

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



João Batista de Miranda Godinho

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DO  
ELETROMAGNETISMO**

**BELÉM - PA  
2019**

**João Batista de Miranda Godinho**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DO  
ELETROMAGNETISMO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará - UFPA no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):

Prof. Dr. João Furtado de Souza

**BELÉM - PA  
2019**



**João Batista de Miranda Godinho**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DO  
ELETROMAGNETISMO**

Orientador: Prof. Dr. João Furtado de Souza

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

## FICHA CATALOGRÁFICA

G586s GODINHO, João Batista de Miranda

Sequência didática para o ensino de  
conceitos do Eletromagnetismo / João Batista de  
Miranda Godinho – Belém-Pa: UFPA, 2019.

132 p. ilustrações, figuras, gráficos e tabelas são do  
arquivo pessoal do autor.

Orientador: Prof. Dr. João Furtado de Souza

Dissertação (Mestrado) – UFPA / Instituto de Física /  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

1. Ensino de Física. 2. Eletromagnetismo. I. Godinho,  
João Batista de Miranda. II. Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino  
de Física. III. Eletromagnetismo: Conceitos e Experimentos.

*Este trabalho é dedicado á minha esposa Jane Pimentel de Azevedo Godinho,  
a minha mãe Georgete de Miranda Godinho e a meu pai João Bosco  
Quintanilha Godinho.*

## **Agradecimentos**

*À Deus pela oportunidade de experimentar a vida.*

*À minha esposa Jane Pimentel de Azevedo Godinho pelo amor, companheirismo, apoio e por ser a grande incentivadora para a conclusão desse projeto.*

*À meu orientador pela oportunidade de concluir o curso de mestrado.*

*Aos coordenadores do mestrado, anteriormente Prof. Dr. Rubens e atualmente, Prof, Dra. Simone pelo desvelo ao curso do Mestrado.*

*À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.*

*À todos os professores pela dedicação em proporcionar um curso de qualidade para que pudéssemos aprimorar-nos como profissionais do ensino de física.*

*Aos meus colegas pelo apoio na realização desse trabalho.*

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo potencializar o aprendizado acerca do eletromagnetismo através da aquisição de saberes compostos de experiências e conceitos básicos que servirão de suporte para o desenvolvimento dos conhecimentos mais profundos e complexos deste assunto através de uma sequência didática. A proposta é permitir ao educando a oportunidade de vivenciar alguns fenômenos físicos envolvidos no estudo do eletromagnetismo de modo que através da observação destes o aluno alcance o entendimento desses fenômenos físicos e das leis físicas que os descrevem. E dessa forma possibilitar que os conhecimentos adquiridos passem a fazer parte da estrutura cognitiva do aprendiz como possíveis subsunçores para futuros conhecimentos.

A sequência didática é composta de experimentos equipados com aparelhos construídos com materiais de fácil obtenção e de baixo custo, descritos no produto educacional, que envolve a demonstração de fenômenos físicos estudados nesta área da física. Os experimentos são produções fundamentadas naquelas que os cientistas desenvolveram para observar, constatar, e laborar as leis físicas do eletromagnetismo. Eles estão dispostos ao longo da sequência didática de maneira cronológica em relação aos momentos em que os experimentos originais foram inventados.

**PALAVRAS-CHAVE: ENSINO DE FÍSICA – ELETROMAGNETISMO – SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)**

## **ABSTRACT**

This work aims to enhance the learning about electromagnetism through the acquisition of knowledge composed of basic concepts and experiences that will support the development of the deepest and most complex knowledge of this subject through a didactic sequence. The proposal is to allow the student the opportunity to experience some physical phenomena involved in the study of electromagnetism so that through the observation of these the student reaches the understanding of these physical phenomena and the physical laws that describe them. In this way, the acquired knowledge can become part of the cognitive structure of the learner as possible subsumers for future knowledge.

