerar o efeito da indução eletromagnética e, então, demonstrar o funcionamento e a utilização de um transformador.

Assim, para que o primeiro objetivo fosse atingido, utilizou-se um motor de voltagem para funcionamento de 12,0 V e que tinha em sua configuração 2400 rpm (Figura 2.4)<sup>27</sup>.

<sup>26</sup> Na tabela de especificações, por ser em inglês, o decimal é indicado por um ponto, no caso 22.4 V.

<sup>27</sup> Esse motor é, normalmente, usado em aparelhos de gravador de DVD.



Figura 2.4 – Foto e especificação do motor utilizado para demonstração do funcionamento do painel solar - Marca MABUCHI.

O principal papel desse motor é permitir a visualização de seu funcionamento por meio da conversão direta de energia solar em energia elétrica de corrente contínua (CC), tendo como base teórica o efeito fotovoltaico.

Já, para a demonstração do processo de indução eletromagnética, foi necessário aprimorar o experimento e implementar vários aparatos os quais pudessem, além de atingir o objetivo 2, demonstrar, de forma clara e significativa, tal processo, a fim de levar o aluno a uma compreensão teórico-prática. Os demais itens de materiais serão descritos ao descrever o funcionamento do experimento (seção 2.4). O produto final (protótipo) será apresentado na próxima seção (seção 2.3).

### 2.3. Montagem Experimental

Nesta seção, apresenta-se, na Figura 2.5, uma foto da montagem do protótipo utilizado na sala de aula (Produto). Os itens que a compõem estão descritos ao lado da foto. Observa-se ainda em destaque (apontado com uma seta) que o painel solar foi fixado de forma que esta possa ser inclinada, fornecendo assim, uma forma de captar a máxima radiação solar por um tempo maior. Tendo também em destaque na base os furos que permitem regular a distância entre a roldana e o núcleo de ferro (item 3).

Maiores detalhes de cada parte encontram-se na seção 2.5 – Princípio de Funcionamento.

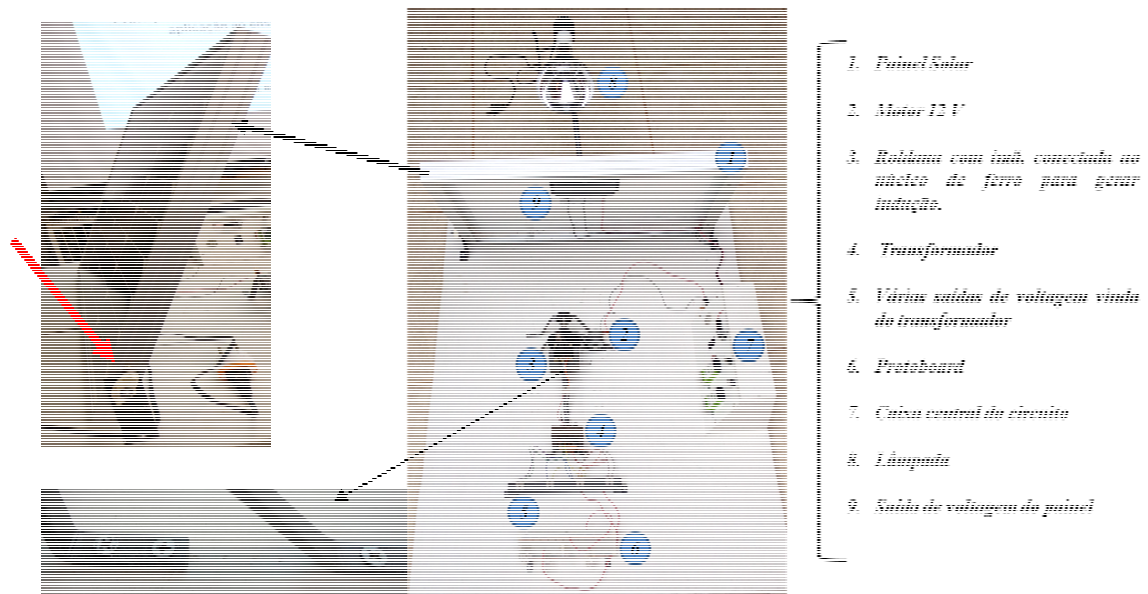


Figura 2.5 –Foto da montagem experimental (Produto), e em destaque o sistema de inclinação do painel solar e os furos que permite a variação entre os elementos do item 3.

Como esse é um produto que não se encontra pronto para ser utilizado, a seguir, na seção 2.4, apresentaremos um relato do autor sobre a sua experiência na elaboração do produto.

## 2.4. Relato do Autor sobre o Desenvolvimento do Produto

Todo trabalho, seja ele experimental ou não, leva seu idealizador a uma posição em que, inicialmente, a sensação é de um vazio e de um sentimento que leva a pensar se realmente vai existir uma luz no fim do túnel. Porém, a partir do momento que se olha apenas para frente, percebe-se que o vazio e a desconfiança se transformam em aprendizagem, pois as ideias começam a ser concretizadas e as soluções vão surgindo junto à manifestação de alegria de sempre estar aprendendo mais e mais, principalmente quando existem pessoas que ajudam a pensar e a idealizar tudo o que foi programado.

Foi essa a sensação que surgiu neste trabalho, uma vez que não havia nenhum referencial experimental para sua montagem, apenas as ideias que surgiram para tentar levar aos alunos uma melhor compreensão do assunto de indução magnética e Física Moderna, assuntos pouco trabalhados na terceira série do ensino médio e, quando aplicado nessas poucas vezes, quase sempre de forma quantitativa, levando o aluno a um aula maçante e baseada no ato de decorar.



Dessa forma, o que fica presente na confecção deste experimento é o fato de participar de todas as etapas, de idealizar todas as partes envolvidas neste trabalho, sempre buscando analisar se aquilo que estava sendo feito serviria de forma qualitativa para uma melhor aprendizagem do aluno que participaria da aplicação do projeto. Assim, essa foi a parte mais complexa, uma vez que o estudante, ao presenciar o funcionamento do experimento, deveria não apenas analisar a parte mecânica, mas também poder encaixar aquilo que ele havia estudado durante o ano em alguma parte do processo que ali ele presenciava.

Talvez por isso, o trabalho tenha sido bem desenvolvido, já que cada parte era sempre muito bem pensada tanto teórica quanto experimentalmente, para levar ao aluno o aparato mais simples visualmente, porém que tivesse um grande conceito Físico por traz dessa simplicidade. Porém, como todo trabalho, em cada parte, as ideias foram sempre mudando, a ponto de levar mais de seis meses para ser finalizado completamente. As dificuldades foram enormes, experimentalmente falando, já que nem sempre concretizar o que se pensa é fácil, tanto que o projeto foi mudado várias vezes, sempre buscando um melhor desenvolvimento e com pouco atrito, uma vez que envolvia movimento de polias. A montagem do circuito também foi um pouco complicada já que fizemos de forma mais simples, ou seja, sem envolver aparatos digitais e *protoboard*, apenas fios e soldas, para levar ao aluno um circuito como ele estava acostumado a estudar nos livros.

Enfim, o que se pode concluir de positivo deste trabalho é o fato de que, quando algo é feito com vontade e com dedicação desde o início, por mais complexo que seja, chegará a um resultado satisfatório e o idealizador será literalmente o "pai" de tal feito.

## 2.5 Princípio de Funcionamento

Conforme a configuração apresentada na Figura 2.5, pode-se descrever o funcionamento do experimento para o processo de indução. No momento em que ocorre a incidência da luz solar no painel solar<sup>28</sup> (item (1)), um circuito que se encontra dentro de uma caixa central (item (7)), na Figura 2.5 e em destaque na Fig.

---

<sup>28</sup> Observe que na base do painel há uma "borboleta" que permite liberá-la e inclinar o painel tal que se capte a maior incidência de luz.

2.6)), é modificado por meio das chaves seletoras, a ponto de escolher para qual saída será liberada a voltagem.



Figura 2.6 – Caixa central do circuito (em destaque as chaves comutadoras), item (7) da figura 2.5.

A Figura 2.7 apresenta o esquema do circuito montado dentro da caixa central (Figura 2.6):

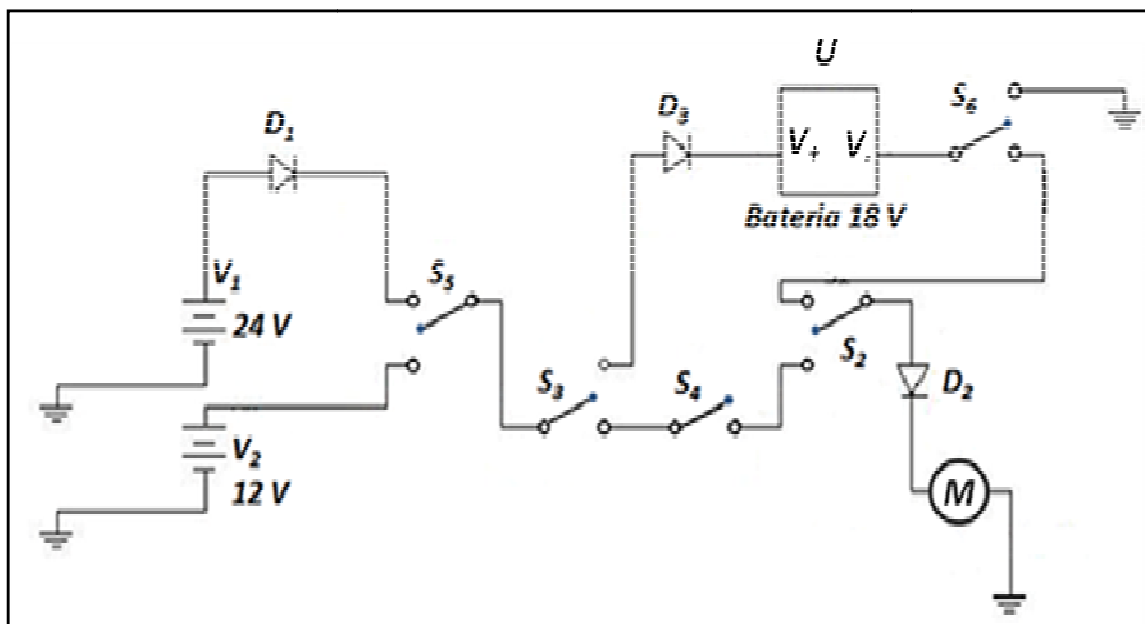


Figura 2.7 – Figura esquemática do circuito elétrico da caixa central. Sendo  $V_i$  as tensões,  $S_i$  as chaves,  $D_i$  os diodos,  $U$  a bateria e  $M$  o motor.

O circuito da Figura 2.7, mostra dos dispositivos  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ , que são os Diodos<sup>29</sup> utilizados. Também mostra as duas opções de voltagem do painel ( $V_1$  e  $V_2$ ), assim como deixa claro a opção das duas formas de utilização do painel:

- 1) Quando as chaves  $S_3$  e  $S_5$  são voltadas para cima (CS1 acionada em II e CS2 acionada em 0), aciona a opção de 24,0 V (máximo rendimento do painel) que serve para carregar as baterias de 9,0 V cada, que estão ligadas em série, obtendo um total de armazenamento de voltagem de 18,0 V.
- 2) Já, quando as chaves  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  e  $S_5$  são voltadas para baixo (CS1 e CS2 acionadas em I), o painel libera apenas metade de seu potencial, ou seja 11,2 V fazendo o motor M (item (2) Figura 2.5) funcionar de forma direta, para demonstrar a transformação de energia solar em energia elétrica, que está relacionada ao primeiro objetivo, citado na seção 4.1.

As permutações para o funcionamento correto de todo aparato ocorre conforme Tabela 2.1, em que CS1 e CS2 são as chaves seletoras apresentadas em destaque na Figura 2.6.

Tabela 2.1 – Comandos de funcionamento do circuito.

| <i>Comando</i> |            | <i>Modo de funcionamento</i>   |
|----------------|------------|--|
| <i>CS1</i>     | <i>CS2</i> |  |
| <i>0</i>       | <i>0</i>   | <i>Nada Funciona</i>   |
| <i>I</i>       | <i>I</i>   | <i>Motor funciona através da ligação direta com o painel.</i>  |
| <i>II</i>      | <i>0</i>   | <i>Circuito fica configurado para o carregamento das baterias.</i>                                       |
| <i>0</i>       | <i>II</i>  | <i>Motor funciona através apenas do descarregamento das baterias.</i>                                    |
| <i>II</i>      | <i>II</i>  | <i>Ocorre o carregamento das baterias e simultaneamente o funcionamento do motor através das mesmas.</i> |

Como existem essas permutações, foi necessária a utilização de diodos para manter a corrente em apenas um sentido, não deixando as permutações serem misturadas. Da mesma forma que, como as baterias juntas armazenavam 18,0 V, foi necessário montar o circuito com dois reguladores de tensão (6,0 V cada), Figura 2.8, para que, quando o circuito estivesse programado para a liberação da voltagem das baterias para o funcionamento do motor, (segunda forma) eles pudessem permitir a passagem de apenas 12,0 V dos 18,0 V obtidos, não danificando o motor e o deixando funcionar com o máximo de rendimento.

<sup>29</sup> É um componente eletrônico semicondutor, que possui entre outras funções retificar corrente.

No momento em que a segunda forma é trabalhada, o funcionamento do motor serve para girar uma polia a qual possui um conjunto de ímãs em lados



Figura 2.8 – Foto dos Diodos com a função de Regulador de tensão (6,0 V) e das baterias.

opostos, onde eles se encontram muito próximos de um núcleo de ferro enrolado em uma bobina (Figura 2.9). Esse movimento gera uma variação do fluxo de campo magnético criado por estes ímãs, de forma que, como visto na teoria de indução magnética, gera um fluxo magnético e induz uma corrente alternada na bobina. O fato de utilizar um núcleo de ferro é para potencializar a indução magnética na bobina e, assim, gerar uma corrente induzida maior e, conseqüentemente, um potencial maior.

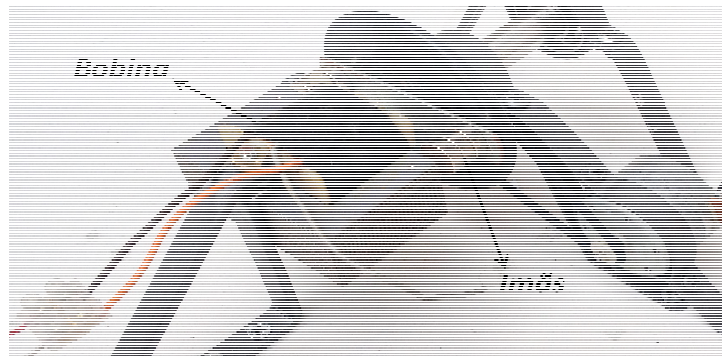


Figura 2.9– Junção da polia(contendo ímã) com bobina.

Esse potencial gerado na bobina é transferido para um transformador, por meio de uma corrente alternada, a ponto de que seja elevado ou diminuído e, então, possa demonstrar seu funcionamento. O transformador utilizado tem a opção de quatro saídas, sendo uma delas com enrolamento secundário menor que o enrolamento primário, a fim de diminuir a voltagem de saída. Já as outras três (Figura 2.10) têm o

enrolamento secundário maior que o primário fazendo com que a voltagem de saída seja elevada.

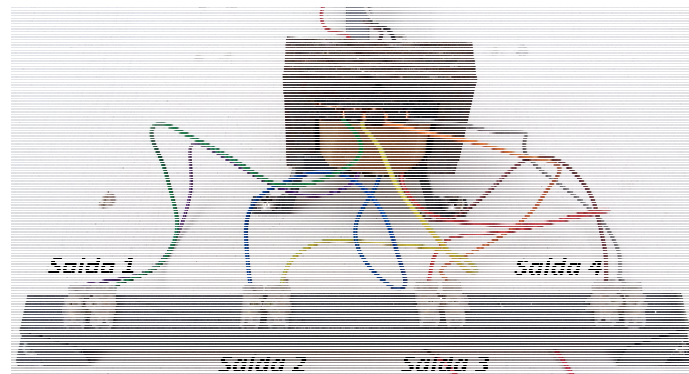


Figura 2.10 – Foto do transformador com quatro saídas de voltagem.

Experimentalmente, a medição por parte de um voltímetro demonstrou que a voltagem de saída na bobina era de 3V, de maneira que essa voltagem era a que estava sendo aplicada na entrada do transformador. Por ser uma corrente alternada, ela faz surgir no interior (ferro) do transformador um processo de indução, a qual conforme a Figura 1.16, faz gerar em sua bobina secundária uma voltagem de saída que depende exatamente do enrolamento dessa bobina. Para tanto, o transformador foi criado a fim de que as voltagens (aferidas através de um voltímetro durante a apresentação do aparato experimental) fossem as apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Especificação de voltagem de saída do transformador.

| <i>Saída</i> | <i>Voltagem (V)</i> |
|--------------|---------------------|
| <i>1</i>     | <i>2,55</i>         |
| <i>2</i>     | <i>3,60</i>         |
| <i>3</i>     | <i>9,85</i>         |
| <i>4</i>     | <i>0,24</i>         |

Para uma melhor representação deste aumento ou diminuição de voltagem, foi utilizado um *Protoboard* com vários *leds*, (Figura 2.11) formando separadamente alguns circuitos em série para que os alunos pudessem verificar esse aumento ou a diminuição de voltagem. Outro fator observável foi o fato de se utilizar uma corrente alternada, pois os *leds* piscavam durante o seu funcionamento.

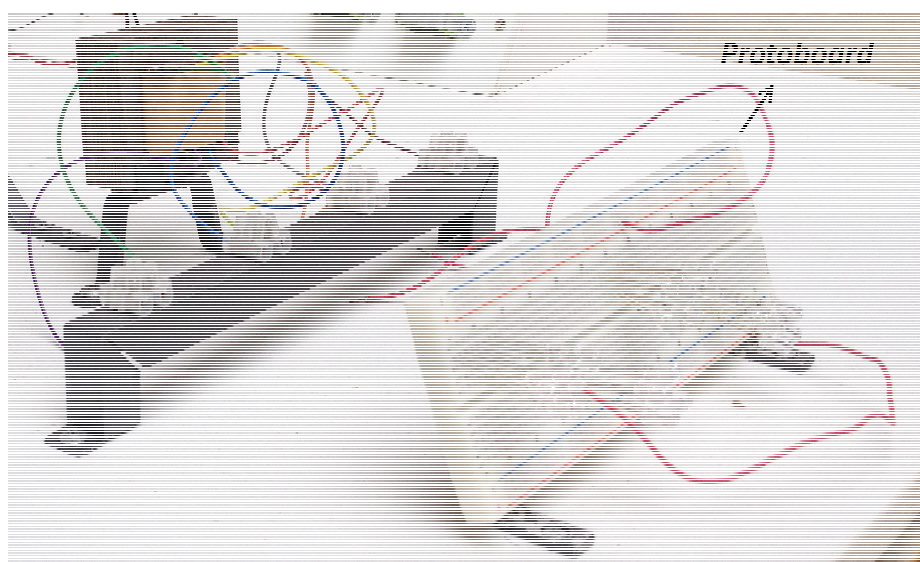


Figura 2.11 – *Protoboard* com *leds* e ligação das chaves.

Com o produto pronto e explicado o seu funcionamento, passamos ao próximo capítulo para apresentar a sua aplicação no Colégio.

### 3. APLICAÇÃO NA ESCOLA

Este trabalho foi elaborado para ser aplicado nas turmas de terceira série do ensino médio. Esta série envolve todo o conteúdo programático que foi utilizado para o desenvolvimento (elaboração e construção) do produto (apresentado no Capítulo 2). Para tanto, o Colégio Doutor Gastão Vidigal, de Maringá, gentilmente cedeu espaço para que houvesse um momento junto aos alunos da referida série no período matutino<sup>30</sup>. O professor da disciplina acompanhou a aplicação do produto, sendo que, no total, foram 19 alunos participantes desta atividade.

Na Figura 3.1, está representado um organograma para melhor entendimento das atividades desenvolvidas e suas especificidades.

Em um primeiro momento, foi confeccionado um termo de autorização (Anexo 2) por parte do colégio, para que a direção tivesse ciência do que estava sendo feito. Com este termo assinado e também com a liberação do professor da turma, Prof. Spessato, a aplicação do produto estava totalmente aprovada por parte do colégio. Assim, ele foi aplicado em um período de três aulas, totalizando 2h e 20min de trabalho.

Já em sala de aula o Prof. Spessato fez um primeiro intermédio entre a turma e o autor deste trabalho, citando o que seria feito e por qual motivo. Em seguida, mantendo a presença do Prof. Spessato em sala, foi explicado aos 19 alunos que o trabalho necessitava de uma autorização, assinando um termo de consentimento (Anexo 1). O principal objetivo deste termo era deixar claro que os estudantes estariam disponibilizando os resultados apresentados por eles, porém estes não seriam nominais, ou seja, em termos de divulgação para essa dissertação aparecerá apenas o resultado do aluno A ou B, mas em momento algum será divulgado o nome

---

<sup>30</sup> As turmas possuem em média 30 alunos, mas devido ao período de aplicação ter sido no final do ano letivo alguns alunos já não frequentavam as aulas.

deste aluno. Cientes desta situação, todos assinaram, e então houve início ao desenvolvimento do trabalho. A sequência das atividades desenvolvidas com os alunos está apresentada na Figura 3.1.

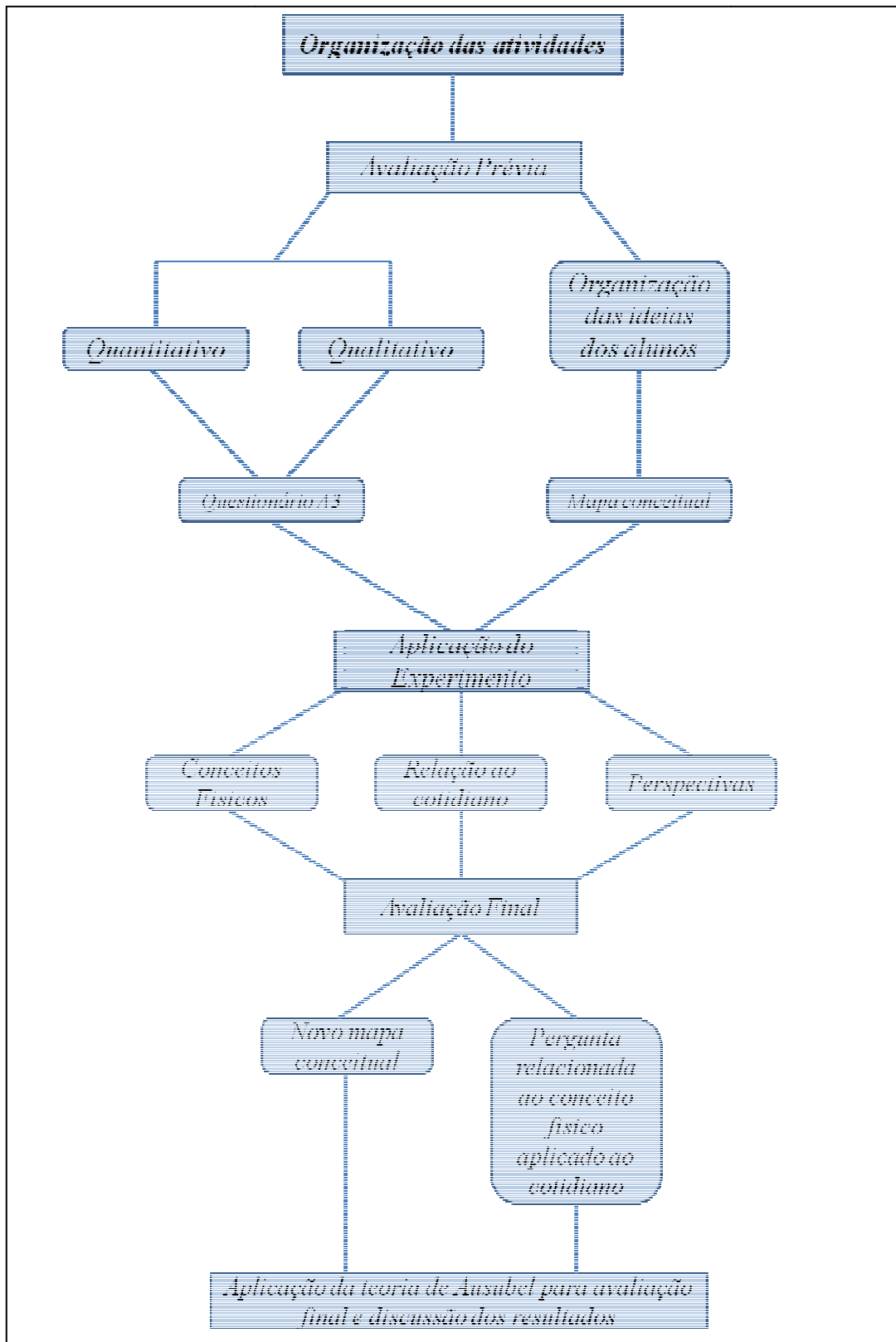


Figura 3.1 - Organograma identificando os passos seguidos durante a exibição do produto e suas avaliações.



Como o principal objetivo deste trabalho era verificar a aprendizagem por meio de um experimento que envolvia todo o conteúdo ministrado durante este último ano dos alunos do ensino médio, e isso seria verificado posteriormente por meio da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Foi necessário, antes de qualquer conversa sobre o conteúdo, a aplicação do Questionário (Q1):

***Questionário Q1: Questões aplicadas durante a avaliação prévia.***

*1) Qual tipo de usina geradora de eletricidade você tem conhecimento? Para cada usina, explique o tipo de energia que é usada para gerar energia elétrica.*

*2) Você sabe a diferença entre energia limpa e energia suja? Se sim, explique e cite os tipos de energia limpa e os tipos de energia suja que você conhece.*

*3) Marque a alternativa que representa a função de um capacitor.*

*a) Armazenar energia mecânica.*

*b) Dissipar energia elétrica em forma de calor, o conhecido efeito Joule.*

*c) Armazenar energia elétrica.*

*d) Faz o mesmo papel de um resistor, só que com uma capacidade maior.*

*e) Alimenta um circuito elétrico, ou seja, é uma fonte de força eletromotriz  $\varepsilon$ .*

*4) Qual é a função de um transformador?*

*a) Transforma energia mecânica em elétrica.*

*b) Transforma energia elétrica em qualquer outro tipo de energia.*

*c) Serve para elevar ou diminuir a tensão em uma rede de transmissão elétrica.*

*d) Controlar a corrente elétrica, assim como um resistor.*

*e) Armazenar energia elétrica durante o dia, para que a mesma seja distribuída ao anoitecer.*

*5) Em que se baseia o funcionamento de um transformador?*

*a) É baseado nas leis de Kirchhoff.*

*b) Seu funcionamento é baseado na lei de Ohm.*

*c) O funcionamento ocorre devido a uma indução eletromagnética.*

- d) *O funcionamento é baseado na experiência de Oersted.*
- e) *Seu funcionamento se dá apenas pelo campo magnético criado pelo núcleo de ferro do transformador.*
- 6) *O funcionamento de um transformador se dá pelo efeito de uma corrente elétrica contínua ou alternada? Justifique.*
- 7) *A indução eletromagnética é baseada em qual lei?*
- a) *Lei de Ohm.*
- b) *Lei de Kirchhoff.*
- c) *Lei de Newton.*
- d) *Lei de Oersted.*
- e) *Lei de Faraday.*
- 8) *Você conhece ou já ouviu falar no efeito fotoelétrico? Se sim, diga qual o seu conhecimento sobre tal assunto, ou seja, como e onde ele ocorre?*
- 9) *A energia vinda do sol é classificada como:*
- a) *Onda de calor, vinda pelo processo de convecção.*
- b) *Onda eletromagnética, vinda pelo processo de irradiação.*
- c) *Onda mecânica, vinda pelo processo de irradiação.*
- d) *Onda nuclear, vinda pelo processo de condução.*
- e) *Apenas como luz, que é uma onda mecânica e pode percorrer o vácuo.*
- 10) *Com relação às equações de eletricidade e magnetismo, relacione as colunas abaixo:*
- 1)  $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  ( ) *Associação de resistores em série*
- 2)  $N_1 \cdot U_2 = N_2 \cdot U_1$  ( ) *Lei de indução de Faraday*
- 3)  $B = N \cdot \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$  ( ) *Campo magnético gerado por bobina*

$$4) \Phi = B.A.\cos\theta \quad ( ) \text{Relação entre bobinas do transformador}$$

$$5) \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad ( ) \text{Associação de resistores em paralelo}$$

$$6) \mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad ( ) \text{Fluxo do campo magnético}$$

Quando terminaram de responder ao Questionário Q1, foi explicado a eles, por meio de um exemplo (*Anexo 3*), o que vinha a ser um mapa conceitual, para que, além do questionário, pudessem construir um mapa conceitual de todo o conhecimento adquirido durante o ano em relação aos assuntos de eletricidade e magnetismo. Assim, de posse do questionário e do mapa, já havia material para fazer uma análise prévia da aprendizagem adquirida pelos alunos.

Na sequência, conversou-se sobre as formas de transformação de energia que os alunos conheciam, como também o que eles conheciam sobre o processo de transformação de energia solar em energia elétrica e a qual estudo físico que eles haviam estudado durante o ano, esse processo poderia estar relacionado. Na mesma linha de raciocínio foi questionado junto aos mesmos, como ocorria o processo de transformação de energia mecânica em elétrica na usina hidroelétrica. Nesse momento, ao ter questionado tais assuntos a fim de verificar o que eles haviam absorvido de conhecimento ou até onde eles haviam estudado, foi dado início ao assunto sobre o projeto experimental (produto desta dissertação).

Para tanto, não foi feita toda uma análise teórica de início para depois explicar o funcionamento do aparato, iniciou-se com a explicação e funcionamento de cada parte do experimento, assim como todos os materiais envolvidos, para que os alunos pudessem, de maneira rápida e simples, ligar a teoria com a prática. Primeiramente, foi conversado sobre o funcionamento do painel solar, identificou-se que muitos sequer conheciam o aparelho, para então poder discutir a aplicação do efeito fotovoltaico. Nesse momento, o objetivo foi demonstrar aos alunos que o estudo do efeito fotoelétrico, teoricamente visto no contexto de Física Moderna, serviria como base para a compreensão desse funcionamento. Assim, foi explicado o efeito fotovoltaico e, então, o funcionamento do painel solar e também seus benefícios à

população, por esta ser uma forma de energia limpa. O funcionamento direto do motor ligado ao painel demonstrou de forma prática este tipo de energia.

Em seguida, o objetivo foi demonstrar como ocorria a transformação de energia mecânica em elétrica por meio do processo de indução magnética, o mesmo que ocorre nas usinas hidroelétricas. Para que não houvesse desconfiança por parte dos alunos, foi lhes explicado que não seria usada energia elétrica para ser novamente transformada em energia elétrica, isso devido a ter uma lâmpada acoplada ao sistema caso não houvesse Sol neste dia de aula<sup>31</sup>, e sim que o experimento tinha dois objetivos e que através do primeiro (painel solar) seria demonstrado o segundo. Tanto que, após utilizar o painel para funcionar o motor, ele serviu para mostrar o processo de carga e descarga de um capacitor. Mesmo tendo usado no lugar de capacitor baterias recarregáveis, foi explicado aos alunos que este processo se dava da mesma forma.

Ao carregar as baterias, o painel foi desligado do circuito, a fim de demonstrar aos estudantes que aquela energia armazenada estaria fazendo o "papel" da energia mecânica vinda da queda de água utilizada nas usinas hidroelétricas.

Com o eixo do motor ligado a uma outra roldana com imãs através de uma polia, foi explicado como ocorria o processo de indução eletromagnética, pois, ao girar a polia com imãs, os mesmos faziam o fluxo magnético ali existente apresentar-se de forma variável para a bobina, gerando, assim, uma corrente elétrica na mesma. Essa corrente gerava uma voltagem devido à indução, que foi evidenciada pelos alunos através da aferição feita por meio de um multímetro. Nesse momento, recordou-se como o multímetro em sua opção voltímetro deveria ser utilizado, assim como o amperímetro, discutindo ali as relações existentes nos circuitos em série e paralelo.

Na continuação verificando que a voltagem era baixa, houve uma conversa sobre o que deveria ser feito para que aquela voltagem pudesse ser elevada para o caso de acender vários *leds*. Após os alunos esgotarem suas ideias, foi explicado o funcionamento de um transformador, e a principal discussão sobre este tópico foi o fato de que ele funciona apenas através da corrente alternada, o que levou a uma

---

<sup>31</sup> Não foi necessário o uso da lâmpada, pois no dia da aplicação estava ensolarado, e os raios de luz vindos do Sol refratavam por uma grande janela.

curiosidade por parte dos alunos; de qual seria a melhor forma de distribuição de energia na rede elétrica: corrente alternada ou a contínua que era aquela que eles haviam estudado por todo ano.

Com as curiosidades e dúvidas todas sanadas, deu-se continuidade à explicação do funcionamento do experimento, demonstrando, então, pelas quatro saídas do transformador (item 5 Fig. 2.5) as elevações e diminuições de voltagem, todas aferidas no voltímetro.

Utilizando o conceito de associação de resistores, eles puderam observar de forma mais clara essa mudança de voltagem, por meio dos *leds* que estavam conectados ao *proto-board*. Além disso, houve uma conversa final envolvendo uma revisão de todo o assunto apresentado a eles, reforçando a importante relação que aquele experimento tinha com o cotidiano de cada um dos alunos.

Para finalizar a parte de avaliação, os estudantes foram convidados a confeccionar um novo mapa conceitual, envolvendo as mesmas palavras centrais Eletricidade e Magnetismo, para que houvesse uma opção documentada de análise final do experimento.

Seguem os resultados e discussões sobre o questionário e mapas conceituais aplicados antes e após a apresentação do produto.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentam-se as análises dos resultados dos questionários e dos mapas conceituais. Na análise dos questionários, levaram-se em consideração não só os conceitos sobre Física, mas também sobre o conhecimento geral ou informações relacionadas ao assunto. Na Figura 4.1, é apresentado um organograma da descrição deste capítulo.

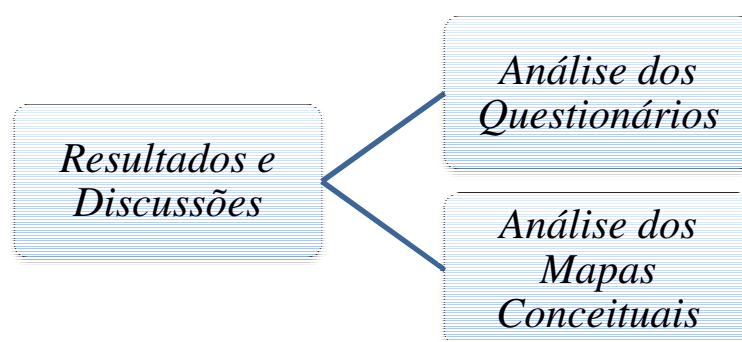


Figura 4.1 – Organograma da ordem estabelecida no Capítulo 4.

### 4.1. Análise dos Questionários

Em relação às perguntas do questionário, houve uma diversidade de respostas, principalmente em se tratando de conceitos físicos. Já, em relação ao conhecimento ou informações relacionadas ao mundo que cerca os alunos, eles mostraram um conhecimento razoável. Tanto que a primeira pergunta pedia a eles para escreverem o tipo de usina geradora de eletricidade que eles conheciam e qual energia (não elétrica) era usada para a produção de energia elétrica. Dos 19 alunos que participaram da experiência, apenas 2, não responderam de forma correta, os demais

souberam informar pelo menos dois tipos de usinas e suas transformações. Fato esse que pode ser visualizado no gráfico<sup>32</sup> da Figura 4.2:

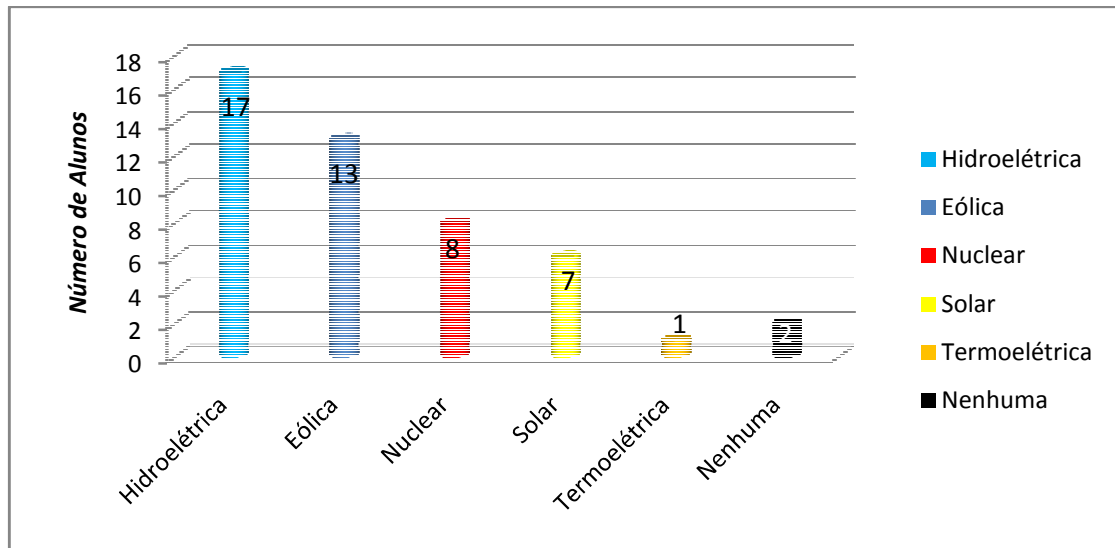


Figura 4.2 – Resultados das respostas da questão 1, referente ao questionário Q1.

Dentre as respostas analisadas, é de destaque aqueles alunos que mostraram um maior conhecimento de forma geral, pois explicaram com clareza todas as usinas por ele citadas. Dentre elas, destacam-se:

*"Hidroelétrica: força da água para girar a turbina e gerar energia elétrica.*

*Usina Nuclear: enriquecimento de urânio para gerar energia elétrica.*

*Eólica: força do vento para girar uma espécie de "cata vento" e obter energia elétrica.*

*Termoelétrica: combustão de diesel para gerar energia elétrica.*

*Placas Solares: captação da energia solar para gerar energia elétrica."(Aluno S)*

*"Usina solar: é usado a energia do sol, que as placas absorvem o calor.*

*Usina eólica: é utilizado o vento .*

*Usina hidroelétrica que se utiliza a água e a gravidade" (Aluno H)*

*" Usina hidroelétrica: utiliza a força da água para girar as turbinas.*

<sup>32</sup>Os gráficos foram apresentados como histogramas e não como porcentagens, devido ter se trabalhado com um total de 19 alunos o que torna a análise mais clara, podemos por exemplo visualizar que 1 aluno apresentou mais de uma resposta e outros nenhuma resposta em uma mesma questão.

*Usina Nuclear: através das reações e fissões químicas em um processo gera energia, onde essas reações, o calor é gerado, vaporiza a água e junto com a turbina gera energia.*

*Usina eólica: o vento gera várias hélices que geram energia." (Aluno K)*

É notável que poucos alunos têm um conhecimento mais amplo dos processos de geração de energia. A maioria apenas citou o tipo de usina e a possível energia a ser transformada em elétrica, porém sem grandes detalhes, como as citadas pelos alunos S, H e K. Já em relação a transformação através da luz solar, dos 7 alunos que as citaram dois alunos (S e H) descreveram com um pouco mais de detalhes, os demais apenas citaram a luz solar, e um deles mencionou que a energia a ser usada era a mecânica.

Na mesma linha de raciocínio, foi perguntado (questão 2) aos alunos o conhecimento que os mesmos tinham a respeito de um tema muito debatido mundialmente, que é a discussão sobre a geração de energia por meio de processos que utilizam a chamada energia limpa e a energia suja. Para tanto, eles tinham que responder se sabiam a diferença entre ambas e, no caso de saberem, explicar essa diferença. O gráfico da Figura 4.3 demonstra o resultado obtido.

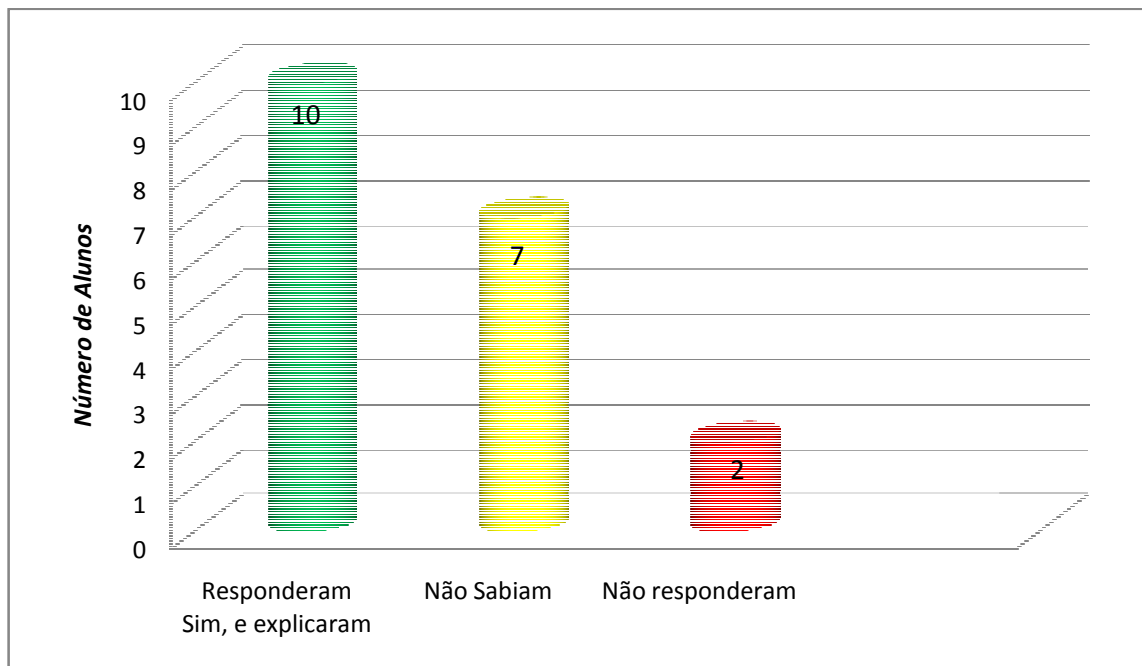


Figura 4.3 – Resultados das respostas da pergunta 2, referente ao questionário Q1.



Neste caso, houve uma demonstração de pouco conhecimento, apenas 7 dos 10 que explicaram escreveram com maior detalhe a diferença entre as energias geradas de forma limpa ou suja. Merecem destaques as seguintes explicações:

*" Sim, a energia suja é aquela que depois de gerada polui o meio ambiente, com por exemplo, as usinas nucleares, que depois da queima solta gases tóxicos. A energia limpa não tem nenhum impacto na poluição do meio ambiente, como por exemplo, a energia solar ou a eólica, depois de transformadas não soltam nada no meio ambiente."*

**(Aluno D)**

*" Sim. A energia limpa é aquela energia que não utiliza nenhum produto químico ou derivado do petróleo para a produção de energia, Ex: Eólica, marítima, hidroelétrica. A energia suja no entanto, utiliza qualquer tipo de produto químico e derivado do petróleo. Ex: termoelétrica, usinas nucleares, motores".* **(Aluno I)**

*"Energia limpa: gerados à partir de fontes consideradas renováveis.*

*Ex: energia eólica e energia hidroelétrica.*

*Energia suja: gerada à partir de fontes não renováveis e prejudicial ao planeta. Ex: energia nuclear e energia termoelétrica."* **(Aluno S)**

Por meio deste resultado, é possível observar que as respostas todas convergem para uma situação a qual leva a uma crença de que os alunos que conheciam a diferença entre as formas de energia era por ter um contato maior com mídias externas de informação e não apenas pelas aulas ministradas por seus professores. Isso é confirmado na conversa com o professor da disciplina, na qual ele confirma que não houve nenhum momento em que foi passado para os alunos a existência desses dois tipos de geração de energia. É claro que esse conhecimento também pode ter vindo de outras disciplinas como Geografia, por exemplo.

Após as perguntas iniciais, de conhecimento mais geral e ligadas ao cotidiano, foi executada uma série de três questões (3 a 5), todas de múltipla escolha, as quais relacionavam conceitos mais específicos da disciplina, estudados no último ano do ensino médio.

A questão 3 era ligada a descrever a função do capacitor, e a resposta correta era a letra C. Dos 19 alunos avaliados, 11 responderam de forma certa e 6

responderam que era uma fonte de força eletromotriz. Essa confusão pode ser analisada de forma positiva, pois, como os alunos devem ter aprendido que o capacitor após carregado pode ser utilizado para colocar em funcionamento qualquer outro dispositivo eletrônico que funcione com a voltagem do capacitor. Porém, 2 alunos responderam algo que vai totalmente contrário ao que é o capacitor, que é a dissipação de energia elétrica.

Já a questão 4 era relacionada à função do transformador, um dos principais dispositivos deste trabalho. Para tanto, dos 19 alunos, 12 marcaram a alternativa C, que era a correta, demonstrando um bom conhecimento sobre o objetivo do dispositivo. Dos 7 restantes, 5 o confundiram com um dispositivo que tem como objetivo transformar outro tipo de energia em energia elétrica. Na mesma vertente, a questão número 5 estava ligada ao conceito que se baseava o funcionamento do transformador. Desta vez, apenas 2 alunos marcaram a alternativa correta, neste caso a C, mostrando que eles conheciam a função, porém não estavam cientes de como ocorria seu funcionamento, trazendo aqui um velho problema do componente curricular, que é a dificuldade em compreender a teoria via conceitos, uma vez que a aprendizagem, muitas vezes, é baseada em resoluções de problemas só com as equações matemáticas (sem a sua compreensão) e/ou com macetes.

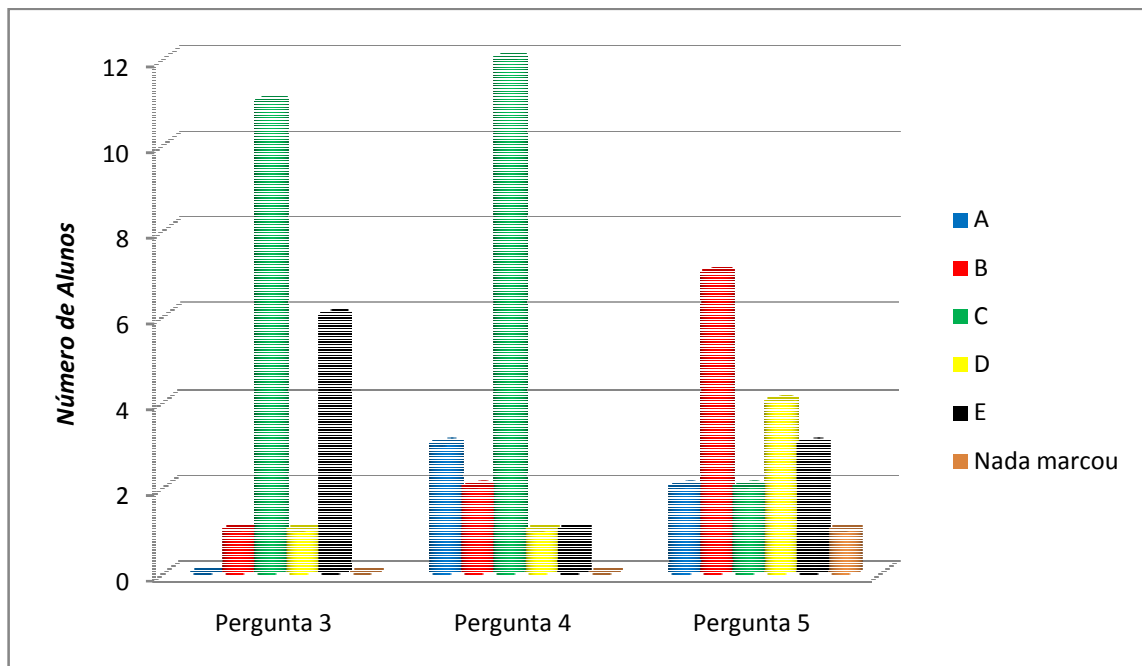


Figura 4.4 – Resultado das respostas das perguntas 3, 4 e 5, referentes ao questionário Q1.

Para fechar o estudo de transformador, foi feita uma sexta pergunta que tinha como objetivo verificar se os alunos tinham conhecimento sobre a corrente alternada e contínua, e qual delas era utilizada no funcionamento do transformador. Mais uma vez, como a resposta exigia um conhecimento teórico mais aprofundado e não apenas equações matemáticas, assim como não era de múltipla escolha, o resultado levou à verificação de que apenas 8 alunos sabiam que o transformador funcionava através de corrente alternada, porém nenhum desses 8 alunos soube justificar o porquê desta corrente. Dessa forma, 12 alunos responderam de forma equivocada ou não souberam responder, o que traz um resultado espantoso já que toda a transmissão de eletricidade passa por um transformador e pode-se verificar a existência dos mesmo em praticamente todos os logradouros, demonstrando aqui a falta de conexão com argumentos do cotidiano.

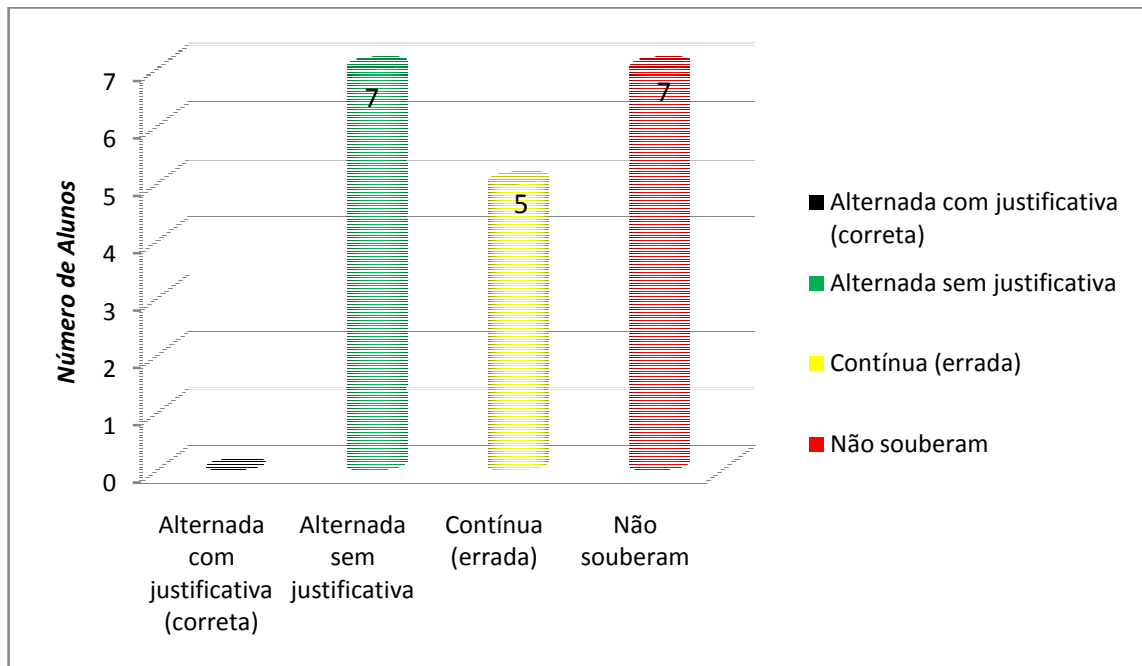


Figura 4.5 – Resultado das respostas da pergunta 6, referente ao questionário Q1.

Seguindo a mesma ideia, a questão 7 traz o objetivo de verificar o conhecimento que o aluno adquiriu do estudo final de eletromagnetismo, que está relacionado ao conceito de indução eletromagnética e, conseqüentemente, de suas aplicações em dispositivos como o transformador. Da mesma forma que os alunos mostraram um grau de conhecimento muito baixo para o funcionamento do transformador, os mesmos apresentaram praticamente o mesmo desconhecimento sobre por qual lei se baseava o processo de indução, já que apenas 7 alunos

responderam de forma correta a letra E. A maioria, 11 alunos, teve suas respostas ligadas às leis de Ohm e Kirchhoff, o que leva a pensar que como são leis estudadas em circuitos, assunto anterior ao de indução eletromagnética e que possivelmente o professor tenha tido tempo para trabalhar, acabou induzindo os alunos a responderem de tal forma, pois trabalharam por um tempo maior e sempre citando o nome da lei, já que a mesma é usada em quase todo estudo sobre circuito.

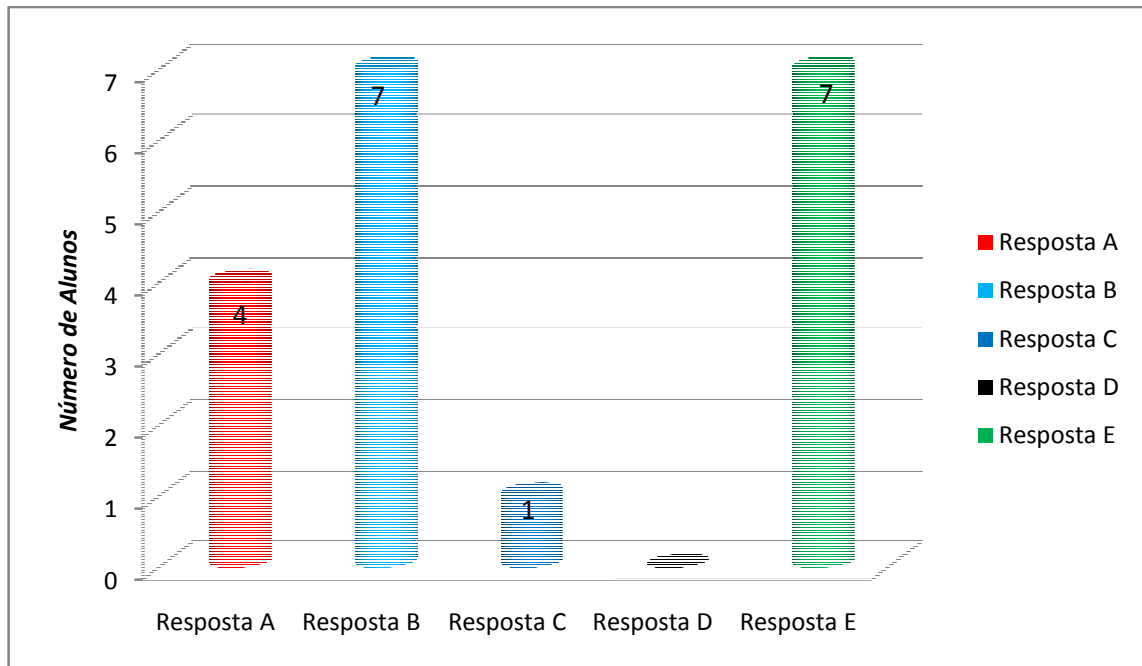


Figura 4.6 – Resultado das respostas da pergunta 7, referente ao questionário Q1.