The didactic sequence is composed of experiments equipped with apparatus constructed with materials of easy obtaining and of low cost, described in the educational product, that involves the demonstration of physical phenomena studied in this area of the physics. The experiments are productions based on those that scientists have developed to observe, verify, and labor the physical laws of electromagnetism. They are arranged along the didactic sequence chronologically in relation to the moments in which the original experiments were invented.

**KEYWORDS: PHYSICS TEACHING - ELECTROMAGNETISM - DIDACTIC SEQUENCE**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- campo magnético gerado por uma corrente .....	25
Figura 2- Linhas de força do campo magnético .....	25
Figura 3-Regra da mão direita -1 .....	26
Figura 4-Boninas usadas por Faraday .....	26
Figura 5-Experiência de Oersted .....	32
Figura 6-Campo em torno do fio .....	32
Figura 7-Balança de Ampere .....	33
Figura 8-correntes de sentido iguais .....	34
Figura 9-correntes de sentido diferentes.....	34
Figura 10-interação atrativa.....	35
Figura 11-interação repulsiva .....	35
Figura 12-Bobina-1 .....	36
Figura 13-Bobina-2 .....	37
Figura 14-Balança tipo gangorra .....	37
Figura 15- Esquema da balança gangorra.....	38
Figura 16- Balança gangorra etapa 1 .....	38
Figura 17- Balança gangorra etapa 2 .....	38
Figura 18- Regra da mão direita 2 .....	39
Figura 19- Experimento de Faraday .....	39
Figura 20- Indução entre bobinas .....	40
Figura 21- A experiência de Hertz .....	42
Figura 22-Acendedor -Piezoelétrico .....	43
Figura 23-Acendedor –usina.....	43
Figura 24-Pacas-obstáculos .....	43
Figura 25- esquema da experiência de Hertz.....	44
Figura 26-Motor elétrico .....	45
Figura 27-Gerador -1 .....	46
Figura 28-Carretel com ímãs .....	46
Figura 29- Gerador 2 .....	46
Figura 30-Apresentação 1.....	50
Figura 31-Apresentação 2.....	51
Figura 32-Questão - Oersted.....	55
Figura 33-Espira Questão-4.....	56
Figura 34-Bobina - questão 5 .....	57
Figura 35-polos magnético - questão 6.....	58
Figura 36-Correntes de sentidos opostos.....	60
Figura 37-Polos de um ímã.....	77
Figura 38-Espira em campo magnético .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Rendimento após 1ª etapa da SD .....	63
Gráfico 2-Resultados das cinco primeiras questões da segunda etapa.....	71
Gráfico 3-Resultados das quatro últimas questões da segunda etapa.....	76
Gráfico 4-Resultados das sete primeiras questões do último questionário .....	83
Gráfico 5-Resultado da oitava questão .....	84
Gráfico 6-Resultado da nona questão .....	85
Gráfico 7-Resultado da décima questão .....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Quadro cronograma de aplicação do produto.....	30
Tabela 2-Lista de Objetivos.....	53
Tabela 3- resposta questão 1 - antes .....	53
Tabela 4-resposta questão 1- depois .....	53
Tabela 5-- resposta questão 2 – antes .....	54
Tabela 6-resposta questão 2- depois .....	54
Tabela 7-Resposta questão 3 - antes.....	55
Tabela 8-Resposta questão 3 - depois.....	55
Tabela 9-Resposta questão 4 - antes.....	56
Tabela 10-Resposta questão 4 - depois .....	56
Tabela 11-Resposta questão 5 - antes.....	57
Tabela 12-Resposta questão 5 - depois .....	58
Tabela 13-Resposta questão 6 - antes.....	58
Tabela 14-Resposta questão 6 - depois .....	59
Tabela 15-Questão 7-número de acertos por item– antes.....	60
Tabela 16-Questão 7-distribuições de número de acertos por aluno-antes .....	60
Tabela 17-Questão 7-número de acertos por item– depois .....	61
Tabela 18-Questão 7-distribuições de número de acertos por aluno-depois .....	61
Tabela 19-Resposta questão 8 - antes.....	62
Tabela 20- Resposta questão 8 - depois .....	63
Tabela 21-questão 1- questionário final .....	77
Tabela 22-Questão 2- questionário final .....	78
Tabela 23-questão 3- questionário final .....	79
Tabela 24-Questão 4- questionário final .....	80
Tabela 25-Questão 5- questionário final .....	81
Tabela 26-Questão 6- questionário final .....	82
Tabela 27-Questão 7- questionário final .....	83
Tabela 28-Questão 8- questionário final .....	84
Tabela 29-Questão 9- questionário final .....	84
Tabela 30-Questão 10- questionário final .....	85