Até a questão 7, os assuntos abordados estavam totalmente ligados aos conceitos mais importantes a serem trabalhados no experimento e que, teoricamente, são passados aos alunos até o meio do ano. A sequência das questões apresentou um formato mais diversificado, tanto que, na questão 8, foi apresentado o conceito de efeito fotoelétrico, assunto abordado em tópicos de física moderna. Esse assunto teve uma importância elevada, uma vez que era através dele que os alunos iriam compreender de forma mais clara o funcionamento de um painel solar, já que ele se dá por meio do efeito fotovoltaico que é paralelo ao fotoelétrico. Porém, como já era previsto e também como já havia sido avisado pelo professor do componente curricular, não havia tido tempo hábil para chegar ao ponto de passar essa parte da matéria, tanto que apenas 3 alunos responderam que haviam ouvido falar do efeito fotoelétrico, porém não sabiam explicar seu processo, e 2 explicaram de forma

equivocada, ou seja, todos os 19 estudantes não compreendiam como se dava o processo do efeito fotoelétrico, assunto muito importante para a Física Moderna, por meio do qual Einstein ganhou o prêmio Nobel de Física, em 1921.

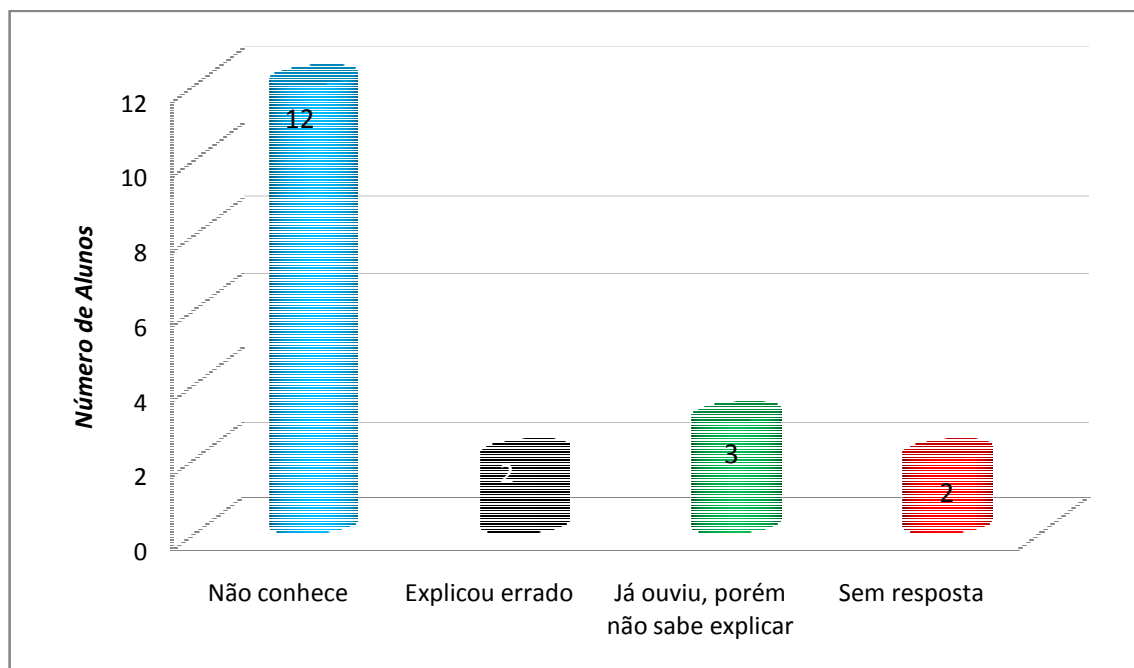


Figura 4.7 – Resultados das respostas da questão 8, referente ao questionário Q1.

Os 2 alunos que tentaram explicar o efeito fotoelétrico, o fizeram da seguinte forma:

*"Sim. O efeito fotoelétrico funciona com a capacitação de raios solares, onde ele vai utilizar o calor produzido pelo sol, assim, transformar o calor em uma energia elétrica." (Aluno I)*

*"Sim, é a capacitação da energia solar para ser transformada em energia elétrica." (Aluno R)*

Fica claro em suas respostas que os mesmos identificaram o efeito fotoelétrico com o funcionamento de um painel solar, ou seja, sabiam da utilização da luz solar, porém não compreendiam como todo o processo ocorre.

Já a questão 9 era apenas para analisar se os alunos compreendiam o processo de transmissão de calor vinda do Sol por meio de ondas eletromagnéticas (fótons), já que o calor (energia) é transmitido pela luz. Porém, o resultado, mais uma vez, foi um tanto quanto assustador, pois apenas 2 deles responderam de forma correta,

mostrando, mais uma vez, o pouco conhecimento sobre os conceitos mais específicos de eletromagnetismo. Já 15 alunos responderam que a energia era uma onda de calor transmitida pelo processo de convecção, mostrando o conhecimento obtido pelo estudo de calorimetria, porém se baseando em um processo errado de convecção, uma vez que é pela irradiação, assim como demonstrando mais uma vez a insciência sobre o conceito de fótons compreendido no estudo do efeito fotoelétrico.

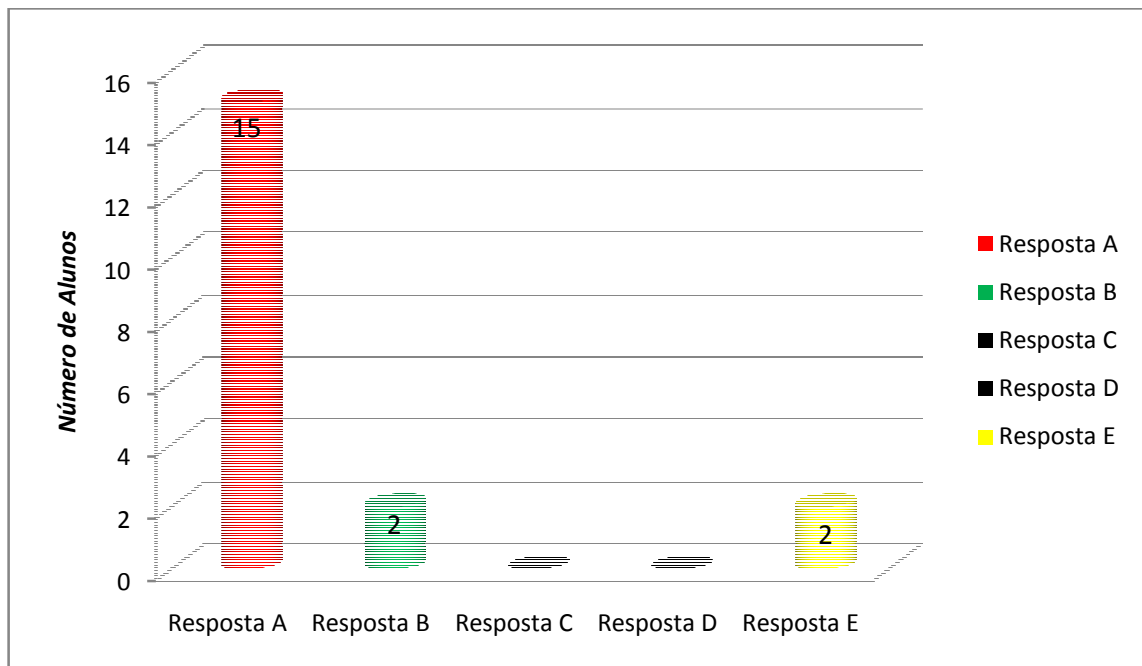


Figura 4.8 – Resultado das respostas da pergunta 9, referente ao questionário Q1.

Por fim, o questionário Q1, traz uma pergunta (questão 10) que relaciona as equações utilizadas em cada lei ou conceito que foi utilizado no aparato experimental. Essa pergunta foi feita para relacionar o conhecimento teórico com o conhecimento quantitativo, ou seja, as equações matemáticas que, muitas vezes, são conhecidos por meio de macetes e de memorização sem compreensão, porém sem a aplicação correta por parte dos alunos. O resultado obtido é apresentado no gráfico da Figura 4.9. Essa última pergunta traz um resultado um tanto quanto estranho, pois, ao analisar o número de acertos para cada equação, pode-se verificar que, em relação à associação de resistores, tanto em série quanto em paralelo, o acerto foi dado por 18 alunos, ou seja, um acerto próximo de 95%. Na sequência, 13 alunos relacionaram de forma correta a equação referente ao funcionamento de um transformador, resultado esse que, quando observado pela ótica do resultado obtido na questão 6, fica um pouco incoerente, já que nenhum aluno explicou de forma

correta seu funcionamento, trazendo mais uma vez a conclusão de que o estudo quantitativo é mais presente que o qualitativo. Nas demais equações, o acerto ficou em torno de 50%, tanto para equações que relacionavam indução, fluxo e campo magnético, quanto para assuntos interligados no estudo de eletromagnetismo.

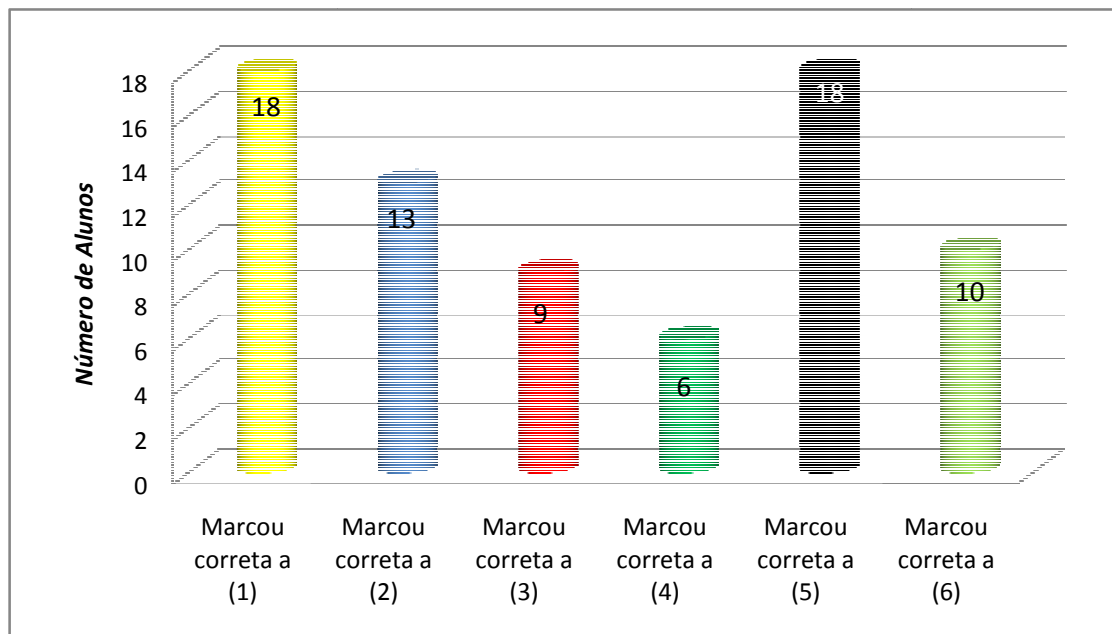


Figura 4.9 – Resultado das respostas da pergunta 10, referente ao questionário Q1.

Até aqui, ficou claro que o conhecimento encontrado nos alunos não estava tão presente em sua estrutura cognitiva quanto se esperava, principalmente em se tratando de conceitos teóricos.

Apresentar-se-á agora a análise e discussão dos mapas conceituais.

## 4.2. Análise dos Mapas Conceituais

A sequência da avaliação prévia se deu por meio da construção de um mapa conceitual, que tinha como palavras-chaves: eletricidade e magnetismo. Antes da elaboração por parte dos alunos, foi apresentado um exemplo de mapa conceitual [A3], a ponto de que eles tivessem uma base para a construção.

Com todos os mapas conceituais iniciais em mãos, pode-se aplicar a ideia da aprendizagem significativa de Ausubel para então poder comparar os mesmos com os mapas posteriormente confeccionados pelos alunos. Tanto que após as devidas explicações finalizadas e as demonstrações executadas, os estudantes foram orientados a confeccionar um novo mapa, buscando relacionar aquilo que eles já

conheciam com os novos conhecimentos adquiridos através da apresentação do produto educacional. Como já comentado neste trabalho, a ideia era utilizar o conhecimento adquirido por todo ano, para então avaliar se estes conhecimentos, que serviriam de subsunçores, poderiam ajudar a ampliar a estrutura cognitiva dos estudantes e então ampliar seus conhecimentos, criando assim um novo subsunçor, bem mais completo, e que futuramente serviria para novamente acrescentar novas idéias.

Observa-se as Figuras 4.10 a 4.18, e as que se encontram no anexo 5 (A2 a A11), que os estudantes não conseguiram relacionar de forma satisfatória em um novo mapa, seus "velhos" conhecimentos com seus "novos" conhecimentos. O que se pode perceber foi que a grande maioria dos alunos acabaram por colocar apenas as novas idéias que surgiram em algo que para ele fosse um novo mapa conceitual, ou seja, foi como se eles tivessem compreendido novos conceitos, porém eles não estavam ligados aos antigos, o que vai totalmente contrário a teoria da aprendizagem significativa de Ausebel, onde esta indica que os estudantes deveriam confeccionar um mapa maior e mais completo, interligando todas as ideias, sejam elas antigas ou novas, para então formar uma nova ideia mais geral.

Este fato pode ser observado como uma certa imaturidade dos estudantes compreenderem que aquilo que ali fora apresentado estava totalmente ligado a aprendizagem que eles obtiveram por todo ano, ou simplesmente, pelo fato de que como a maioria dos estudantes estão acostumados com a aprendizagem mecânica: os conceitos foram apenas decorados, porém sem nenhum "plantio" em sua estrutura cognitiva, a ponto de o mesmo ser apenas lembrado porém não relacionado, por exemplo, sei que tomate é algo de comer, mas não sei dizer se é uma fruta ou verdura, qual o tipo de plantação que a mesma provém e qual vitamina ela fornece ao nosso organismo.

Um fator importante que afeta a pesquisa, é que há, uma deficiência de conteúdo, que os estudantes não tiveram tempo de estudar toda a matéria contida no último ano do ensino médio. Isso foi confirmado pelo professor da componente curricular, uma vez que ele havia ministrado o conteúdo apenas até o fim da eletrodinâmica, ou seja, estudo de circuitos (princípios de Kirchhoff). Fato este confirmado pelo professor, de que fez uma rápida passagem sobre magnetismo e eletromagnetismo, não entrando em momento algum no estudo de tópicos de Física



---

Moderna, o que também justifica o resultado obtido na questão 8, como visto anteriormente.

Assim, os poucos estudantes que sabiam sobre esses conceitos não estudados na sala de aula da terceira série estavam ligados ao fato de que eles frequentavam os cursinhos preparatórios para o vestibular.

Isso não permitiu uma avaliação completa sobre o conhecimento dos estudantes, mas pode se mostrar que a quantidade de aula no ensino médio é baixa e, conseqüentemente, o tempo hábil para a construção do conhecimento é curto, comprometendo a aprendizagem significativa dos alunos, algo sempre exposto pelos professores.

As Figuras 4.10 à 4.14 apresentam os mapas conceituais iniciais e finais de alguns alunos, para uma melhor compreensão do incremento de ideias que houve por eles, após toda a análise qualitativa presente no produto deste trabalho.

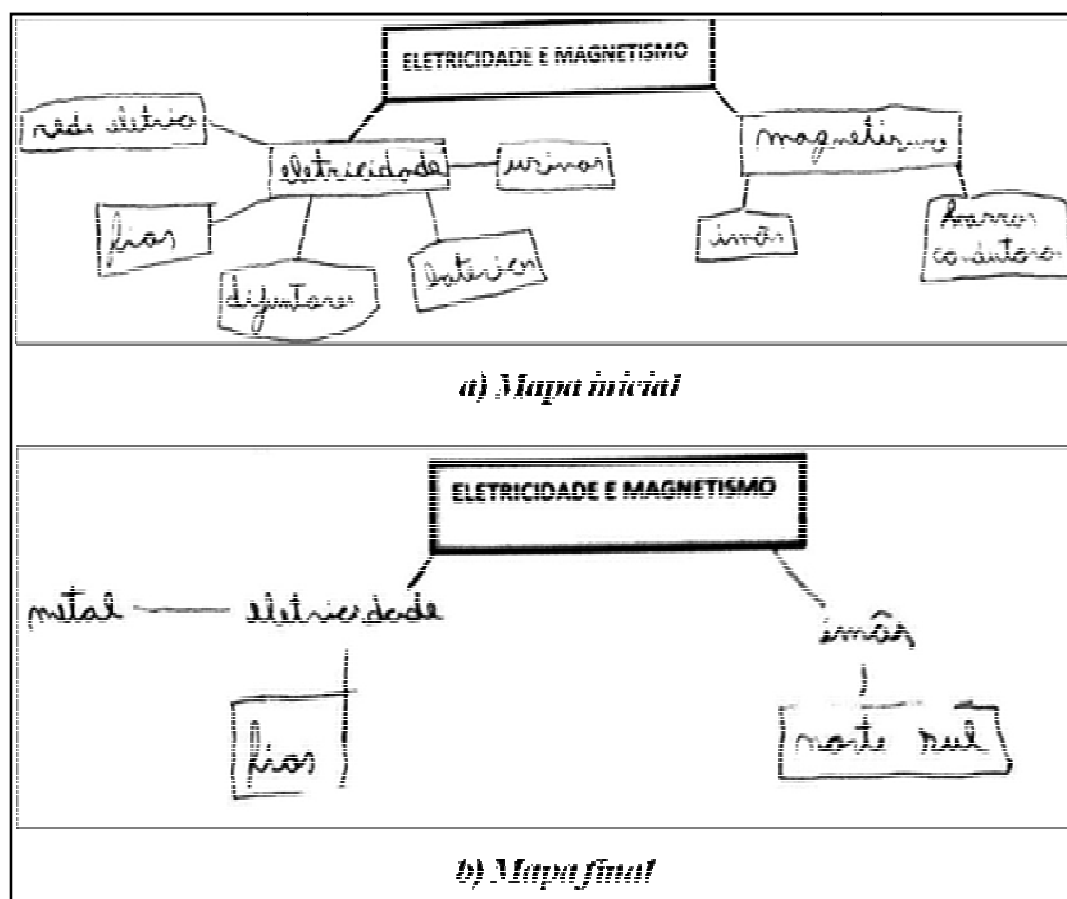


Figura 4.10 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno F.

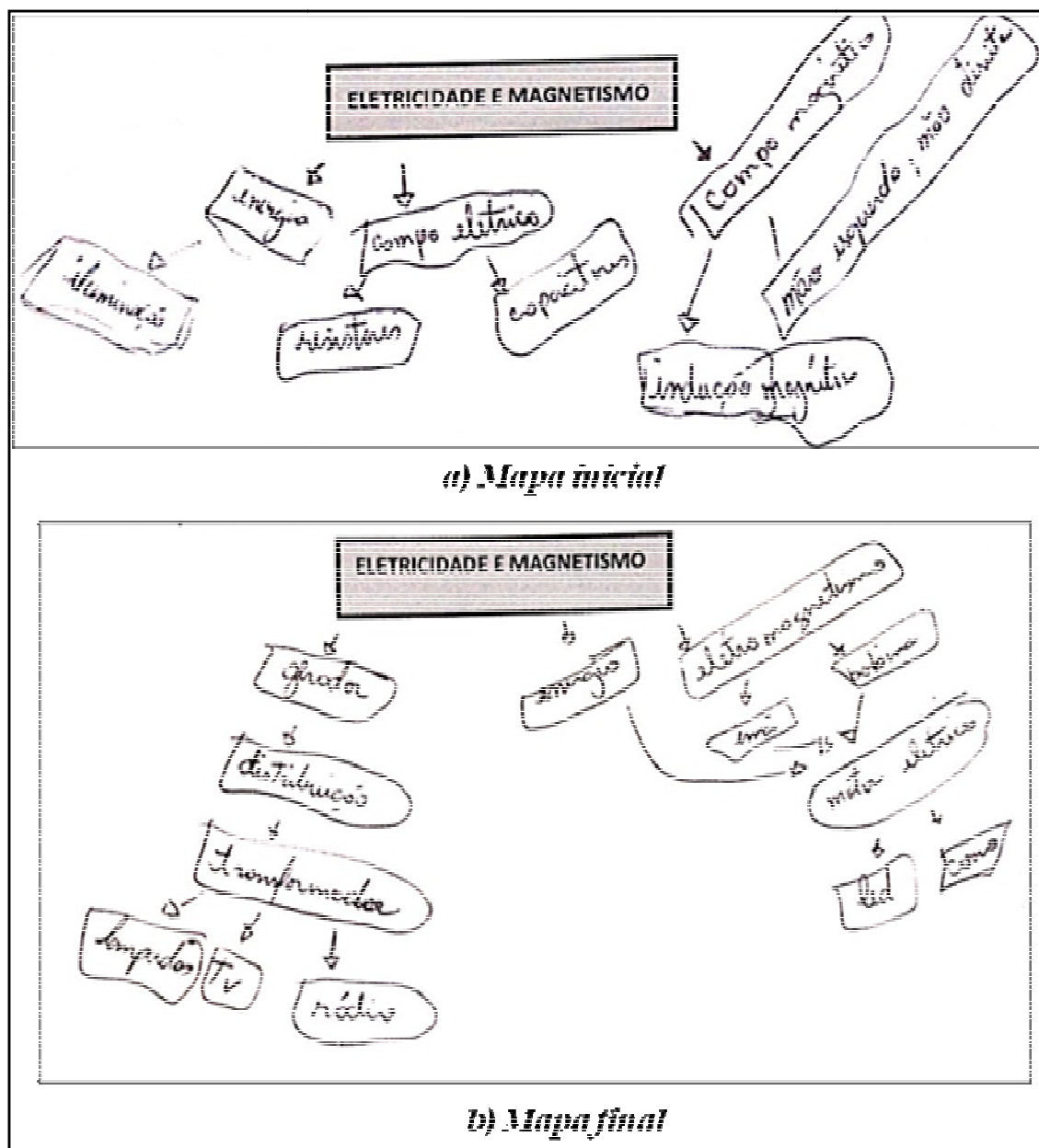
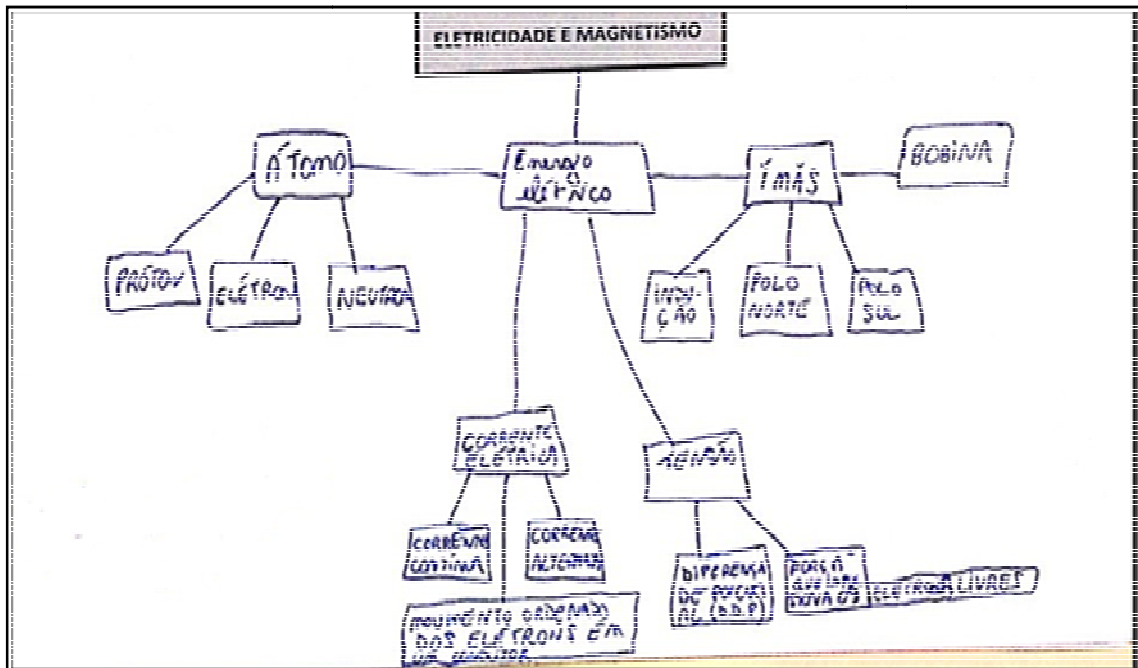
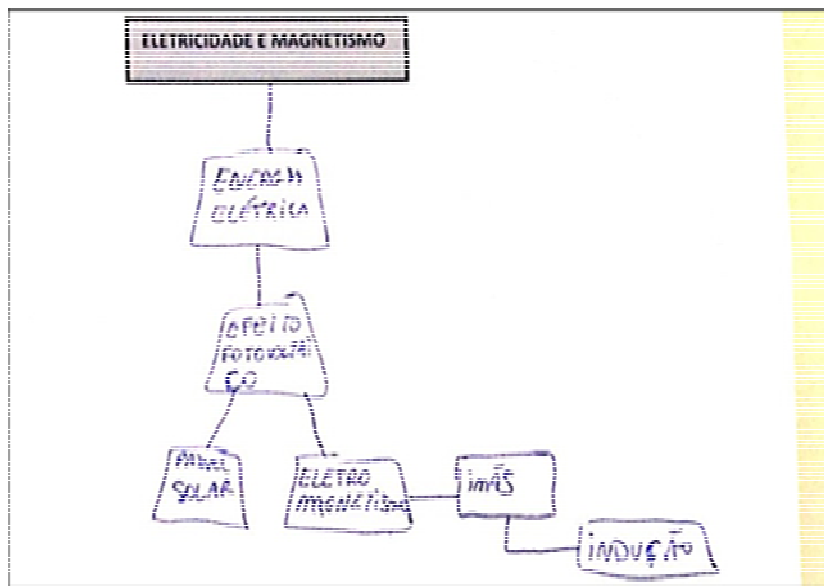


Figura 4.11 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno H.

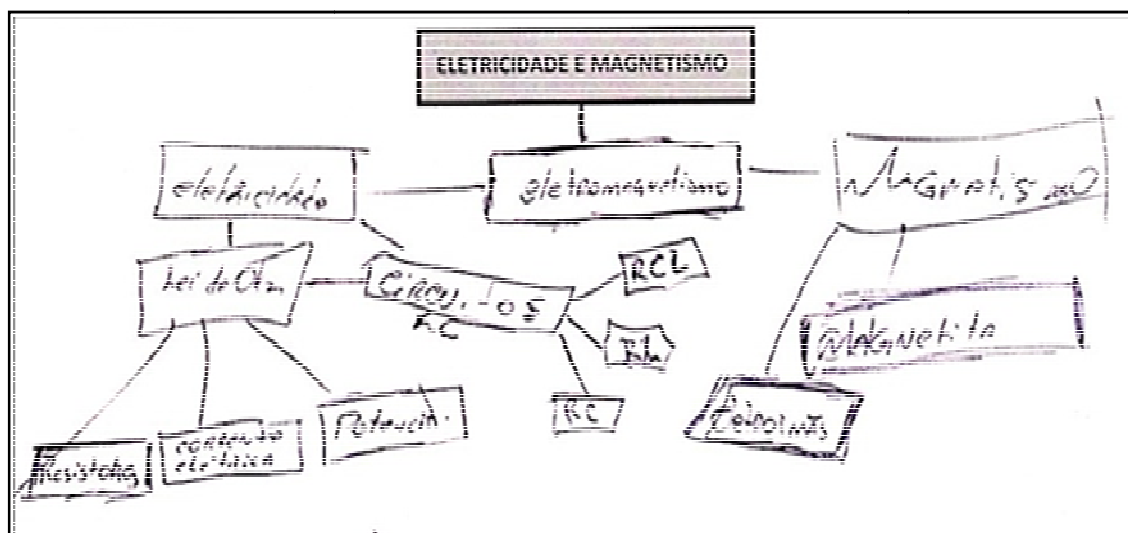


*a) Mapa inicial*

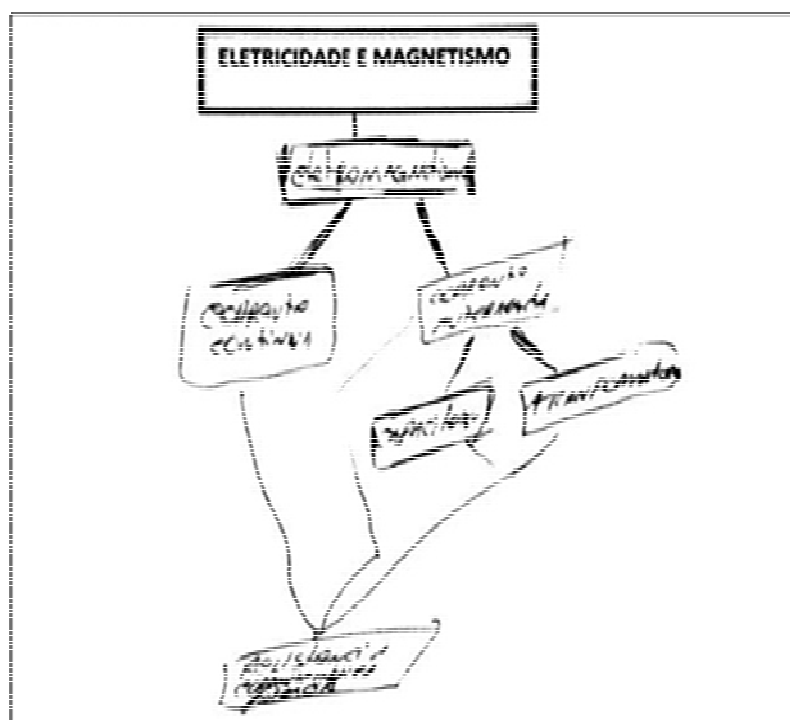


*b) Mapa final*

Figura 4.12 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno K.



*a) Mapa inicial*



*b) Mapa final*

Figura 4.13 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno O.

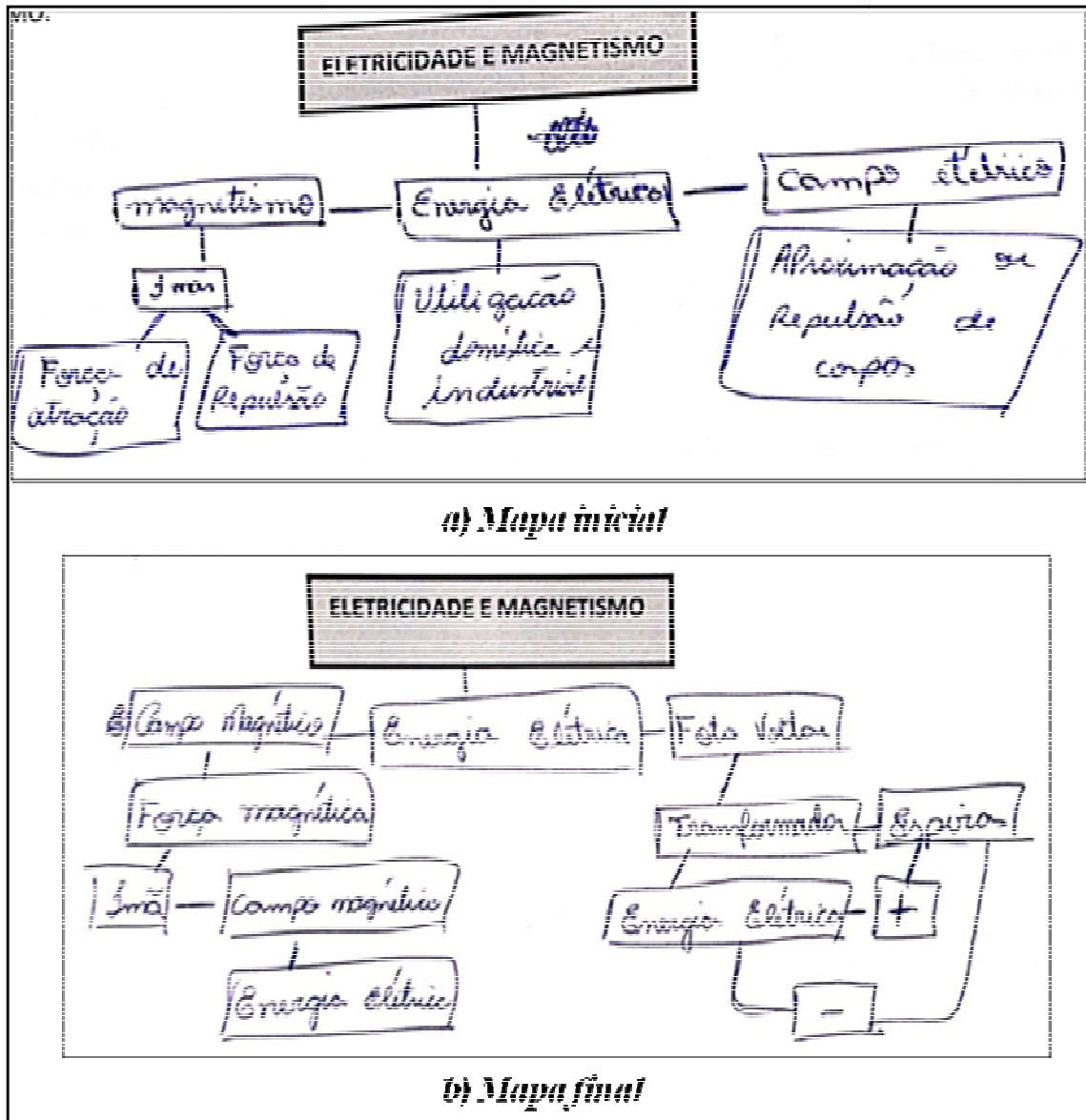


Figura 4.14 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno S.

Portanto, os mapas apresentados, Figuras 4.10 à 4.14, demonstram que parte dos alunos relacionaram os conceitos físicos ligados às palavras eletricidade e magnetismo. Assim, é possível perceber o que foi dito com relação ao fato de que eles não relacionaram a nova aprendizagem com a antiga, é como se o mapa final fosse um mapa totalmente independente do primeiro, demonstrando que houve absorção de novos conhecimentos, porém, talvez pelo tempo curto, a ligação não estava presente, ou estava e não foi repassada para o mapa.

Uma outra parte dos alunos apresentaram inicialmente os conceitos de geração de energia, ligados principalmente à palavra eletricidade. Já o conceito de magnetismo foi apenas ligado às palavras imã e campo magnético. Isso é verificado conforme nas Figuras 4.15 à 4.18.

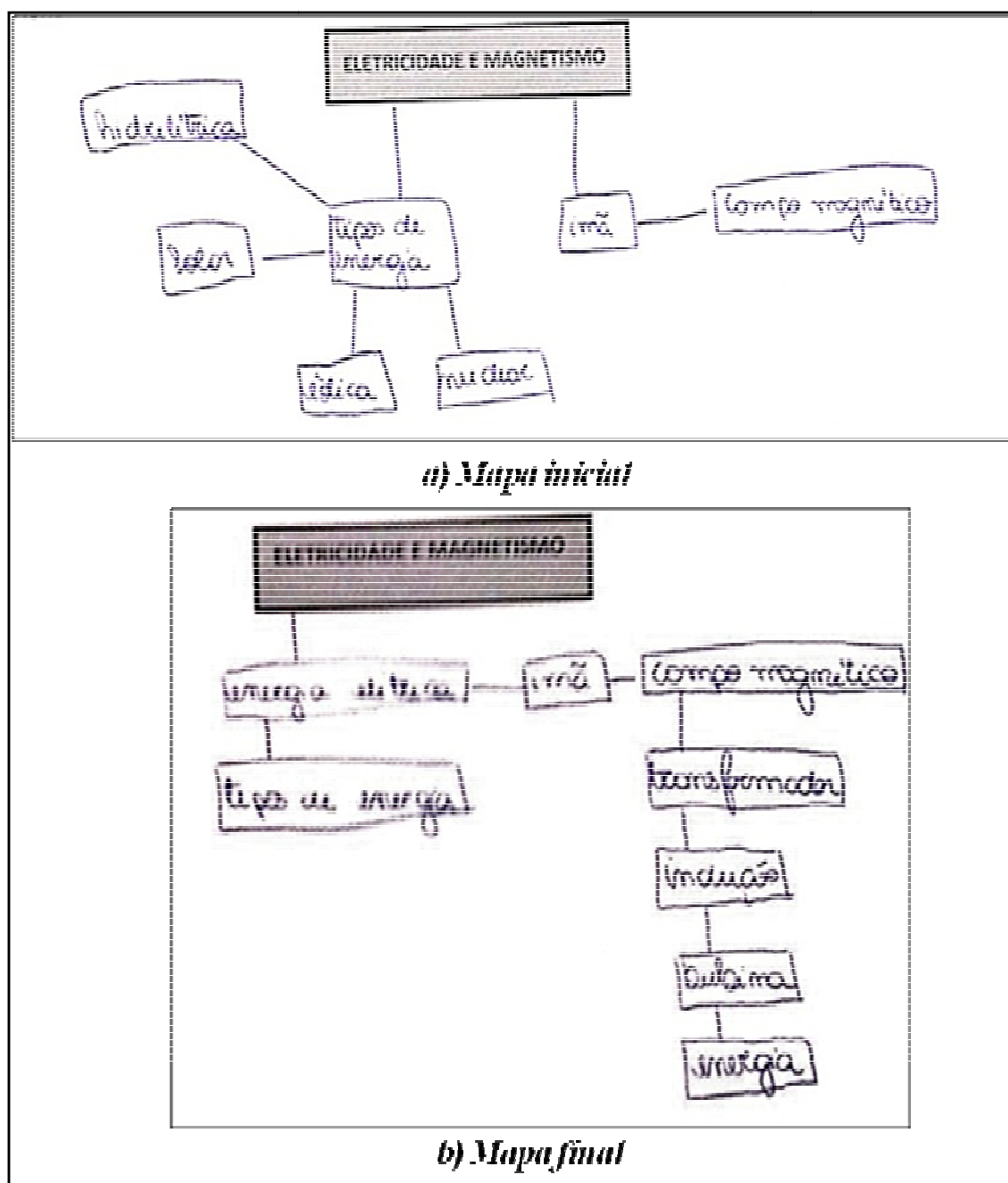


Figura 4.15 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno D.

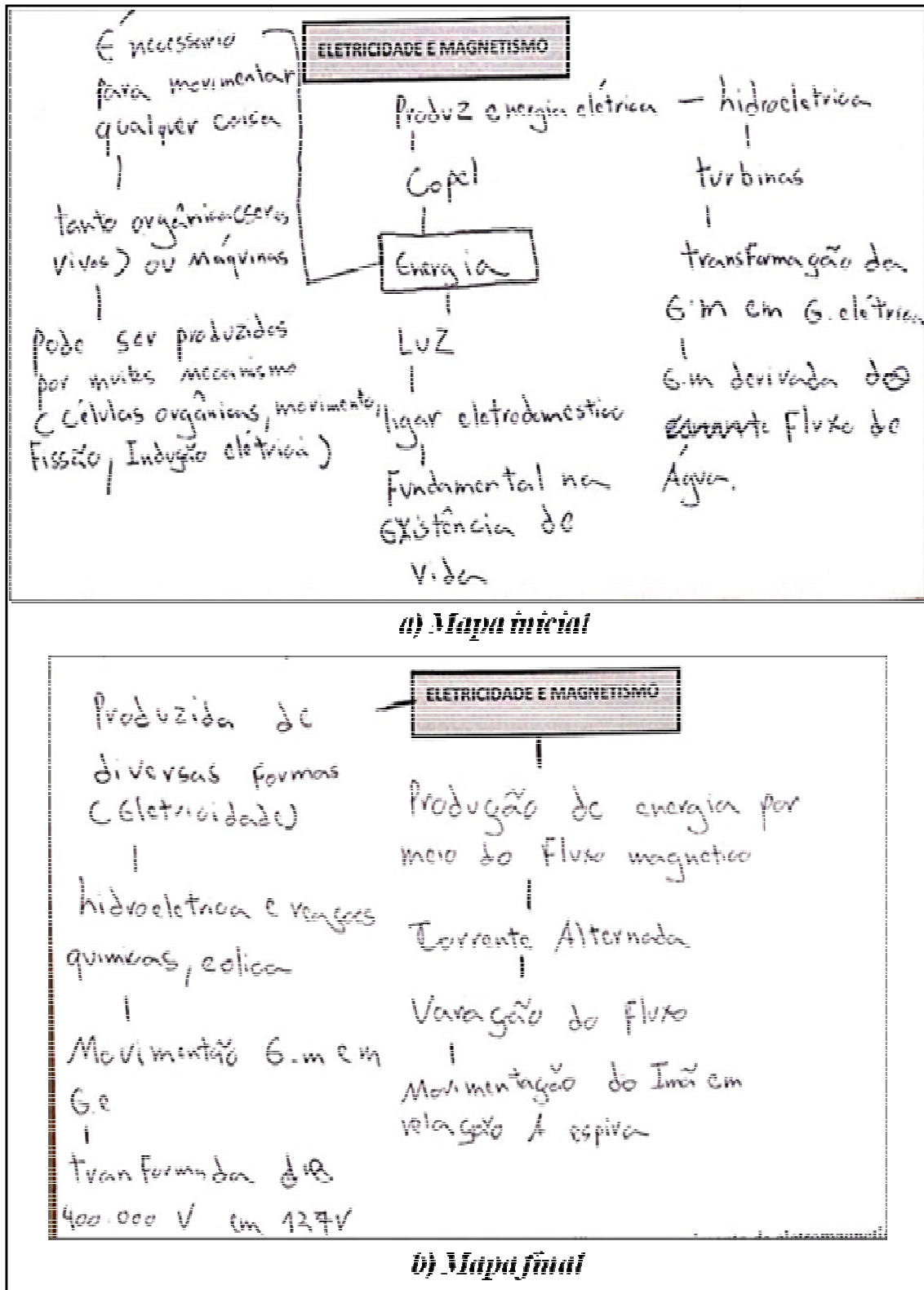


Figura 4.16 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno I.



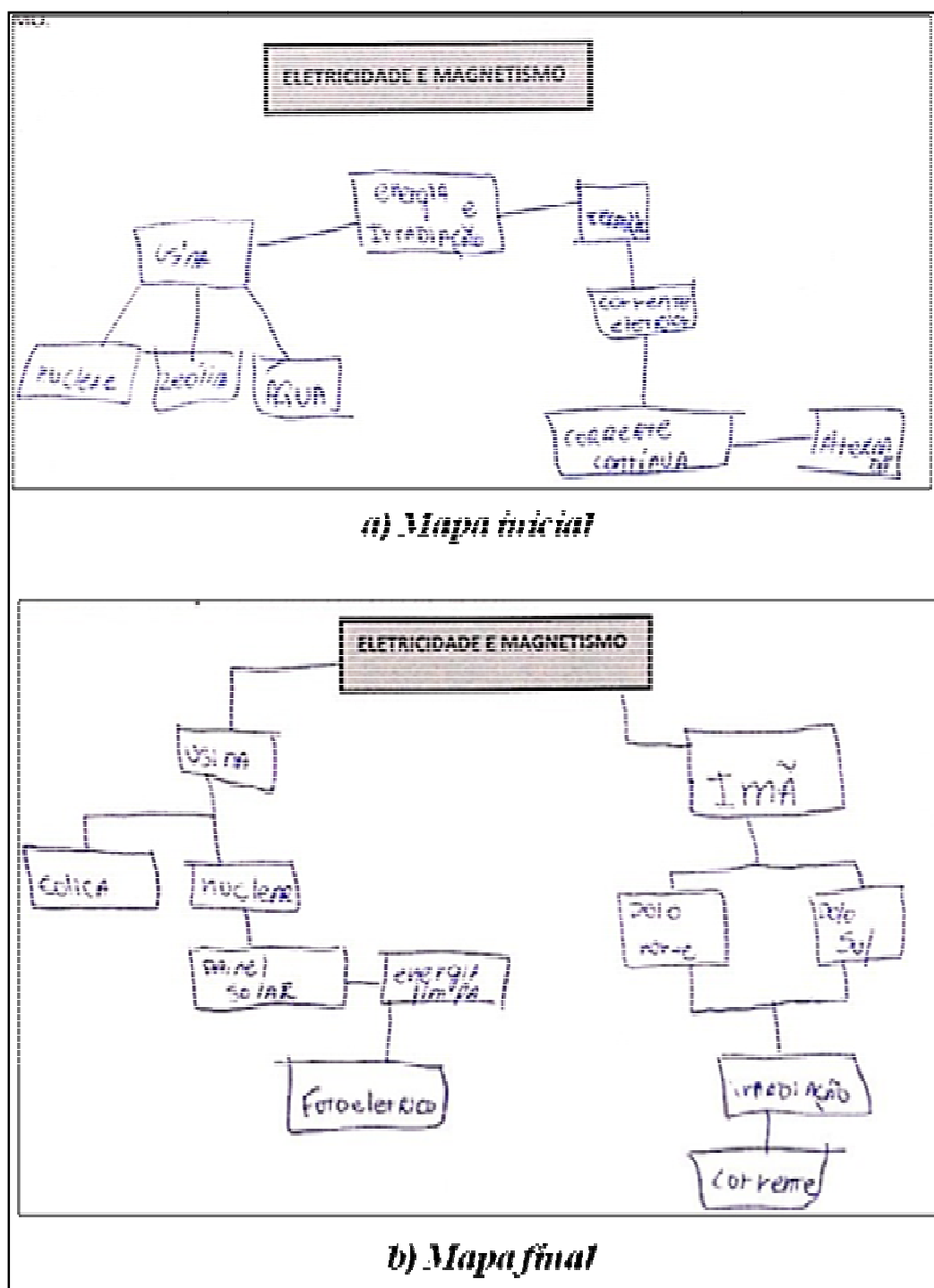


Figura 4.17 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno M.

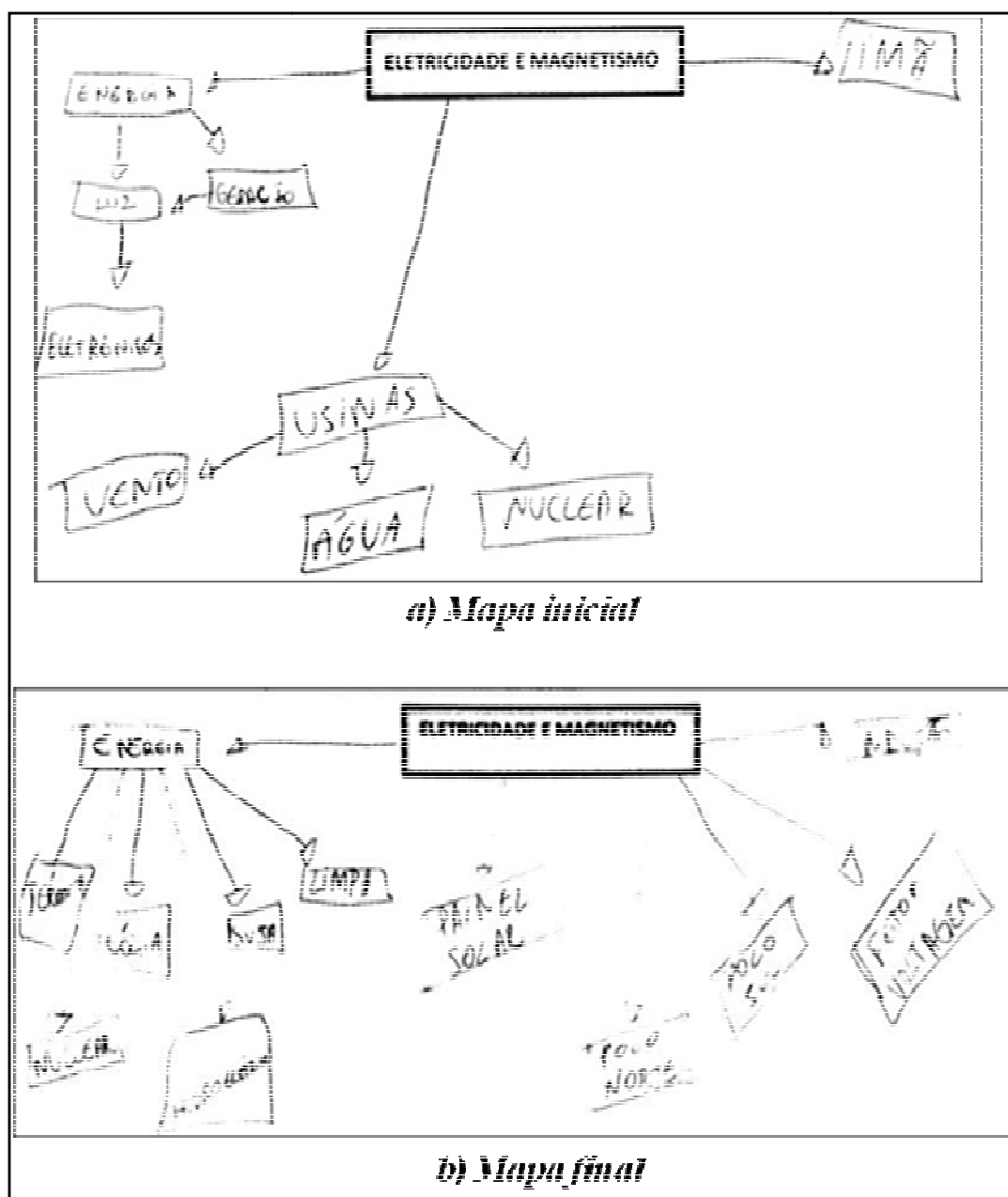


Figura 4.18 – Resultado do mapa inicial (a) e final (b) do aluno Q.

Assim para os alunos, cujos resultados estão representados na Figura 4.15 à 4.18, foi possível observar que eles apresentaram poucas palavras a mais do que já haviam colocado, porém seus mapas se mostravam mais relacionados com o primeiro mapa, ou seja, conseguiram, de forma simples, interligar as novas ideias apresentadas no experimento com aquilo que já conheciam, ampliando, assim, seus horizontes de conhecimento.

Os mapas feitos pelos demais estudantes estão apresentados no anexo [A5].

Por fim, para verificar se os mesmos realmente tinham compreendido o funcionamento deste, os alunos tiveram que responder uma pergunta simples que

envolvia o conceito de transformador (questão 2 do Anexo 4), apenas para verificar se os mesmos realmente tinham compreendido o funcionamento deste. Assim, dos 19 alunos, apenas 2 não responderam de forma correta, sendo que 16 responderam e explicaram corretamente. O aluno R, mais uma vez, não respondeu à questão discursiva, como já havia ocorrido nas questões 2 e 6. Dentre as respostas em destaque temos:

*" É necessário adicionar um transformador, para aumentar a tensão (U) gerado pela força eletromotriz (fem), adicionandomais 3 espiras para que aumente de 10 V para 30 V, assim acenderá a lâmpada." (Aluno K)*

Essa resposta demonstra o fato de o aluno compreender a relação entre as espiras primária e secundária, mesmo que colocando-as de forma equivocada as 3 espiras. Ele compreendeu o fato de ser três vezes maior a relação entre elas.

*" Montar um transformador para aumentar a voltagem para fazer essa lâmpada funcionar, para isso tem o U1 e U2 e N1 e N2. No U1 é a corrente que entra, no caso 10 V e U2 é a energia que vai fazer as lâmpadas funcionarem, mais para isso o N2 tem que ser o triplo de espiras de N1." (Aluno H)*

O aluno H demonstra uma total compreensão sobre o funcionamento do transformador, uma vez que ele detalha sua resposta. Se analisarmos que ele respondeu de forma equivocada as questões 5 e 6, pode-se analisar que tal conhecimento foi adquirido ou aperfeiçoado por meio da apresentação.

*" Pode ser usado um transformador com 3x mais espiras e aumentar a força eletromotriz de 10 V para 30 V e o experimento funcionará." (Aluno S)*

O aluno S, talvez seja o maior exemplo de uma aprendizagem significativa, uma vez que ele não respondeu às questões 5 e 6, ou seja, todo conhecimento apresentado no final do processo foi adquirido durante a apresentação do experimento.

Este trabalho mostrou a importância da demonstração de um produto (construído ou um experimento já existente) para motivar os alunos a compreenderem os conceitos físicos trabalhados na terceira série do ensino médio, assim como leva-lós a uma construção de conhecimento mais amplo, ou seja, não apenas identificando a matemática envolvida e suas contas, mas esclarecendo onde cada conceito pode ser aplicado e como a equação envolvida neste conceito pode trazer informações qualitativas mais importantes do que informações quantitativas. Ficou claro também que a participação dos alunos é nesse modelo de aula, mais abundante do que aquela apresentada em uma aula puramente tradicional.

Com todo o processo terminado, houve o cuidado de separar os dados obtidos para uma análise a qual partisse do conhecimento que os alunos haviam adquirido durante o último ano do ensino médio, sendo este processo intermediado pelo experimento apresentado e sendo finalizado com um segundo mapa conceitual e de uma última pergunta (Anexo 4). Foi tomado o cuidado de apresentar as questões referentes ao questionário Q1, com praticamente todo o conteúdo abordado no aparato experimental e que, teoricamente, os alunos já deveriam ter prévio conhecimento.

Assim, pode-se perceber que, quando se tratava de questões teóricas, os estudantes não se sentiam à vontade, já que não apresentaram empolgação em desenvolver o conhecimento adquirido durante o ano as questões que os colocaram para pensar. Da mesma forma que não mostraram interesse para desenvolver o mapa conceitual de todo o conhecimento adquirido durante o ano. Porém, ao fim do questionário e do mapa, eles já mostraram um maior interesse e empolgação para o desenvolvimento prático do assunto, assim como houve um início de perguntas sobre o que eram os aparatos que ali se encontravam e em qual parte da teoria da física eles se enquadravam.

## 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Neste trabalho, buscou-se atingir os objetivos propostos por meio de uma aula experimental, de um produto desenvolvido pelo mestrando do MNPEF - UEM, para este fim. Com o auxílio de conhecimentos teóricos e também do cotidiano a fim de levar os estudantes a um aprendizado mais significativo. Essa ideia se deu pelo fato de que a transmissão do conhecimento em sala de aula não pode ser apenas um oferta de escolarização mecânica, mas há urgência de levar ao aluno a oferta de uma educação que atenda às necessidades de formação do estudante como ser social apto a agir no ambiente em que vive, de maneira a entender o que rege o mundo a sua volta, fato que, no caso do componente curricular Física, está presente em praticamente toda parcela do conteúdo a ser trabalhado, de maneira que se pode não apenas citar o conteúdo sobre Física, mas também questões ambientais, econômicas, sociais e, até mesmo, políticas.

É claro que não basta aplicar diretamente uma aula experimental por aplicar, ou seja, uma aula que no fim fez o aluno apenas manusear alguns aparatos, porém sem saber o porquê estava fazendo aquilo. Tanto que, neste trabalho ele identificava cada parte do aparato e qual função ele exercia naquela montagem experimental, de forma a, então, ligar o funcionamento a algum conceito físico já estudado por ele e, por fim, interligar todas as partes em um único processo. Isso foi importante pelo fato de que o aluno não apenas ouviu o professor e anotou o conteúdo que estava no quadro, mas possibilitou a ele verificar de perto o funcionamento de algo por meio da teoria já estudada. Isso levou os estudantes a um processo de colocar ao extremo aquilo que eles já haviam aprendido e, então, começaram a surgir com curiosidades que, muitas vezes, matematicamente não é possível responder de forma convincente.

Neste aspecto, o ensino proporcionado aos alunos se apresentou mais eficiente, pois mostrou uma melhor participação no momento das dúvidas, assim como um

melhor contato com o professor, mesmo este sendo um desconhecido para eles. Isso demonstrou que basta um incentivo para poder levar os estudantes a se sentirem curiosos e maravilhados com aspectos presente em seu estudo e cotidiano.

Referente ao aspecto educacional baseado na teoria da aprendizagem de Ausubel, pode-se analisar que, conforme a própria teoria já espera, a aprendizagem mecânica está fortemente ligada aos alunos, principalmente em se tratando de equações matemáticas, e que eles não conseguem interligar teorias estudadas com o passar do ano. Demonstraram que o conhecimento visto é mecanicamente gravado e simplesmente fica depositado em sua estrutura cognitiva sem ter relação com assuntos presentes no cotidiano e, principalmente, sem correlacionar com novos conceitos que vão surgindo. E foi notável que após a aplicação do experimento eles demonstraram adquirir novos conceitos em seus mapas conceituais finais, porém mais uma vez eles não demonstraram correlação entre o que foi visto e o que já tinha sido aprendido. Fato esse influenciado pela quantidade de aula ser insuficiente e o professor nem sempre acaba tendo tempo hábil para discutir toda a matéria e quando o faz, é feito de forma rápida (para ministrar todo conteúdo) de maneira que a absorção não é estabelecida, e apenas as equações são decoradas, sem nenhum sentido físico estabelecido dentro do conteúdo.

Assim, uma velha e grande discussão vem à tona e que deve ser mais bem observada, ou seja, a aprendizagem em sala de aula é na grande maioria das vezes puramente mecânica, levando os alunos a uma baixíssima retenção do conhecimento e que, por fim, apenas demonstra a fragilidade do ensino médio brasileiro, expondo os alunos a um baixo nível de intelectualidade em relação a assuntos científicos.

É necessário que fique registrado o interesse e a empolgação apresentado pelos professores de Física presentes do colégio no dia aplicação do produto experimental. Uma vez que, no momento em que se depararam com o produto, demonstraram total interesse pelo seu funcionamento e também pelos conceitos que ali poderiam ser abordados, deixando claro, por parte deles, que esse produto educacional estivesse presente durante as aulas ministradas por eles, com certeza seria muito bem utilizado.

Como perspectivas, vimos que há muitas formas de se explorar este produto educacional, como por exemplo explicar as estações do ano, variando a inclinação da placa solar, explorar a intensidade do campo magnético afastando a bobina (núcleo de ferro) da roldana com imã; E um fator interessante é que é possível explorar a

---

mecânica também, pois se diminuir a quantidade de ímãs, a roldana gira mais rápido (aumenta a sua velocidade, pois diminui a massa e conseqüentemente a Inércia) podendo explorar aqui o conceito de torque e este fato também pode ser influenciado quanto a distribuição de massa (dos ímãs) sobre a roldana. Ressaltando que embora a velocidade aumente (no caso de diminuir a quantidade de ímãs) verifica-se que o campo gerado diminui, assim como a intensidade da luz do *led*.

Em relação a teoria de aprendizagem, pode se mudar a forma de aplicação, caso aja tempo disponível. Ensinar os alunos a trabalhar com mapas conceituais de outro assunto, dar tempo deles amadurecerem este procedimento, treinar e depois de todas as dúvidas sanadas, em um outro momento aplicar o mapa no assunto do Produto Educacional. Aplicar este produto em outras turmas de terceiro ano de ensino médio.

Propor aos alunos o desenvolvimento deste protótipo para a feira de Ciências, pois quando se monta o próprio experimento o aprendizado se torna muito mais rico. E que depois de pronto e apresentado, fique disponível na escola para os professores utilizarem com a turma, ou outras turmas.

Um outro fator que enriquece a pesquisa é ao aplicar coletar o depoimento do professor da disciplina sobre a validade e uso do uso do produto.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. BRASIL. Ministério da educação. Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino médio - Parte III - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2000. p.58.
2. Escolas com melhores e piores notas no resultado do Enem. Blog do Enem. Disponível em: <<http://blogdoenem.com.br/maringa-resultado-enem/>>. Acesso em: 29 maio 2015.
3. Relatórios de turmas (Geral). Colégio Estadual Doutor Gastão Vidigal. Disponível em: <[http://www.mgagastaovidigal.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/19/1530/26/arquivos/File/horarios/HOR\\_GERALM\\_10MAR.pdf](http://www.mgagastaovidigal.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/19/1530/26/arquivos/File/horarios/HOR_GERALM_10MAR.pdf)>. Acesso em: 29 maio 2015.
4. BIG - Banco de Informações de Geração. Aneel. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 5 abril 2015.
5. SANATANA, M. F; CARLOS, E. J. Regularidades e Dispersões no Discurso da Aprendizagem Significativa em David Ausubel e Paulo Freire. Aprendizagem Significativa em revista/Meaningful Learning Review, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, v. 3, 2013, p. 12-22.
6. TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. Ciências e Cognição, Paraíba, v.12, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 5 abril 2015
7. Tutorial da célula solar - (Programa de Educação Tutorial / Engenharia de Telecomunicações / Universidade Federal Fluminense / Niterói-RJ - Março / 2008.
8. VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. Meio século de história fotovoltaica. Gazeta da Física, 2006.



9. SILVA, L. M. C. Eletrônica Básica. Cornélio Procópio. Disponível em: <<http://www.cp.utfpr.edu.br/chiesse/Eletronica/Introducao.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2015.
10. TEIXEIRA, T. B. Influência da temperatura em aglomerados auto-reconfiguráveis de células solares fotovoltaicas. 2008. 72 p. Monografia apresentada na Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de ciências exatas para obtenção do título de especialista em Microeletrônica.
11. TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e Magnetismo e Óptica. 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC. 2009. v.2.p. 158 e 159.
12. Capítulo 5: Dielétrico e Capacitores. Disponível em: <<http://www13.fisica.ufmg.br/~feleto/NEMES/capitulo-5.pdf>>
13. SEARS, F.; ZEMANSKY, K. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III: eletromagnetismo. 12ª edição. São Paulo: Pearson. 2012. v.3. p. 105 e 281.
14. Laboratório de Eletricidade e Magnetismo: Capacitância e Capacitores. Instituto de Física de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2010-2%20FFI0106%20LabFisicaIII/07-Capacitores.pdf>>. Acesso em: 10 Junho 2015.
15. LINDEN, D.; REDDY, T. B. Handbook of Batteries. Third Edition. New York: McGraw-Hill, 1995. p. 1454.
16. HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos da física: eletromagnetismo. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC. 2012. v.3. p. 146, 249 e 251.
17. Tesla Memorial Society of New York. Disponível em: <http://www.teslasociety.com/exhibition.htm>. Acesso em: 8 abril 2015.
18. Instrumentação Física. Cursos IF-UFRGS. Disponível em: <[http://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/C%C3%A1culo\\_do\\_Campo\\_Magn%C3%A9tico](http://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/C%C3%A1culo_do_Campo_Magn%C3%A9tico)>. Acesso em: 8 abril 2015.
19. PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A; ANDRADE, A; ROMERO, T, R. Física: Conceitos e Contextos. 1ª edição. São Paulo: FTD. 2013. v.3., p. 98.
20. GOMES, A. P.; RÔÇAS, G.; DIAS-COELHO, U. C.; CAVALHEIRO, P. O.; GONÇANVEZ, C. A. N.; SIQUEIRA-BATISTA, R. Ensino de ciências: dialogando com David Ausubel. Revista Ciência e Ideais, Rio de Janeiro, v.1, n.1, set/2009, p.9.

21. MOREIRA, M. A. Teorias da Aprendizagem. 1ª edição. São Paulo: EPU. 1999.
22. PRASS, A. R. Representações sociais da física. 2014. 94p. Dissertação (Mestrado em ensino de física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2014.
23. MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativas em mapas conceituais. Textos de apoio ao professor de física, PPGEnFis/IFUFRGS, Rio de Janeiro, 2013, vol.24, n.6.
24. MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente. In: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, 1997, España. Anais... Burgos, España, 1997. p. 19-44.
25. CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. Práxis educativa, Ponta Grossa, v.15, n.1, p. 9-29, jan-jun 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso em: abril 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029>.

## ANEXOS

Nesta parte do trabalho, estão apresentados todos os materiais utilizados durante a aplicação do experimento em sala de aula, assim como, os resultados de todos os demais alunos que participaram do trabalho. Para uma melhor compreensão de organização, o organograma da figura A1 é apresentado.

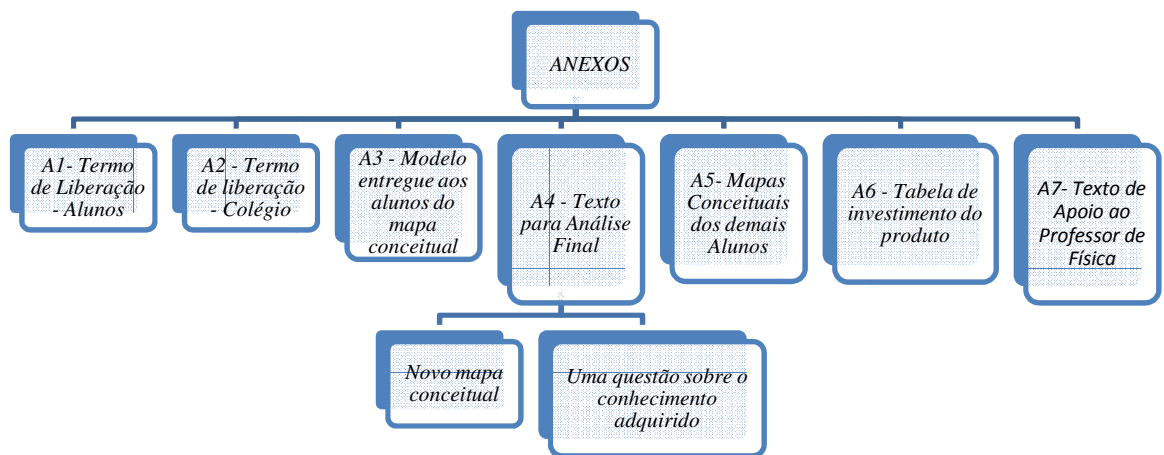


Figura A1: Organograma da organização dos anexos.

**ANEXO I****Termo de Consentimento**

Nós Eduardo Augusto Castelli Astrath e Hatsumi Mukai, responsáveis pela pesquisa: ***PRINCÍPIOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA: UMA APLICAÇÃO AO ENSINO MÉDIO***, estamos fazendo um convite para você participar como voluntário deste nosso estudo.

Esta pesquisa pretende investigar os principais conceitos envolvidos em eletromagnetismo conhecido por alunos do terceiro ano do ensino médio, através de um prática realizada em sala de aula. Acreditamos que essa pesquisa seja importante pois, pretende fornecer um parâmetro dos conceitos teóricos conhecidos pelos alunos em seu último ano de formação básica.

Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão. As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização:

Eu, \_\_\_\_\_, após a leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o professor responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

**Assinatura do voluntário:** \_\_\_\_\_

**Dados dos pesquisadores:**  
**Eduardo Augusto Castelli Astrath**  
**Universidade Estadual de Maringá**  
**Fone: (44) 3011-4330**  
**astratheac@yahoo.com.br**

**Hatsumi Mukai**  
**Universidade Estadual de Maringá**  
**Fone: (44) 3011-4330**

**ANEXO 2****TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL**

Maringá, 01 de Dezembro de 2014.

Ilustríssimo (a) Senhor (a)

Eu, Eduardo Augusto Castelli Astrath, aluno do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Física da Universidade Estadual de Maringá venho pelo presente, solicitar vossa autorização para realizar este projeto de pesquisa no Colégio Estadual Doutor Gastão Vidigal, no terceiro ano do ensino médio, para o trabalho de pesquisa sob o título PRINCÍPIOS DE UMA USINA FOTOVOLTAICA: UMA APLICAÇÃO AO ENSINO MÉDIO, Orientado pela Professora Dra. Hatsumi Mukai.

Esta atividade apresenta riscos mínimos visto que os participantes podem eventualmente sentirem-se desconfortáveis com o fato de estarem participando de uma pesquisa, no entanto fica claro que ele poderá solicitar esclarecimentos ou mesmos desistir de participar à qualquer momento.

A pesquisa está prevista para acontecer em três aulas, sendo as mesmas sequências para uma melhor aplicação. A data do encontro será definida em acordo com a instituição.

A qualquer momento vossa senhoria poderá solicitar esclarecimento sobre o desenvolvimento do projeto de pesquisa que está sendo realizado e, sem qualquer tipo de cobrança, poderá retirar sua autorização. Os pesquisadores aptos a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, dar indicações para solucionar ou contornar qualquer mal estar que possa surgir em decorrência da pesquisa.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos e que, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes de vossa instituição como nome,

endereço e outras informações pessoais não serão em hipótese alguma publicados. A participação será voluntária, não fornecemos por ela qualquer tipo de pagamento.

#### Autorização Institucional

Eu, \_\_\_\_\_ responsável pela instituição Colégio Estadual Doutor Gastão Vidigal declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa acima, e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento como instituição CO-PARTICIPANTE desta pesquisa poderemos revogar esta autorização, se comprovada atividades que causem algum prejuízo à esta instituição ou ainda, a qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes desta instituição. Declaro também, que não recebemos qualquer pagamento por esta autorização bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

Informamos ainda, que é prerrogativa desta instituição proceder a re-análise ética da pesquisa, solicitando, portanto, o parecer de ratificação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos desta Instituição (se houver).

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| Pesquisador | Responsável pela Instituição |
|-------------|------------------------------|

Orientador

Documento em duas vias:

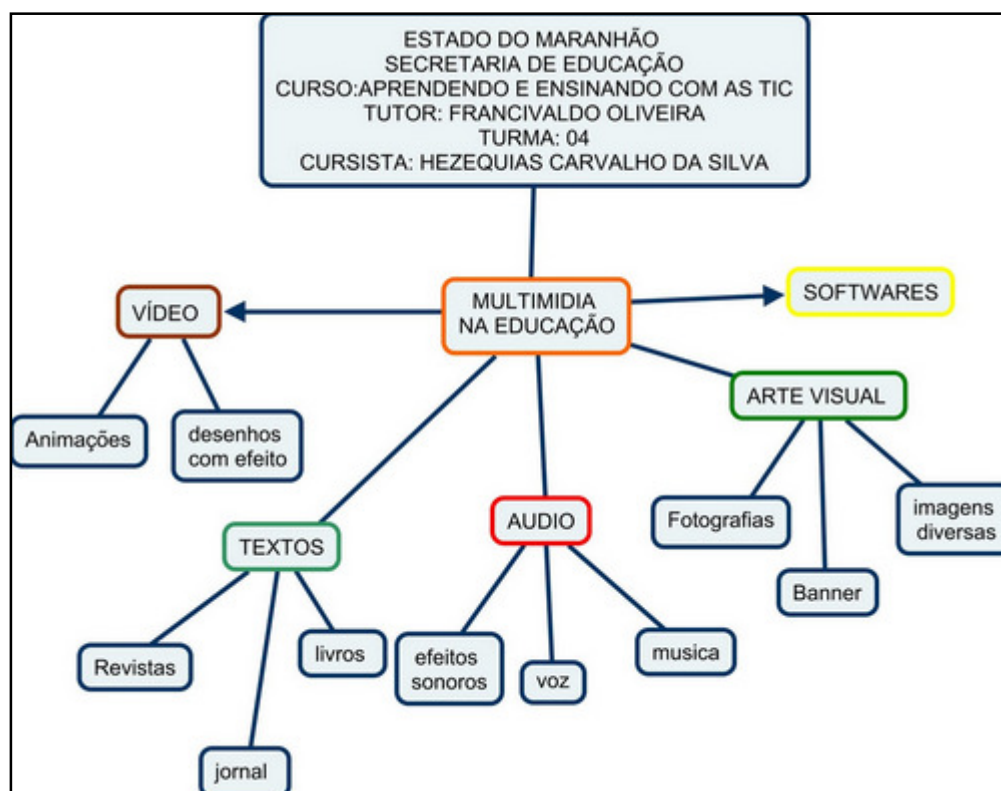
1ª via instituição

2ª via pesquisadores

**ANEXO 3****01/12/2014**

Mapas Conceituais: são estruturas esquemáticas que representam conjuntos de ideias e conceitos dispostos em uma espécie de rede de proposições, de modo a apresentar mais claramente a exposição do conhecimento organizá-lo segundo a compreensão cognitiva do seu idealizador. Portanto, são representações gráficas, que indicam relações entre palavras e conceitos, desde aqueles mais abrangentes até os menos inclusivos. São utilizados para a facilitação, a ordenação e a sequenciação hierarquizada dos conteúdos a serem abordados, de modo a oferecer estímulos adequados à aprendizagem.

De um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. Exemplo de um mapa conceitual:



Agora que você já compreendeu o que é um mapa conceitual, faça um com o tema **ELETRICIDADE E MAGNETISMO**.

**ELETRICIDADE E  
MAGNETISMO**





ANEXO 5

Mapas conceituais iniciais e finais dos demais alunos.

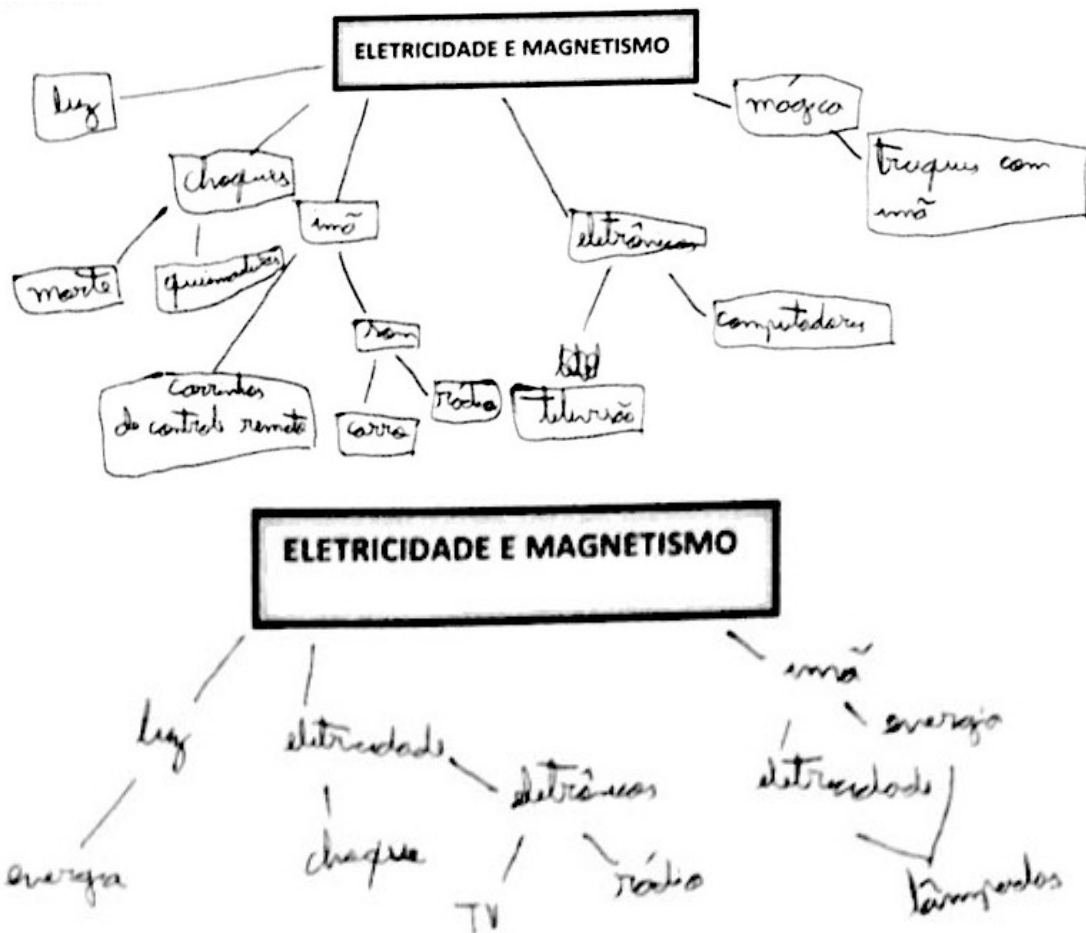


Figura A2: Mapa do aluno A, inicial e final respectivamente.

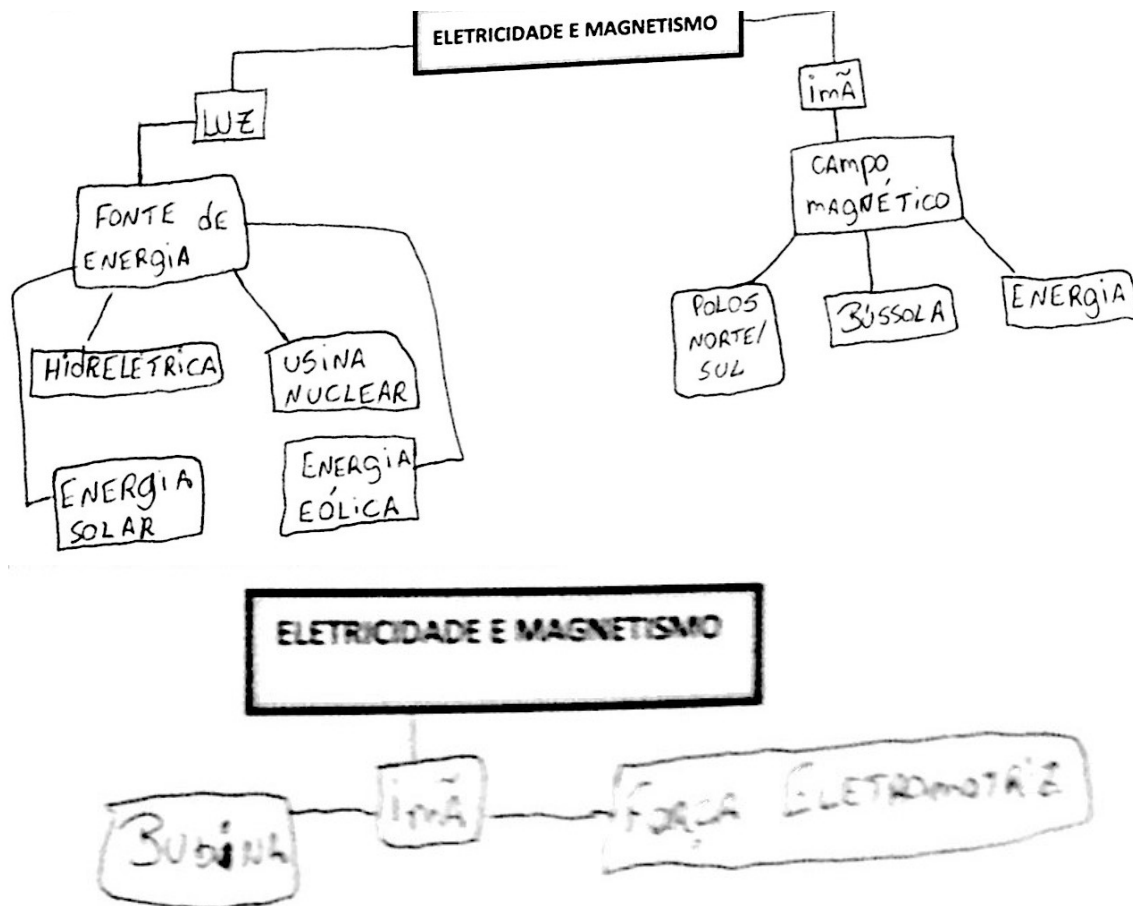


Figura A3: Mapa do aluno B, inicial e final respectivamente.

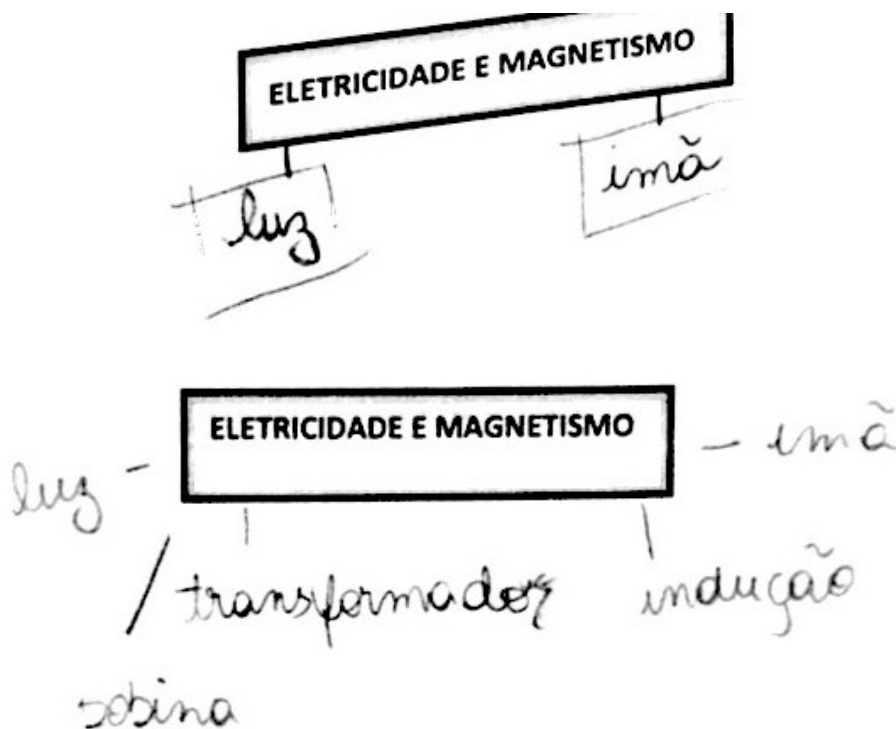


Figura A4: Mapa do aluno C, inicial e final respectivamente.

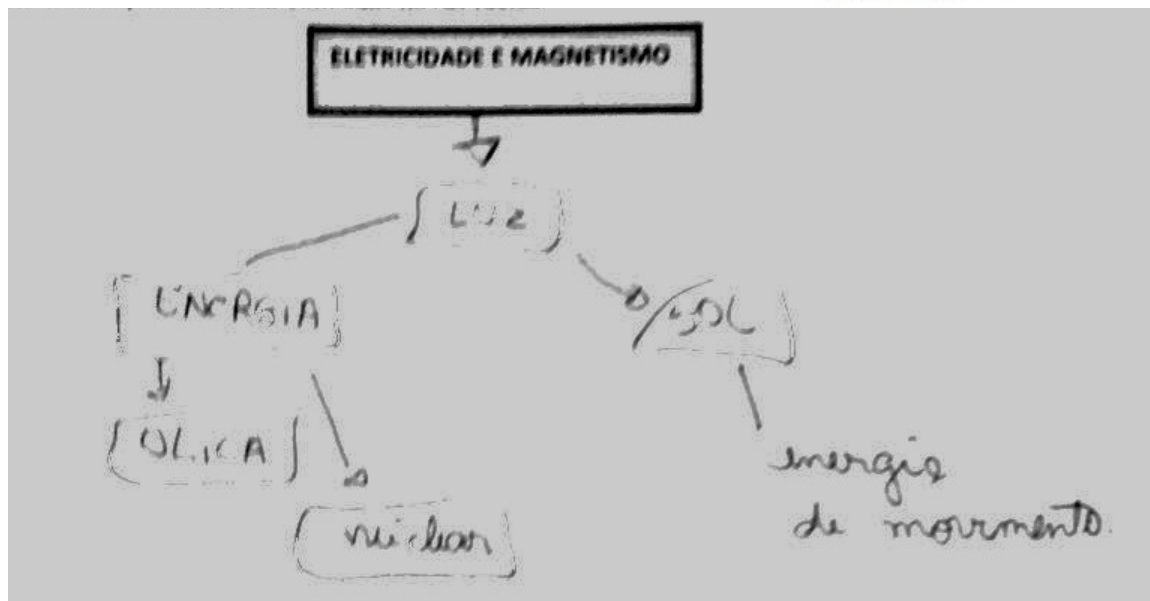
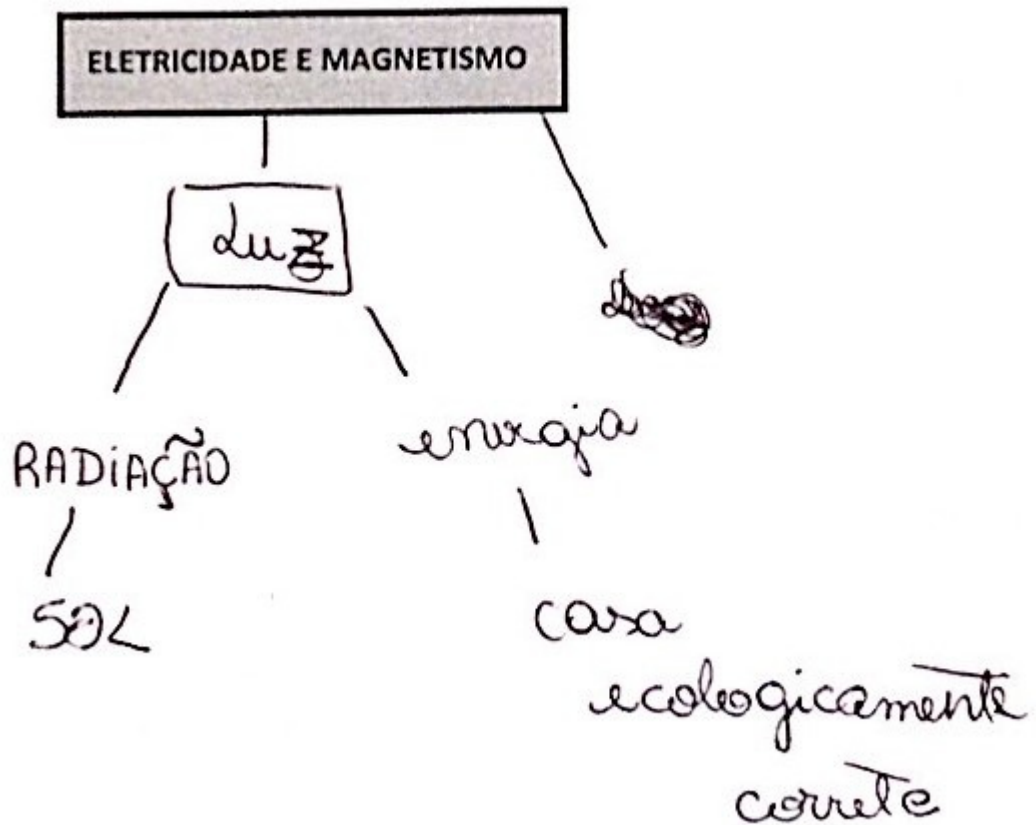


Figura A5: Mapa do aluno E, inicial e final respectivamente.

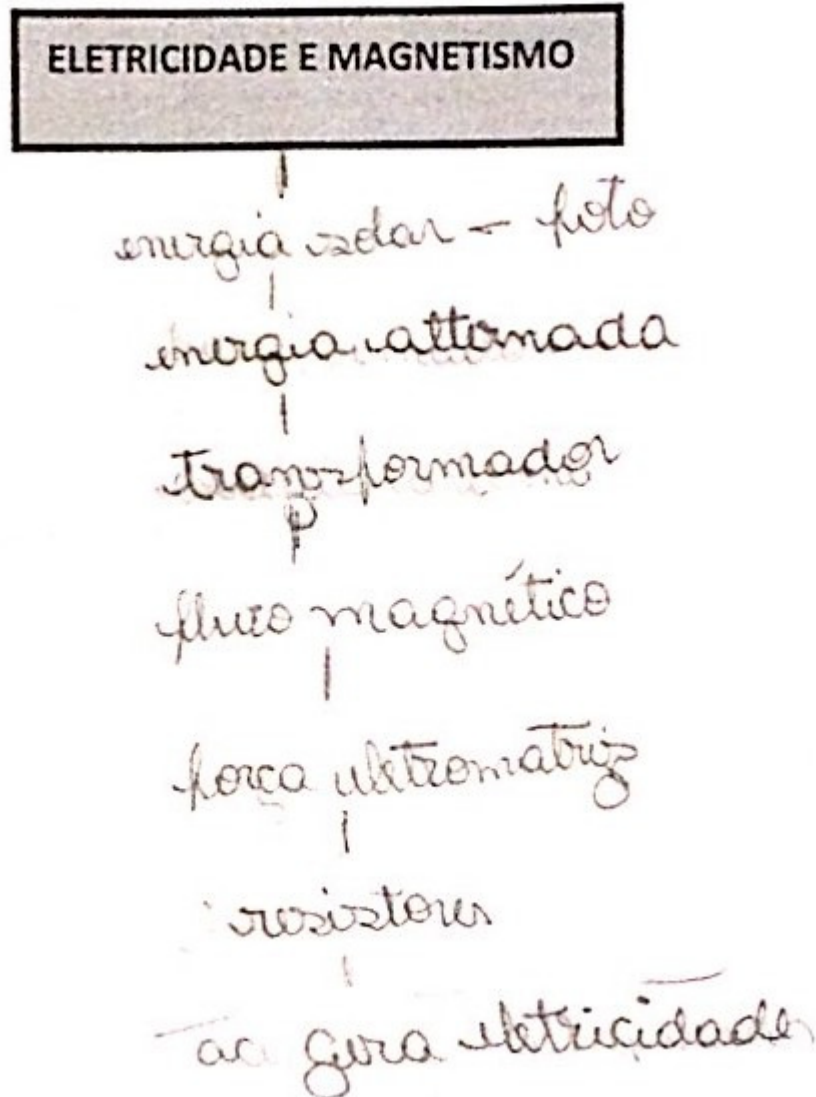


Figura A6: Mapa do aluno G, inicial e final respectivamente.

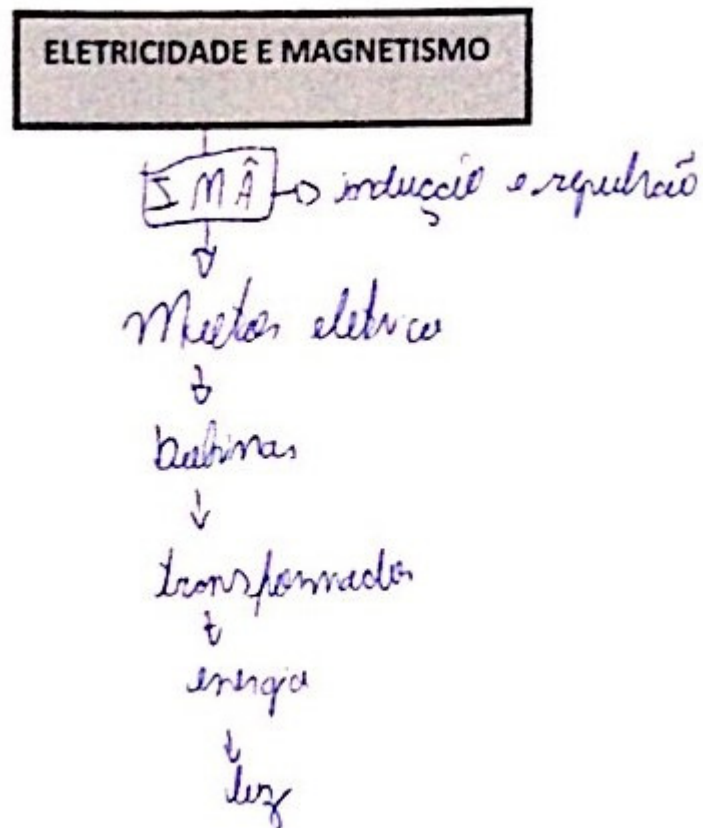
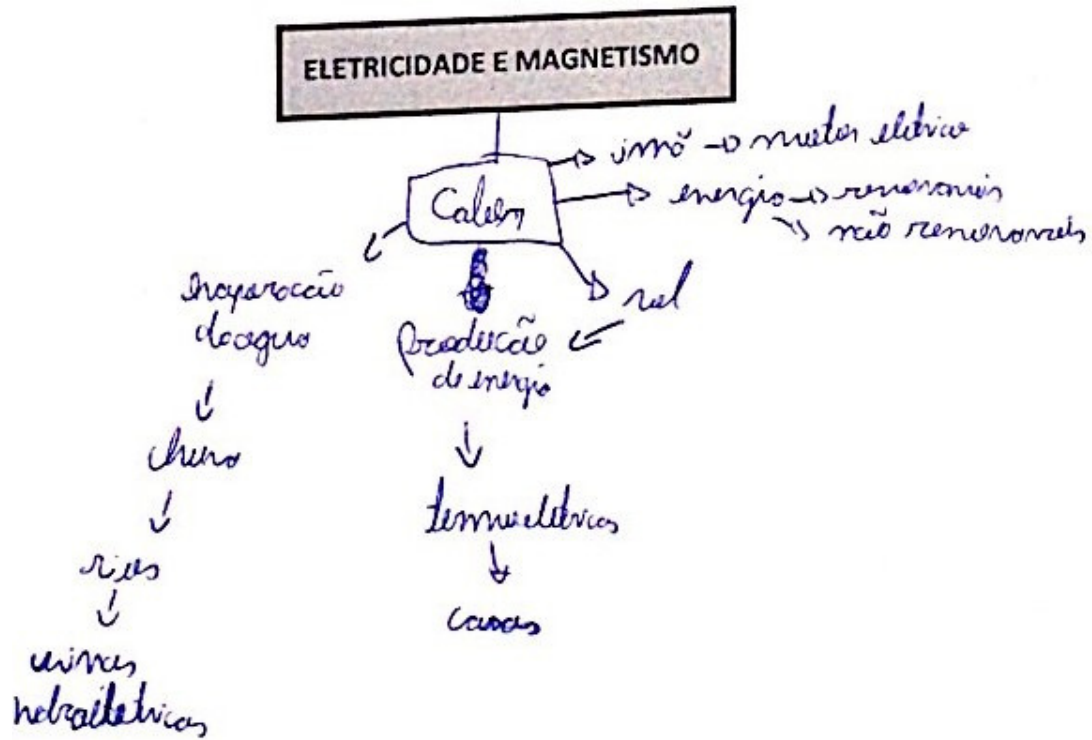


Figura A7: Mapa do aluno J, inicial e final respectivamente.

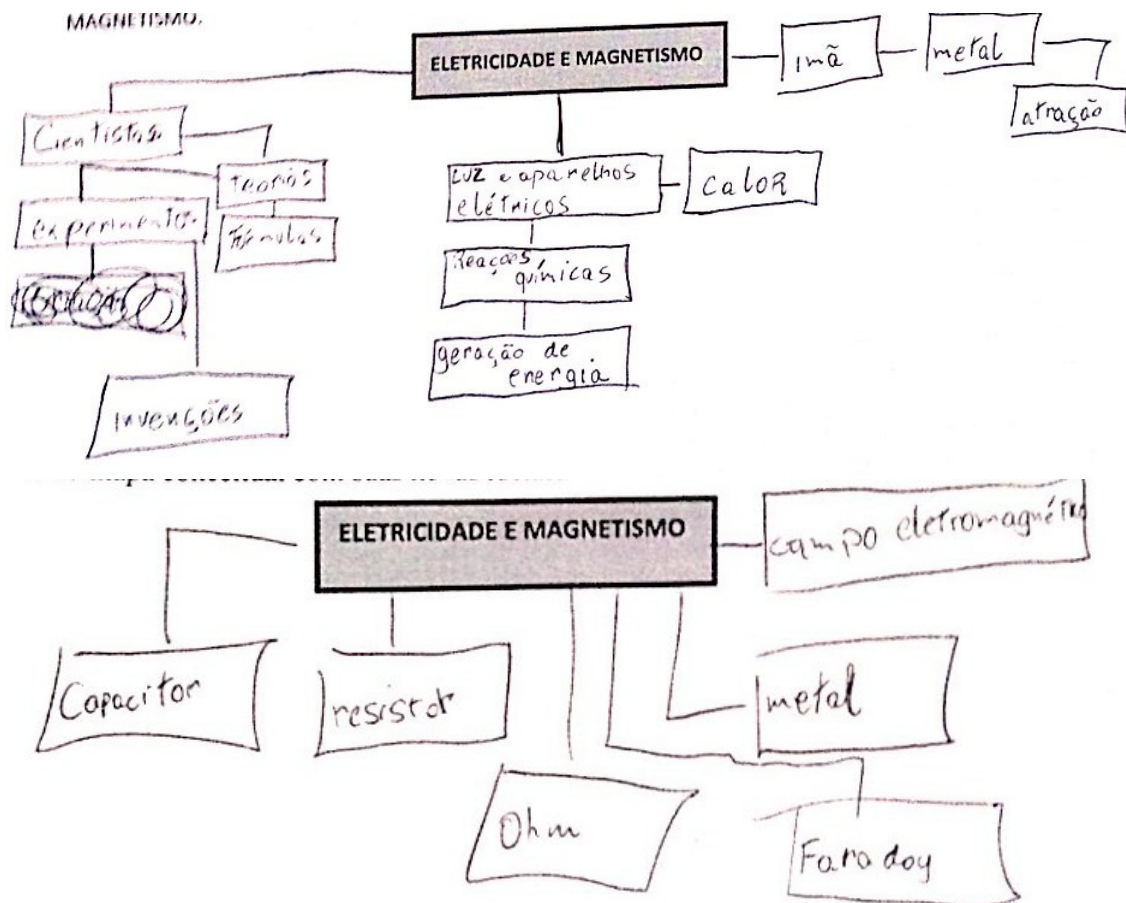


Figura A8: Mapa do aluno L, inicial e final respectivamente.

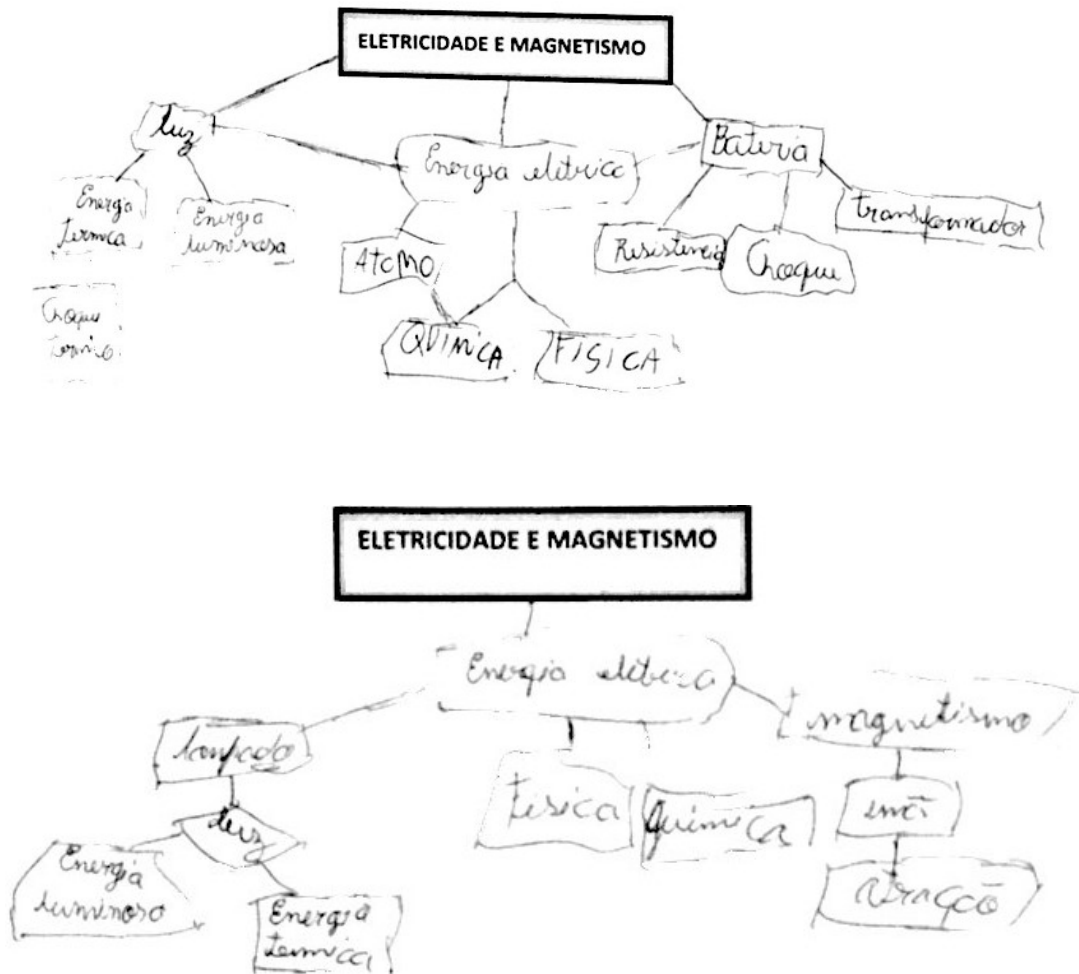


Figura A9: Mapa do aluno N, inicial e final respectivamente.

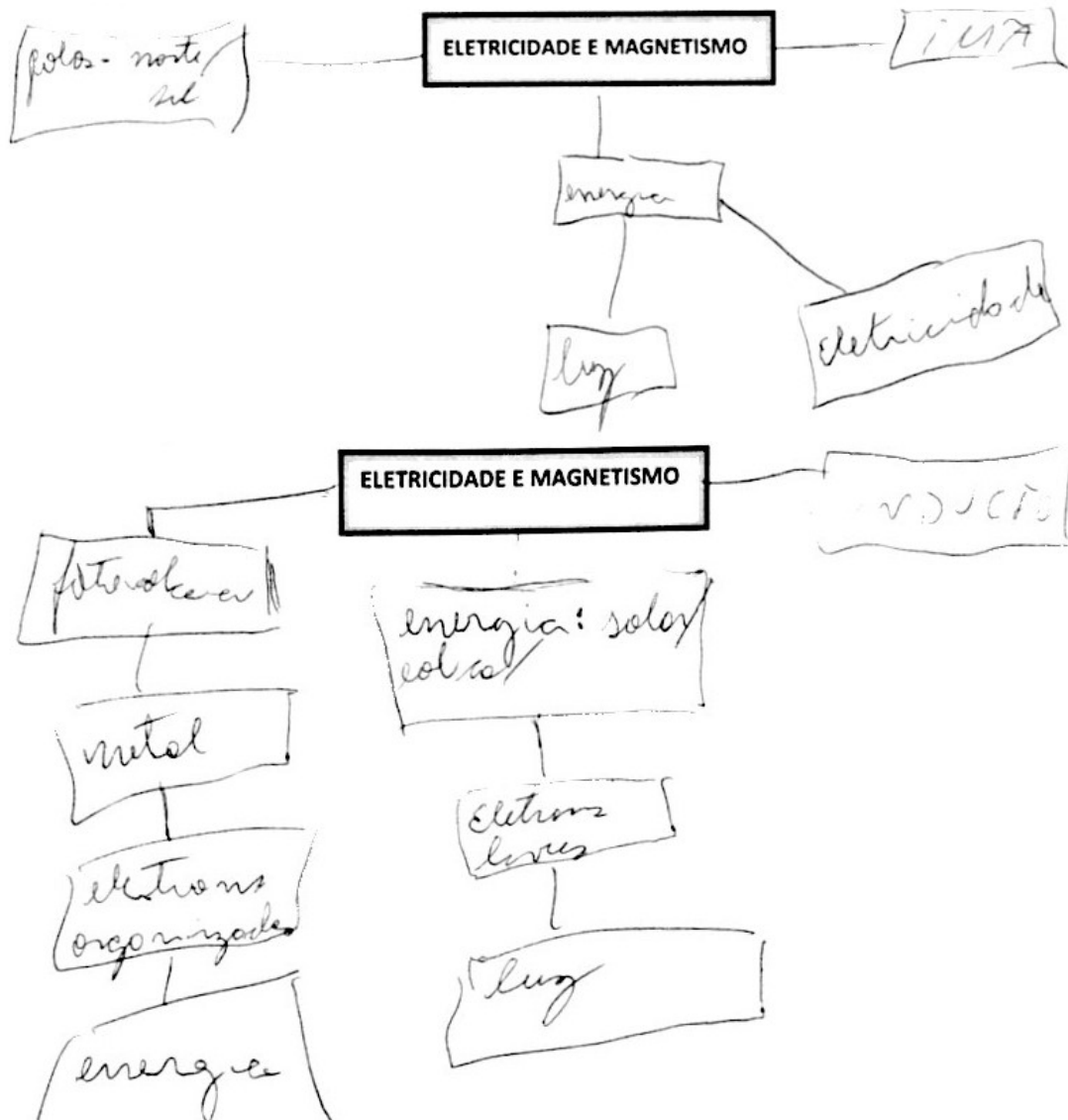


Figura A10: Mapa do aluno P, inicial e final respectivamente.



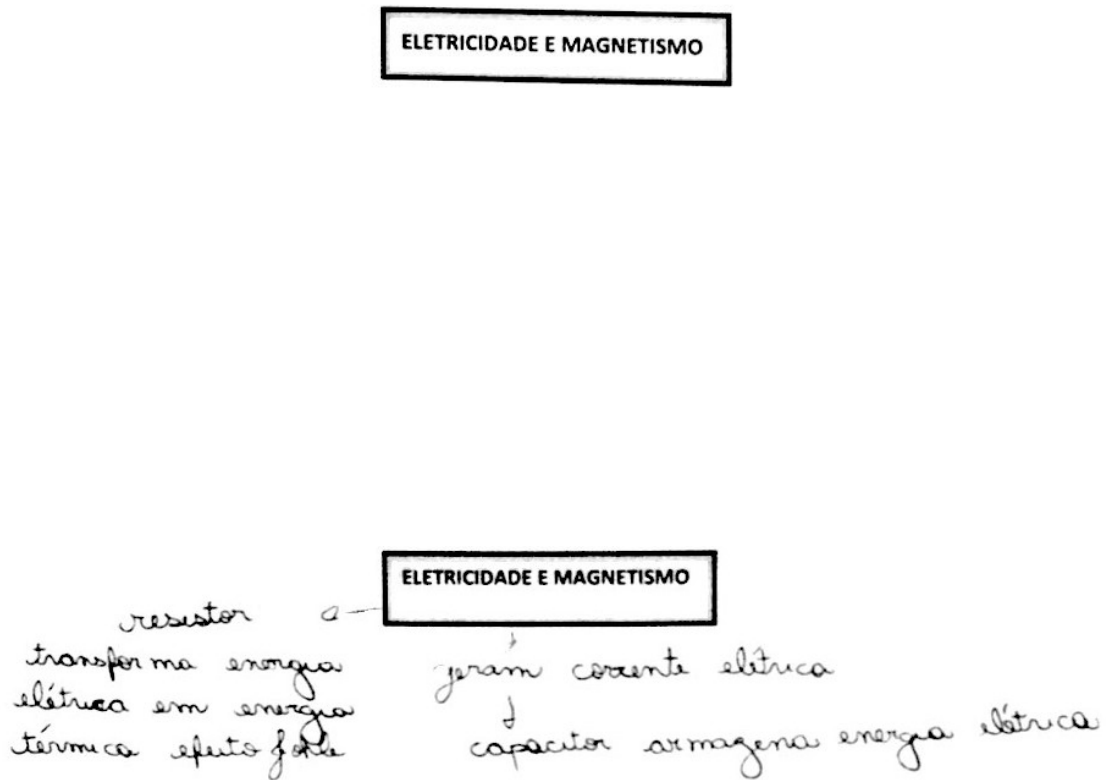


Figura A11: Mapa do aluno R, inicial e final respectivamente. Neste caso não houve nenhuma exposição de dados no mapa inicial.

**ANEXO 6**

Tabela A1 - Investimento para construção do aparato experimental deste trabalho.

| <b><i>Material</i></b>   | <b><i>Marca/Descrição</i></b> | <b><i>Valor (R\$)</i></b> |
|--|-------------------------------|---------------------------|
| 1 painel solar monocristalino de silício                               | <i>Sun World</i>              | <b>185,00</b>             |
| 1 motor de gravador de dvd,  | 12 V, de 2400rpm /Mabuchi     | <b>30,00</b>              |
| 2 chaves seletoras para saída de voltagem                              |                               | <b>4,00</b>               |
| 2 diodos   | 6V                            | <b>≈ 10,00</b>            |
| 3 diodos Zener   |                               | <b>≈ 10,00</b>            |
| 1 transformador com quatro saídas                                      |                               | <b>≈ 200,00</b>           |
| 6 ímãs de Neodímio   | tipo pastilha grande N35      | <b>20,00</b>              |
| 2 baterias recarregáveis   | 9V                            | <b>50,00</b>              |
| 1 lâmpada  | 250W                          | <b>30,00</b>              |
| 1 <i>protoboard</i>  | Hikari                        | <b>8,00</b>               |
| 2 conectores para bateria 9V   |                               | <b>6,00</b>               |
| 2 rolimãs para fixar o eixo de rotação dos ímãs                        |                               | <b>40,00</b>              |
| Fios conectores  |                               | <b>4,00</b>               |
| Leds   |                               | <b>20,00</b>              |
| Suporte para fixar o transformador                                     |                               | <b>10,00</b>              |
| 1 placa de madeira usada de base para montar todo aparato experimental |                               | <b>45,00</b>              |
| Total  |                               | <b>≈ 672,00</b>           |

---

**ANEXO 7: TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA**

---

*Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Ciências Exatas  
Departamento de Física  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física/Sociedade  
Brasileira de Física*

**TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA**

*Princípios de uma Usina Fotovoltaica: uma aplicação ao ensino  
médio.*

*Produto desenvolvido por: Eduardo Augusto Castelli Astrath  
Texto de apoio orientado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hatsumi Mukai*

### ***Introdução***

Neste material de apoio é disposto, em forma de uma sequência didática, uma proposta de como aplicar em sala de aula o produto experimental denominado *Princípios de uma Usina Fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio* [1]. Este trabalho se remete a uma sequência de pelo menos três a quatro aulas práticas experimentais, cujo público alvo são os alunos do terceiro ano do ensino médio. O objetivo foi demonstrar a conexão existente entre as partes do conteúdo [2] ensinado por todo o ano letivo, de forma que os alunos possam, primeiramente, demonstrar a aprendizagem referente a esse conteúdo, assim como a habilidade de relacionar esse novo conhecimento aos conhecimentos já construídos.

Esse produto tem como base a ideia de levar aos alunos algo diferente de uma aula apenas teórica, visto que a abordagem de toda a teoria envolvida nesse produto é de forma experimental, conduzindo o aluno a compreender o mesmo conteúdo de uma forma diferente da usual e também de relação entre teoria e prática, uma vez que nem sempre ele tem a opção de trabalhar em um laboratório. Esse produto foi elaborado para ser aplicado a partir do momento em que for ministrado todo conteúdo de Eletrostática e Eletrodinâmica e no momento em que ocorrer a introdução da Física Moderna para abordar o conceito de Efeito Fotoelétrico, mas também pode ser utilizado como uma motivação de aplicação, conforme o professor for abordando cada conteúdo a ser estudado.

É sabido que no terceiro ano do ensino médio o professor tem como objetivo levar o aluno a ter uma compreensão dos conceitos envolvidos no estudo da eletricidade como um todo. Tanto que, inicialmente, trabalha-se com os alunos as ideias de Eletrostática, conteúdo que aborda os fenômenos ocorridos em uma carga elétrica quando ela se encontra em repouso. Nesse ponto o aluno compreende o conceito de Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico, do mesmo modo que compreende os tipos de eletrização e também o que é e como pode ser utilizado um capacitor.

Na sequência dos estudos compreendidos no terceiro ano, o aluno entra em contato com o estudo da Eletrodinâmica. Assim, o professor tende a passar todos os conceitos envolvidos no estudo das cargas em movimento, ou seja, o aluno se depara com corrente elétrica e seus fenômenos, aprendendo ali uma aplicação direta dos conceitos de Força, Campo e Potencial, estudados anteriormente, fazendo neste momento a primeira conectividade entre conceitos físicos. O aluno também estuda a parte de resistores e suas associações, ou seja, toda a parte de circuitos elétricos. Posteriormente vem o estudo de

Eletromagnetismo e então ocorre a junção dos fenômenos elétricos com os magnéticos, e assim é compreendido o conceito de Indução Eletromagnética e sua aplicabilidade no funcionamento de transformadores e, conseqüentemente, corrente alternada.

É a partir desse ponto que fica livre a aplicação do produto *Princípios de uma Usina Fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio*, pois é nesse momento que entra o estudo de Física Moderna, especificamente do efeito Fotoelétrico.

É importante ressaltar que essa aplicação traz como principal objetivo avaliar o que o aluno compreendeu por todo ano letivo, e se essa compreensão criou elos em sua estrutura cognitiva ou foi apenas uma "decoreba" momentânea. Da mesma forma que ao aplicar tal produto, o aluno se depara com um assunto importante para a humanidade, que são os tipos de produção de energia elétrica [3], levando aí a uma boa conversa sobre o conhecimento que os alunos possuem sobre esse assunto. Nesse ponto, entra a interdisciplinaridade com assuntos vistos, por exemplo, no componente curricular Geografia.

Este texto de apoio está apresentado de acordo com o organograma apresentado na Figura 1.

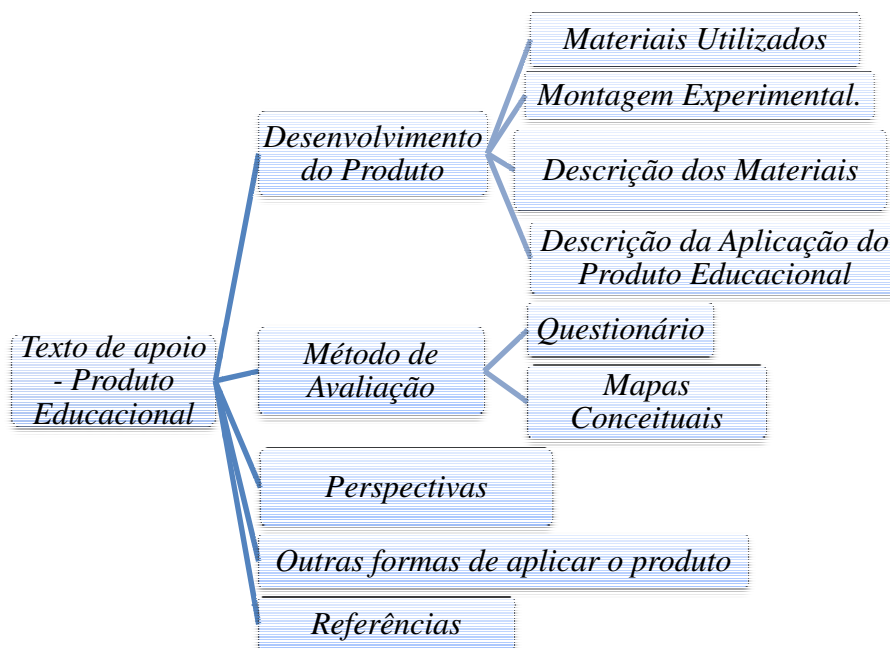


Figura 1: Organograma dos tópicos apresentados neste texto de apoio.

### ***1 - Desenvolvimento do Produto***

A motivação do desenvolvimento deste produto teve como ideia central o estudo de fenômenos eletromagnéticos utilizados no processo de transformação de energia

mecânica em energia elétrica envolvida em uma usina hidroelétrica, assim como, o processo usado para elevação do potencial elétrico no momento do transporte de energia elétrica da usina até as centrais de distribuição de cada cidade. E, para abranger novas formas de geração de energia alternativa em relação a mais popularmente conhecida, no lugar do volume de água que cai de uma altura específica no processo de transformação de energia mecânica em elétrica, foi utilizado uma tecnologia pouco usada no Brasil que é a energia solar, captada através de painéis solares.

Assim o produto experimental, tende a explicar como ocorre a transformação de energia solar em energia elétrica por meio do funcionamento de um painel solar. E, por meio de um processo de armazenamento dessa energia elétrica através de baterias, reutilizar a mesma para demonstrar o processo de indução eletromagnética usada na transformação de energia mecânica (rotação da polia com imãs) em elétrica, levando assim os alunos a conectarem o estudo do Efeito Fotoelétrico [4] (usado em paralelo para explicar o funcionamento do painel solar), com todo conteúdo que lhes foi ministrado.

Dessa forma, é de bom senso apresentar e explicar aos alunos o papel de cada material usado para a fabricação do experimento. Esses materiais estão apresentados e detalhados na próxima subseção (1.1).

### **1.1 - Materiais Utilizados:**

- 1 painel solar monocristalino de silício - marca Sun World;
- 1 motor de gravador de dvd, 12 V, de 2400rpm - marca Mabuchi;
- 2 chaves seletoras para saída de voltagem;
- 2 diodos de 6V;
- 3 diodos Zener;
- 1 transformador com quatro saídas;
- 6 imãs de Neodímio tipo pastilha grade N35;
- 2 baterias recarregáveis 9V;
- 1 lâmpada de 250W;
- 1 *protoboard* - marca Hikari;
- 2 conectores para bateria 9V;
- 1 placa de madeira (89,0 x 65,0) cm;
- 2 rolimãs para fixar o eixo de rotação dos imãs;

- Fios conectores;
- Suporte para fixar o transformador;
- *Leds*;

## 1.2 - Montagem Experimental

Na Figura 2, apresenta-se a montagem experimental do produto educacional. Nela temos: (1) o painel solar, (2) o motor, (3) o aparato de geração de indução eletromagnética, sistema de junção da polia contendo os imãs com a bobina, (4) o transformador, (5) as saídas de tensão, (6) a *protoboard* com *leds*<sup>33</sup>, e a direita da foto, (7), a caixa central de circuito, (8) uma lâmpada acoplada ao sistema semelhante a uma luminária (caso não tenha Sol quando for usar o produto) e (9) o dispositivo de saída da tensão do painel. A seta destacada em vermelho indica a regulagem de inclinação do painel solar, que ajuda na maior captação da radiação solar. Já a seta destacada na cor preta indica a regulagem de distância que existe entre a bobina e a roldana que contém os imãs, podendo assim demonstrar a relação do campo magnético com a distância.

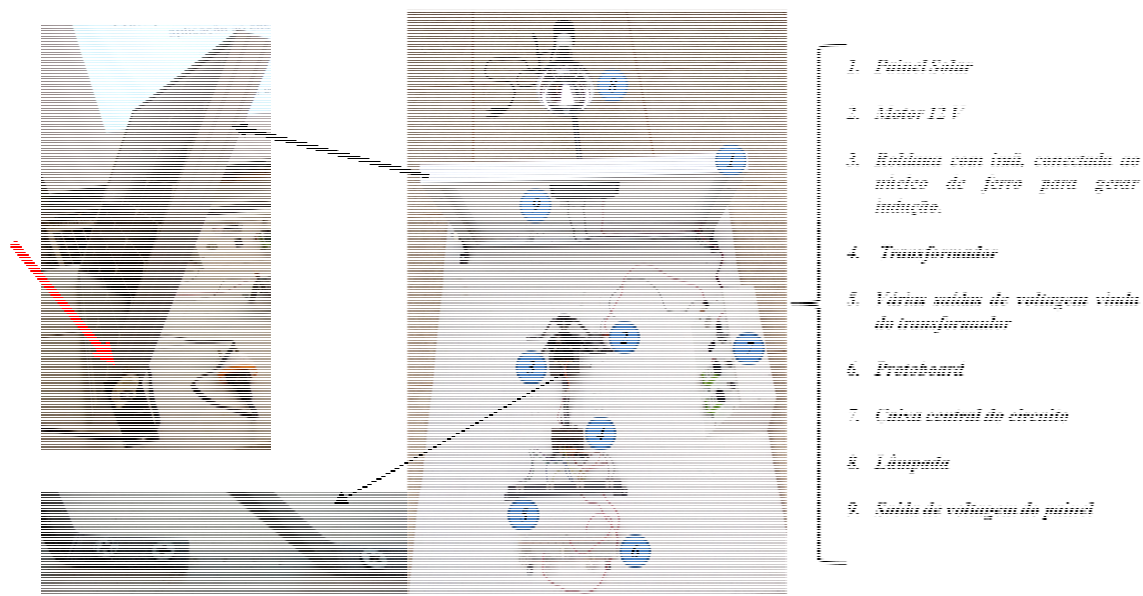


Figura 2 – Foto da montagem experimental (Produto), e em destaque o sistema de inclinação do painel solar e os furos que permite a variação entre os elementos do item

3.

<sup>33</sup>Leds: a palavra LED é a abreviação do inglês de Light Emithing Diode, ou seja, um diodo emissor de luz. Em 07/10/2014, os criadores do diodo que emite luz azul ganharam o Nobel de Física, sendo eles Isamu Akasaki (85 anos), Hiroshi Amano (54 anos) e Shuji Nakamura (60 anos).



E todo este aparato foi fixado na placa de madeira. Vale ressaltar que o painel solar possui as seguintes dimensões (43,5 x 56,0) cm e já vem com pontos para fixação em uma base, no caso a placa de madeira.

Na próxima subseção (1.3) é apresentada a descrição de cada aparato que compõe este produto educacional.

### 1.3 - Descrição dos Materiais

O painel solar utilizado é do tipo monocristalino de silício[5], com as especificações apresentadas na parte posterior do painel, e apresentada na Figura 3, (essas especificações são para o motor aqui utilizado. Caso mude o motor, pode-se mudar o painel):

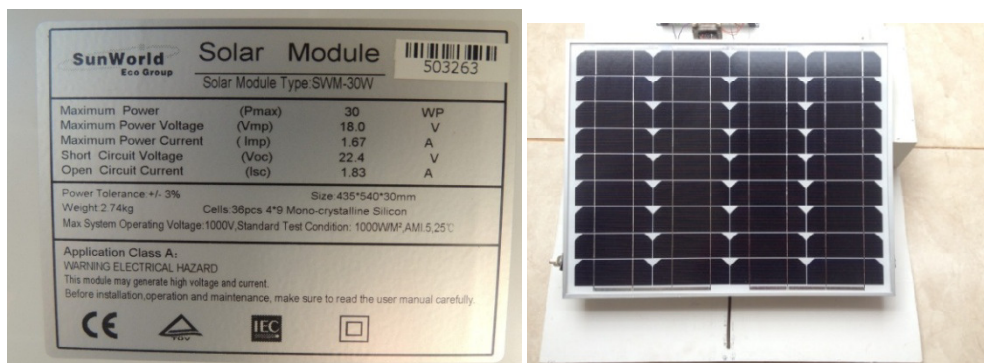


Figura 3 –Especificações do painel solar monocristalino, produto comercial da *SunWorld*.

Nas especificações da Figura 3, observa-se que a máxima voltagem atingida pelo painel solar será de 22,4 V, porém o circuito de saída do painel pode ser montado a ponto de obter uma outra saída com voltagem próxima de 11,2 V. Para isso, foi colocada uma chave para controlar essa saída de tensão (voltagem), conforme se vê na Figura 4. Esta chave está localizada atrás da placa do painel solar, item (9) na Figura (2).

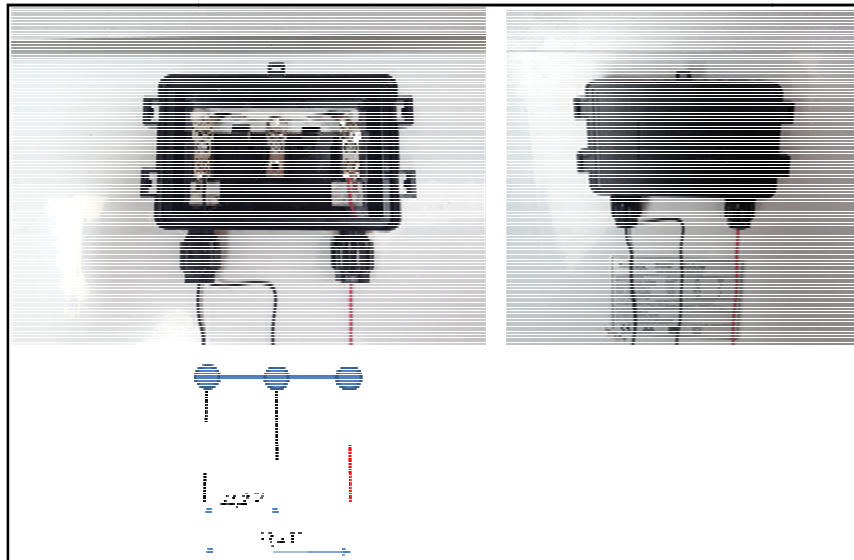


Figura 4 – Foto da configuração para saída de voltagem do painel solar.

Essa dupla opção de saída é muito útil, pois proporciona duas formas de funcionalidade, de forma que se possa explorar o tema de geração de energia e a física envolvida, ou seja, ela proporciona abordar dois objetivos:

- 1) O primeiro é para basicamente demonstrar seu funcionamento e conseqüentemente a transformação direta de energia solar em energia elétrica, todo esse processo baseado no efeito fotovoltaico (que é explicado paralelo ao efeito fotoelétrico);
- 2) Já o segundo, é utilizar essa mesma energia elétrica para ser armazenada em duas baterias recarregáveis (baseado no funcionamento do capacitor), a ponto de quando reutilizada, funcionar um motor que servirá para gerar o efeito da indução eletromagnética e então demonstrar o funcionamento e a utilização de um transformador.

Assim, para que primeiro objetivo possa ser atingido é utilizado um motor<sup>34</sup> de voltagem para funcionamento de 12,0 V e que tem em sua configuração 2400 rpm (em destaque na Figura 5, sendo o item (4) da montagem experimental (Figura (2))).

O principal papel desse motor é compreender seu funcionamento através da conversão direta de energia solar em energia elétrica de corrente contínua (CC), tendo

<sup>34</sup>Esse motor é normalmente usado em aparelhos de gravador de DVD.



Figura 5 – Foto e especificação do motor utilizado para demonstração do funcionamento do painel solar - Marca MABUCHI.

como base teórica o efeito fotovoltaico, levando os alunos a compreenderem o conceito de efeito fotoelétrico e, conseqüentemente relacionar o mesmo aos conceitos de Força, Campo, Potencial e Corrente Elétrica estudados durante o ano letivo.

E para trabalhar com o assunto sobre o processo de Indução Eletromagnética, é necessário aprimorar o experimento, implementando vários aparatos a ponto de atingir o segundo objetivo e demonstrar de forma clara e significativa todo processo envolvido, a fim de levar o aluno a uma compreensão teórico-prática.

Note com mais detalhes o item 7 da Figura 2: a caixa central do circuito. Ela contém em seu interior todo o circuito, em destaque na Figura 6, montado para o funcionamento de todo aparato experimental. Acoplado a esta caixa, estão as duas baterias e também os dois reguladores de tensão e no circuito interno se encontram os diodos Zener (em destaque na Figura 8).



Figura 6 – Foto da Caixa central (em destaque as chaves comutadoras) do circuito em destaque, item (7) da Figura 2.

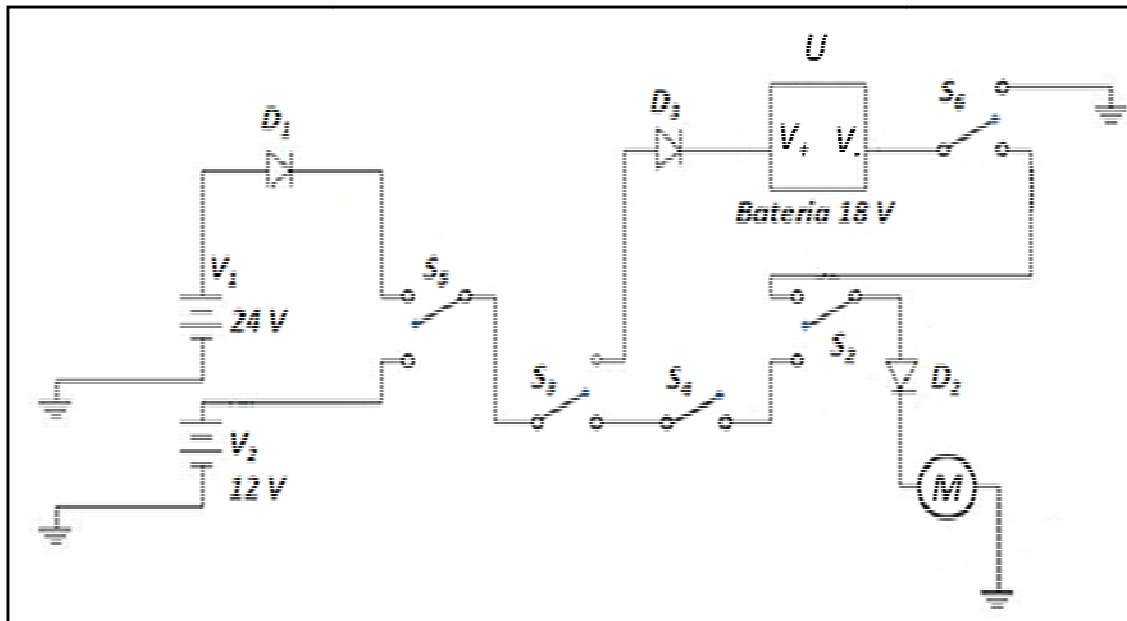
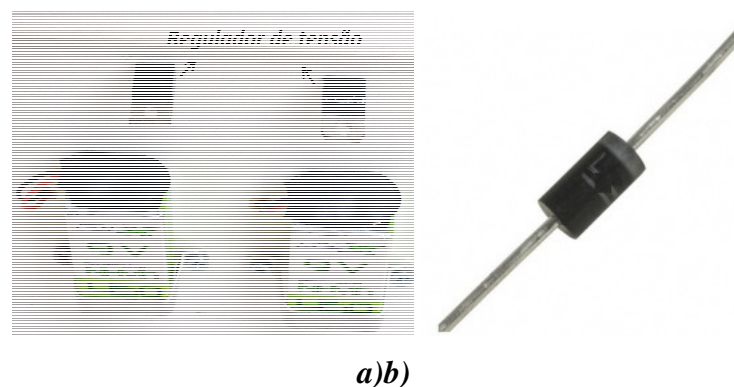


Figura 7 – Figura esquemática do circuito elétrico da caixa central.



a)b)

Figura 8– a) Diodos com a função de Regulador de tensão (6,0 V) e bateria; b) Diodos Zener.

As duas saídas do painel solar são ligadas à caixa central (Figura 6) por meio de três fios. Existe configurado dentro dessa caixa um circuito (Figura 7) que detalha toda a ligação que ocorre desde a chegada da corrente elétrica vinda do painel, mostrando as possíveis distribuições e, conseqüentemente, as permutações para essas distribuições que são modificadas através das duas chaves seletoras (CS1 e CS2) existentes na caixa, que são representadas na Figura 6. A opção das duas formas de utilização do painel para o funcionamento de todo aparato experimental se difere;

- 1) Quando as chaves  $S_3$  e  $S_5$  são voltadas para cima, aciona a opção de 24,0 V (máximo rendimento do painel) que serve para carregar as baterias de 9,0 V

cada, que estão ligadas em série, obtendo um total de armazenamento de voltagem de 18,0 V.

- 2) Já quando as chaves  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  e  $S_5$  são voltadas para baixo, o painel libera apenas metade de seu potencial, ou seja 11,2 V fazendo o motor M (item (2) Figura 2) funcionar de forma direta, demonstrando a transformação de energia solar em energia elétrica, que está relacionada ao primeiro objetivo, citado anteriormente, conforme especificado em um dos objetivos.

As permutações para o funcionamento correto de todo aparato ocorre conforme Tabela 1.

*Tabela 1 – Comandos (permutações) de funcionamento do circuito.*

| <i>Comando</i> |            | <i>Modo de funcionamento</i>  |
|----------------|------------|---|
| <i>CS1</i>     | <i>CS2</i> |   |
| <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b><i>Nada Funciona</i></b>   |
| <b>I</b>       | <b>I</b>   | <b><i>Motor funciona através da ligação direta com o painel.</i></b>  |
| <b>II</b>      | <b>0</b>   | <b><i>Circuito fica configurado para o carregamento das baterias.</i></b>                                       |
| <b>0</b>       | <b>II</b>  | <b><i>Motor funciona através apenas do descarregamento das baterias.</i></b>                                    |
| <b>II</b>      | <b>II</b>  | <b><i>Ocorre o carregamento das baterias e simultaneamente o funcionamento do motor através das mesmas.</i></b> |

Como existem essas permutações, é necessária a utilização de diodos<sup>35</sup> para manter a corrente em apenas um sentido, não deixando as permutações serem misturadas. Da mesma forma que, como as baterias juntas armazenavam 18,0 V, é necessário montar o circuito com dois reguladores de tensão (6,0 V cada), Figura 8 (a), para que quando o circuito estiver programado para a liberação da voltagem das baterias para o funcionamento do motor, (segunda forma) os mesmos possam permitir a passagem de apenas 12,0 V dos 18,0 V obtidos, não danificando o motor e o deixando funcionar com máximo de rendimento.

No momento em que a segunda forma é trabalhada, o funcionamento do motor serve para girar uma polia que possui um conjunto de ímãs (três ímãs de cada lado) em lados opostos, de modo que se encontram muito próximos de um núcleo de ferro enrolado em uma bobina (Figuras 9 e 10). É importante deixar claro ao aluno que o

<sup>35</sup>O diodo é um componente eletrônico semicondutor, que possui entre outras funções retificar a corrente.

fato de utilizar um núcleo de ferro é para potencializar a indução magnética na bobina e, assim, gerar uma corrente induzida maior e conseqüentemente um potencial maior.

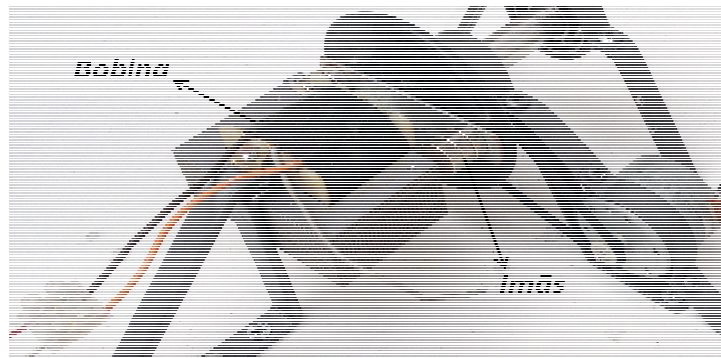


Figura 9 – Foto da Junção da polia (contendo imã) com bobina

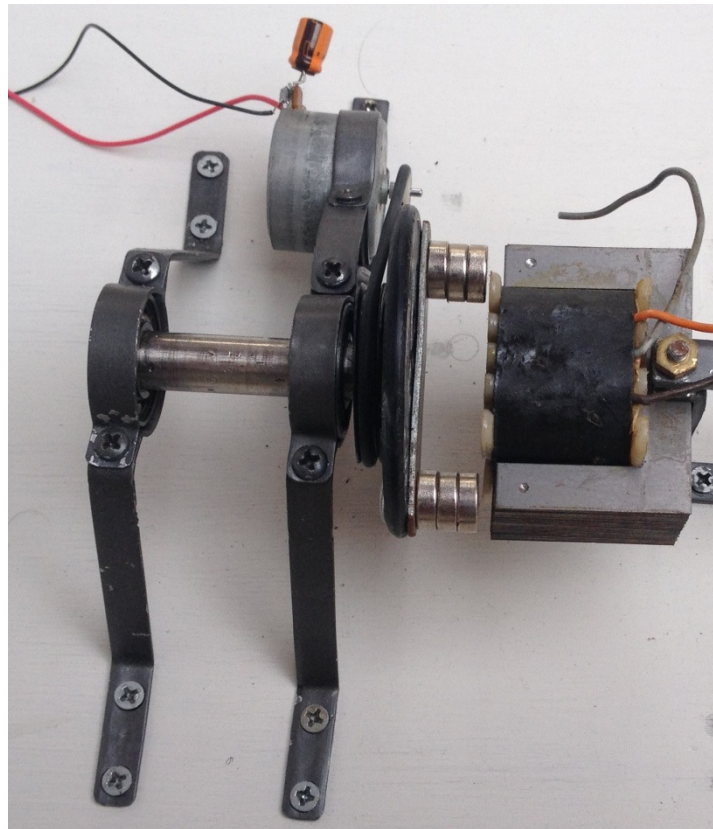


Figura 10 – Foto da Junção da polia (contendo imã) com bobina - noção de distância.

Assim, esse potencial gerado na bobina é transferido para um transformador, que tem a opção de quatro saídas (Figura 11, em destaque), sendo uma delas com enrolamento secundário menor que o enrolamento primário, a fim de diminuir a voltagem de saída. Já as outras três saídas, do lado esquerdo do transformador (Figura 11) tem o enrolamento secundário maior que o primário, fazendo com que a voltagem de

saída seja aumentada. Nesse ponto, pode-se usar qualquer outro transformador, desde que apresente as opções de aumentar ou diminuir a voltagem.

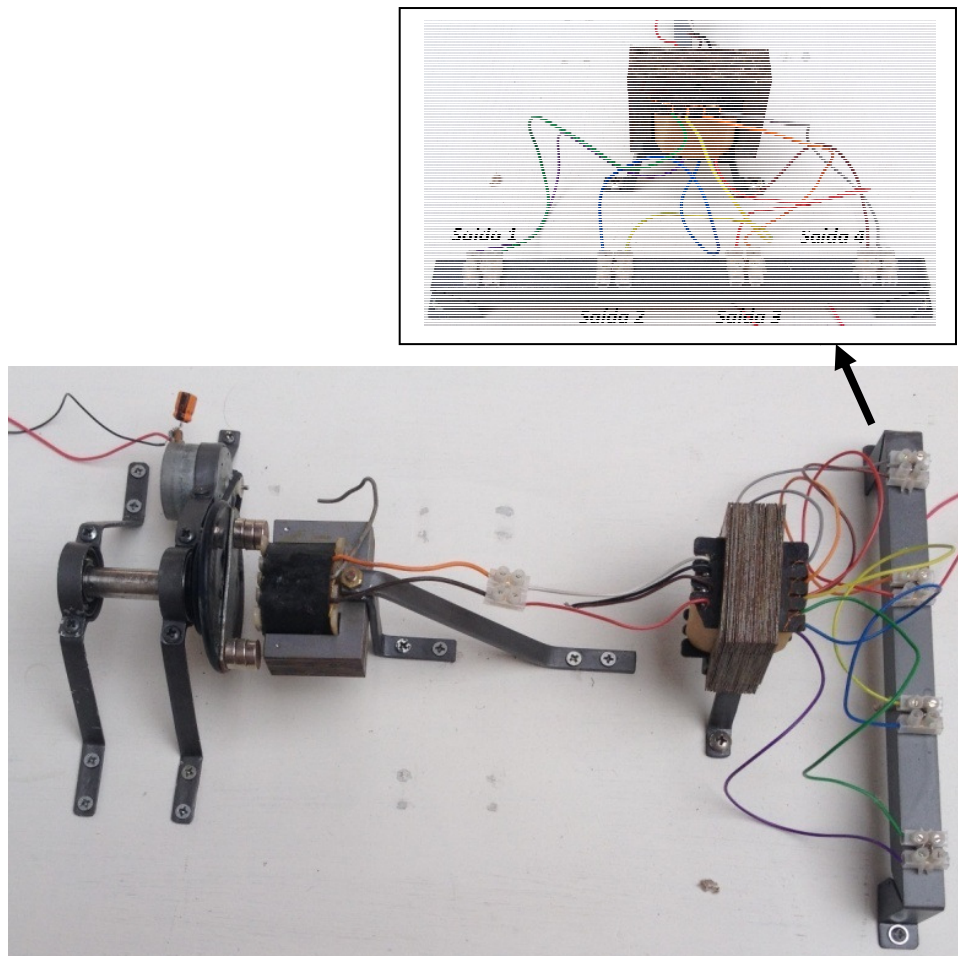


Figura 11 – Foto do Transformador ligado a bobina, em destaque as quatro saídas de voltagem e do lado direito em direção ao outro transformador as três saídas;

Para esse produto, o transformador criado apresenta as seguintes voltagens de saída que são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 – Especificação de voltagem de saída do transformador.

| Saída | Voltagem (V) |
|-------|--------------|
| 1     | 2,55         |
| 2     | 3,60         |
| 3     | 9,85         |
| 4     | 0,24         |



Para uma melhor representação deste aumento ou diminuição de voltagem, é necessária a utilização de um *Protoboard* com vários *leds* (Figura 12), formando separadamente alguns circuitos em série, a fim de que os alunos possam verificar esse aumento ou a diminuição de voltagem. Outro fator observável é o fato de se utilizar uma corrente alternada, pois os *leds* piscam durante seu funcionamento.

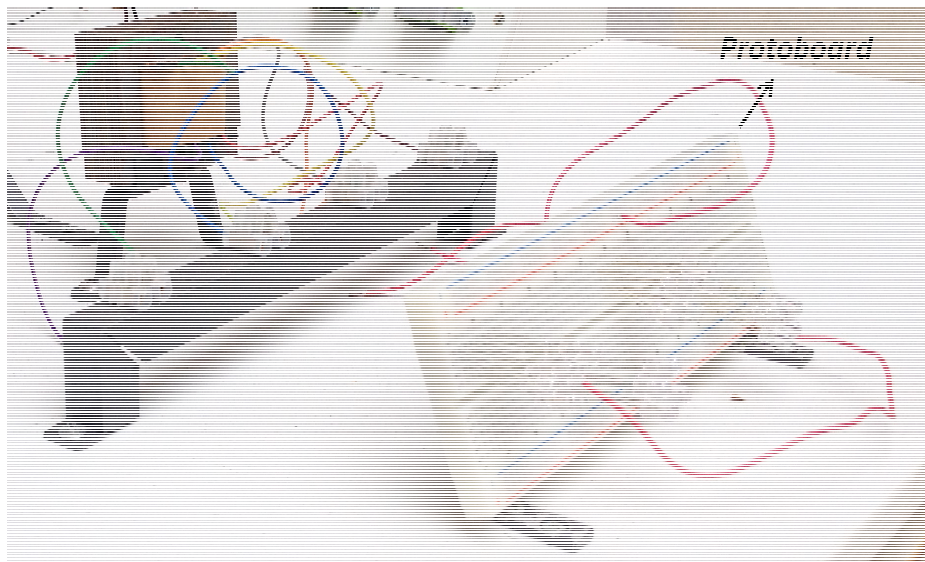


Figura 12 – *Protoboard* com *leds* e ligação das chaves.

Dessa forma, esse produto experimental leva aos alunos praticamente todo o conteúdo visto durante o terceiro ano do ensino médio da disciplina de Física. É fato verificar que é um produto aplicável para demonstração completa de seu funcionamento, não tendo a opção de se aplicar por partes, uma vez que todos os processos estão interligados por algum conceito físico. Lembrando que, para a fabricação deste protótipo, é muito importante que ocorra um envolvimento do professor que irá aplicá-lo na construção de todas as etapas para analisar a melhor forma de abordar os conceitos junto aos alunos e não apenas aplicar de forma geral.

#### **1.4 – Descrição da Aplicação do Produto Educacional:**

As etapas descritas na sequência a seguir (Figura 13) mostram o procedimento que se deve adotar para a aplicação do produto em sala de aula.



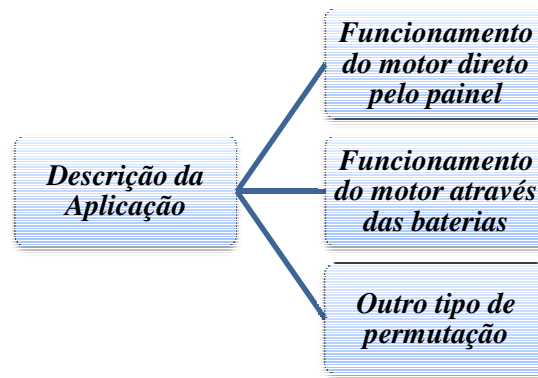
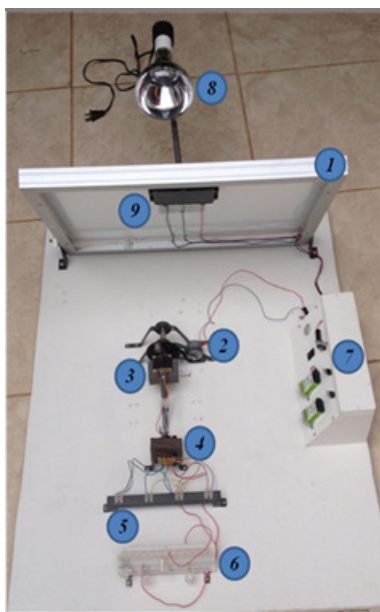
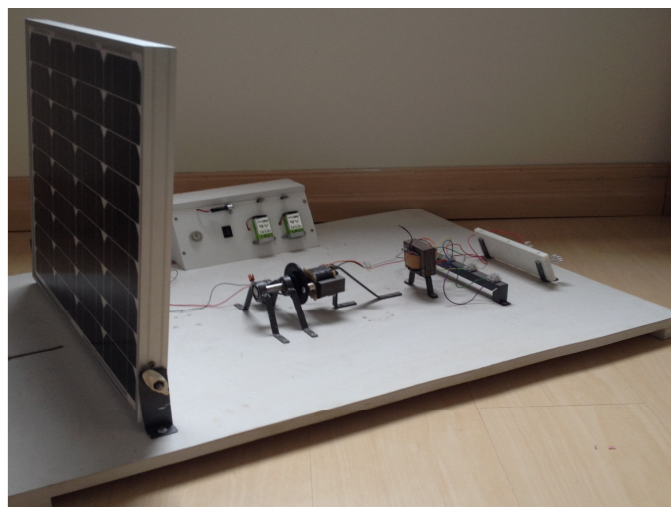


Figura 13 – Organograma da apresentação da Aplicação do Produto Educacional

Apresenta-se novamente, somente por fins didáticos, foto do produto educacional (Figura 14 (a)), em detalhe ao lado uma outra foto com a visão do painel solar (Figura 14 (b)). Na Figura 14 (a), foi mantida a mesma numeração citada na montagem experimental (Figura 2).



(a)



(b)

Figura 14 – Fotos do Produto Educacional: (a) Foto observando a parte posterior do painel e (b) Foto lateral do produto, mostrando a frente do painel solar.

### ***A - Funcionamento do motor direto pelo painel***

1. Exponha a placa de energia solar (1) no Sol, caso não seja possível, acenda a lâmpada (8), deixando claro ao aluno que a lâmpada fará o papel do Sol, ou seja, de emitir ondas eletromagnéticas no espectro visível. Importante deixar isso claro para que o aluno não pense que o experimento parte de uma energia elétrica e tenha o intuito de transformar novamente em elétrica;

2. Para a demonstração do primeiro objetivo, que é a transformação direta de energia solar em energia elétrica, é necessário que ambas as chaves seletoras CS1 e CS2 (Figura 6) fiquem da posição **I**, conforme especificado na Tabela 1. Com essa permutação sendo acionada, primeiramente se explica ao aluno que no circuito (Figura 7) as chaves S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> ficam voltadas para baixo, ocorrendo aí a liberação, por parte do painel, de apenas metade de seu potencial, ou seja, 11,2 V fazendo o motor M (item (2)) funcionar de forma direta, demonstrando a transformação de energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. É nesse ponto que a explicação do Efeito Fotoelétrico se torna importante, pois é através dele que o aluno entenderá o efeito fotovoltaico.

### ***B - Funcionamento do motor através das baterias***

1. Nesse segundo momento, o funcionamento do produto experimental leva automaticamente a explicação do segundo objetivo, que é a explicação dos fenômenos envolvidos em uma indução eletromagnética [6]. Assim as chaves seletoras CS1 e CS2 devem ser acionadas respectivamente nas posições **II** e **0**, conforme exposto na Tabela 1. Com essa permutação acionada, deve-se explicar ao aluno que as chaves S<sub>3</sub> e S<sub>5</sub>, representadas no circuito da Figura 7, são voltadas para cima, acionando assim opção de 24,0 V (máximo voltagem liberada pelo painel) que então irá carregar as baterias [9] de 9,0 V cada (Figura 8 (a)), baterias essas que estão ligadas em série [7], obtendo um total de armazenamento de voltagem de 18,0 V. Nesse momento, faz-se necessário demonstrar as características da associação em série de capacitores, estudada em Eletrostática, assim como, o objetivo que essas baterias representam na montagem, isto é, que elas estão sendo carregadas para que mais tarde o painel possa ser desativado e então a energia elétrica armazenada mesmas possa ser reutilizada no funcionamento do motor de 12 V.

2. Na sequência, as chaves seletoras CS1 e CS2 são coladas nas posições **0** e **II** respectivamente, conforme Tabela 1. Ao selecionar essa permutação, o painel deixa

de alimentar o circuito, e então o motor passa a funcionar apenas com a energia armazenada pelas baterias. Isso é demonstrado aos alunos por meio do circuito da Figura 7, onde a chave  $S_5$  fica desativada e chave  $S_6$  é voltada para baixo e a chave  $S_2$  é voltada para cima.

3. Após essa permutação, o motor que se encontra conectado a uma roldana com ímãs (Figura 10) passa a girar a roldana e, conseqüentemente, com a movimentação dos ímãs, surge então uma variação no fluxo magnético existente entre os polos desses ímãs, que por sua vez faz surgir na bobina que se encontra próxima a essa roldana uma força eletromotriz e, conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida.

4. Essa é a parte mais importante do trabalho, pois leva ao aluno todo o processo de indução e, conseqüentemente, o surgimento da corrente alternada, que é o principal fator utilizado para explicar o funcionamento de um transformador[10] (Figura 11). Por isso é nesse ponto que a conversa entre professor aluno deve ser intensificada, primeiramente para verificar o quanto os alunos compreenderam da aplicação teórica aprendida com a prática aplicada e, em seguida, caso não haja tal reconhecimento por parte dos alunos, desenvolver uma retomada rápida de conteúdos, levando os alunos a relembrem o conceito envolvido e então compreender o restante da prática, pois sem este entendimento as partes posteriores acabam ficando com lacunas de conhecimento.

5. Ao movimentar a roldana e mostrar o processo de indução eletromagnética, é importante demonstrar ao aluno, com um voltímetro, o valor da voltagem que surgiu na bobina, ou seja, a voltagem de entrada do transformador (que para os materiais utilizados nesse produto foi de 3 V). Isso deve ser feito para que o aluno verifique o papel de aumentar ou diminuir a sua voltagem de entrada.

6. Com o processo de indução explicado, é necessário explicar os conceitos envolvidos no funcionamento de um transformador, bem como a sua importância no cotidiano das pessoas. Contudo caso não haja muita interação por parte dos alunos, não se pode deixá-los sem o mínimo conhecimento sobre o funcionamento do transformador.

7. Assim, com toda a teoria desenvolvida, é novamente necessário o uso de um voltímetro para verificar as voltagens obtidas nas quatro saídas do transformador (Figura 11). Essas voltagens que para os materiais usados nesse produto estão representadas na Tabela 2, podem ser ainda demonstradas pelas associações de *leds* que forem conectados a um *protoboard* (Figura 12). Nesse momento, faz-se

necessária a explicação das propriedades das associações de resistores em série[8] e também paralelo.

8. Por fim, pode-se manusear os *leds* (de variadas cores) em associações mistas, caso queira.

### ***C - Outro tipo de permutação***

Apenas para demonstração de circuitos, pode-se arranjar as chaves seletoras CS1 e CS2, ambas na posição **II**. Assim o circuito trabalhará tanto carregando as baterias, quanto simultaneamente liberando essas cargas para o funcionamento do motor, ou seja, as chaves S<sub>5</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>2</sub> estarão voltadas para cima no circuito da Figura 7 e a chaves S<sub>6</sub> para baixo.

## **2 - Método de Avaliação:**

A metodologia de avaliação utilizada para aplicação desse produto é feita por meio de um questionário Q1, envolvendo temas usados no desenvolvimento do produto e que foram estudados durante o ano letivo, assim como mapas conceituais que são fabricados pelos alunos antes e após a demonstração do produto.

### ***Questionário Q1: Questões aplicadas durante a avaliação prévia.***

1) *Qual tipo de usina geradora de eletricidade você tem conhecimento? Para cada usina explique o tipo de energia que é usado para gerar energia elétrica.*

2) *Você sabe a diferença entre energia limpa e energia suja? Se sim, explique e cite os tipos de energia limpa e os tipos de energia suja que você conhece.*

3) *Marque a alternativa que representa o objetivo de um capacitor.*

a) *Armazenar energia mecânica.*

b) *Dissipar energia elétrica em forma de calor, o conhecido efeito Joule.*

c) *Armazenar energia elétrica.*

d) *Fazer o mesmo papel de um resistor, só que com uma capacidade maior.*

e) *Alimentar um circuito elétrico, ou seja, é uma fonte de força eletromotriz  $\epsilon$ .*

4) *Qual é o objetivo de um transformador:*

- a) *Transforma energia mecânica em elétrica.*
- b) *Transforma energia elétrica em qualquer outro tipo de energia.*
- c) *Serve para elevar ou diminuir a tensão em uma rede de transmissão elétrica.*
- d) *Controlar a corrente elétrica, assim como um resistor.*
- e) *Armazenar energia elétrica durante o dia para que ela seja distribuída ao anoitecer.*

5) *Em que se baseia o funcionamento de um transformador:*

- a) *É baseado nas leis de Kirchhoff.*
- b) *Seu funcionamento é baseado na lei de Ohm.*
- c) *O funcionamento ocorre devido a uma indução eletromagnética.*
- d) *O funcionamento é baseado na experiência de Oersted.*
- e) *Seu funcionamento se dá apenas pelo campo magnético criado pelo núcleo de ferro do transformador.*

6) *O funcionamento de um transformador se dá pelo efeito de uma corrente elétrica contínua ou alternada? Justifique.*

7) *A indução eletromagnética é baseada em qual lei:*

- a) *Lei de Ohm.*
- b) *Lei de Kirchhoff.*
- c) *Lei de Newton.*
- d) *Lei de Oersted.*
- e) *Lei de Faraday.*

8) *Você conhece ou já ouviu falar no efeito fotoelétrico? Se sim, diga qual o seu conhecimento sobre tal assunto, ou seja, como e onde ele ocorre?*

9) *A energia vinda do sol é classificada como:*

- a) *Onda de calor, vinda pelo processo de convecção.*
- b) *Onda eletromagnética, vinda pelo processo de irradiação.*
- c) *Onda mecânica, vinda pelo processo de irradiação.*
- d) *Onda nuclear, vinda pelo processo de condução.*
- e) *Apenas como luz, que é uma onda mecânica e pode percorrer o vácuo.*

10) Com relação as equações de eletricidade e magnetismo, relacione as colunas abaixo:

- 1)  $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  ( ) Associação de resistores em série
- 2)  $N_1.U_2 = N_2.U_1$  ( ) Lei de indução de Faraday
- 3)  $B = N \cdot \frac{0.i}{2.R}$  ( ) Campo magnético gerado por bobina
- 4)  $\Phi = B.A.\cos \theta$  ( ) Relação entre bobinas do transformador
- 5)  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$  ( ) Associação de resistores em paralelo
- 6)  $\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  ( ) Fluxo do campo magnético

Nesse ponto, os alunos são apresentados a um exemplo de mapa conceitual (Figura 14), para que possam fazer um mapa inicial de todo conhecimento adquirido por eles em relação aos temas Eletricidade e Magnetismo (Figura 15).

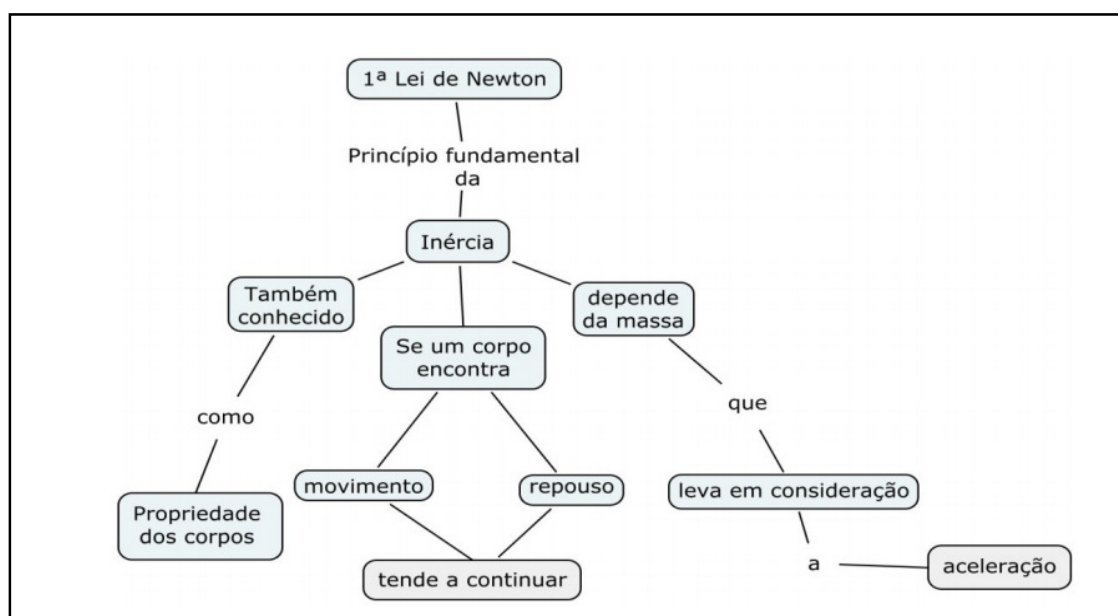


Figura 14 – Exemplo de uma representação de mapa conceitual [11].

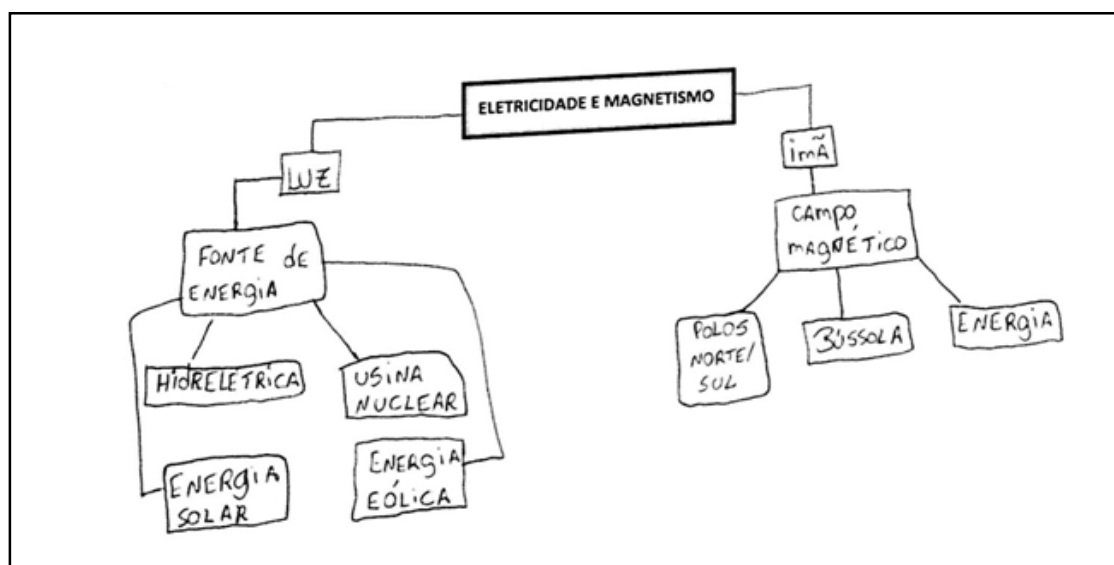


Figura 15 – Atividade para desenvolvimento do pré-mapa conceitual, já com um exemplo de mapa desenvolvido por um dos alunos presentes na apresentação deste produto.

Após a pré avaliação, o produto é apresentado e demonstrado perante os alunos para que, no fim, através de um novo mapa conceitual (com o mesmo tema da Figura 15), o aluno possa demonstrar o conhecimento do qual se aproximou. Esse resultado deve ser avaliado através da Teoria de Aprendizagem de Ausubel [12] e seus subsunçores.

### 3 - Perspectivas:

Esse produto, conforme foi explicado neste manual, tem como principal objetivo a avaliação dos alunos por meio de um desenvolvimento experimental combinado com a teoria de Aprendizagem de Ausubel. Fica liberado ao professor que vai aplicar tal produto, porém, a opção de trabalhar com o mesmo objetivo proposto aqui ou trabalhar apenas a parte Física, sem levar em consideração a avaliação de Ausubel. É claro que mesmo para este fim, o produto deve ter como objetivo levar os alunos a compreensão da conexão entre a Física teórica e prática. Assim, é de bom proveito, propor aos alunos o desenvolvimento deste protótipo para a feira de Ciências, pois quando se monta o próprio experimento o aprendizado se torna muito mais rico. E que depois de pronto e apresentado, fique disponível na escola para os professores utilizarem com a turma, ou outras turmas.

#### **4 - Outras formas de aplicar o produto:**

Vimos que há muitas formas de se explorar este produto educacional, como por exemplo explicar as estações do ano, variando a inclinação da placa solar, explorar a intensidade do campo magnético afastando a bobina (núcleo de ferro) da roldana com imã; E um fator interessante é que é possível explorar a mecânica também, pois se diminuir a quantidade de imãs, a roldana gira mais rápido (aumenta a sua velocidade, pois diminui a massa e consequentemente a Inércia) podendo explorar aqui o conceito de torque e este fato também pode ser influenciado quanto a distribuição de massa (dos imãs) sobre a roldana. Ressaltando que embora a velocidade aumente (no caso de diminuir a quantidade de imãs) verifica-se que o campo gerado diminui e a intensidade da luz do *led* fica bem fraca.

Em relação a teoria de aprendizagem, pode se mudar a forma de aplicação, caso aja tempo disponível. Ensinar os alunos a trabalhar com mapas conceituais de outro assunto, dar tempo deles amadurecerem este procedimento, treinar e depois de todas as dúvidas sanadas, em um outro momento aplicar o mapa no assunto do Produto Educacional. Aplicar este produto em outras turmas de terceiro ano de ensino médio.



## 5 - Referências:

1. ASTRATH, E. A. C. Princípios do funcionamento de uma Usina Fotovoltaica: uma aplicação ao ensino médio. 125 f. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) - Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Paraná: Maringá. 2015.
2. BRASIL. Ministério da educação. Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino médio - Parte III - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2000. p.58.
3. BIG - Banco de Informações de Geração. Aneel. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 5 abril 2015.
4. TEIXEIRA, T. B. Influência da temperatura em aglomerados auto-reconfiguráveis de células solares fotovoltaicas. 2008. 72 p. Monografia apresentada na Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de ciências exatas para obtenção do título de especialista em Microeletrônica.
5. VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. Meio século de história fotovoltaica. Gazeta da Física, 2006.
6. HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos da Física: Eletromagnetismo. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC. 2012. v.3. p. 146, 249 e 251.
7. Capítulo 5: Dielétrico e Capacitores. Disponível em: <<http://www13.fisica.ufmg.br/~feleto/NEMES/capitulo-5.pdf>>.
8. TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e Magnetismo e Óptica. 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC. 2009. v.2. p. 158 e 159.
9. Laboratório de Eletricidade e Magnetismo: Capacitância e Capacitores. Instituto de Física de São Paulo. Disponível em:

---

<<http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2010-2%20FFI0106%20LabFisicaIII/07-Capacitores.pdf>>. Acesso em: 10 Junho 2015.

10 .Instrumentação Física. Cursos IF-UFRGS.

Disponível em: <[http://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/C%C3%A1lculo\\_do\\_Campo\\_Magn%C3%A9tico](http://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/C%C3%A1lculo_do_Campo_Magn%C3%A9tico)>. Acesso em: 8 abril 2015.

11. MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativas em mapas conceituais. Textos de apoio ao professor de física, PPGEnFis/IFUFRGS, Rio de Janeiro, 2013, vol.24, n.6.

12.TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. Ciências e Cognição, Paraíba, v.12, nov. 2007.

Disponível em: < <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 5 abril 2015.