## SUMÁRIO

1.		
	Motivação.....	1
4		
2.	Apresentação.....	15
3.	INTRODUÇÃO.....	17
	3.1 OBJETIVO GERAL.....	19
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
	3.3 publico alvo .....	20
	3.4 METAS.....	20
4.	Referencial Teórico .....	21
	4.1. Uma breve revisão sobre a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.....	21
5.	A física envolvida na Sequência Didática .....	24
	O eletromagnetismo.....	24
6.	O produto educacional.....	28
	1ª) A descoberta de Oersted.....	31
	2º) A BALANÇA DE AMPÉRE.....	33
	3ª) O campo magnetico gerado por uma bobina.....	35
	4ª) Balança tipo Gangorra.....	37
	5ª) o Experimento de Faraday .....	39
	6ª) O Experimento de indução elétrico com bobinas .....	40
	7ª) A experiência de Hertz.....	42
	8ª) Motor elétrico.....	45
	9ª) Gerador elétrico.....	46
7.	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	48
	7.1 METODOLOGIA.....	48
	7.3 Descrição das atividades e procedimentos .....	49
	7.4 Análise dos resultados .....	52
	7.4.1 análise dos resultados do questionário aplicado após a primeira etapa da SD. 52	
	7.4.2 análise dos resultados do questionário aplicado logo após a segunda etapa da SD .....	64
8.	Considerações finais .....	86
	Referências Bibliográficas.....	885
	Apêndices .....	887

## 1. MOTIVAÇÃO

Em grande parte o desenvolvimento da Física tem ocorrido de forma experimental, acredito que o desenvolvimento de atividades práticas em laboratórios multidisciplinares é uma maneira natural e adequada para o desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem.

Os laboratórios multidisciplinares das escolas públicas são ferramentas indispensáveis no processo de ensino e aprendizagem de boa qualidade. Potencializar a utilização desses espaços pedagógicos é o mínimo desejável no trabalho de construção da excelência da qualidade do ensino.

Trabalhei como professor lotado em laboratório de ensino multidisciplinar em escola pública e pude constatar a dificuldade de desenvolver atividades junto ao alunado seja por falta de material adequado ou pela resistência por parte dos professores em utilizar o esse espaço pedagógico, talvez pela falta de habilidade em lidar com experimentação.

Gosto de utilizar a experimentação como artifício didático. O mestrado proporciona o desenvolvimento de habilidades que permitem elaborar sequências didáticas utilizando os recursos que a profissão de professor pode ter ao seu dispor no uso de suas atividades. Optei por produzir uma sequência didática utilizando experimentos de laboratório. Com tudo a escassez de equipamentos me permitiu desenvolver habilidades que sob orientação de meus professores pude construir o equipamento utilizado no trabalho.

Então pude produzir um trabalho que consiste de uma sequência didática (SD) que, utilizando equipamentos de laboratório construídos com material de baixo custo, visam introduzir o assunto eletromagnetismo junto ao alunado que compõe as turmas de terceiro ano do ensino médio de maneira a possibilitar um melhor aprendizado dos conceitos que são abordados no estudo dessa ciência.

O material produzido está em conformidade com o assunto que será ministrado no terceiro ano do ensino médio, o eletromagnetismo.

## **2. APRESENTAÇÃO**

Apesar de minha formação acadêmica em licenciatura em física na UFPA datar a partir de 1996 eu já cursava Bacharelado em Física nesta mesma instituição, curso que não concluí, o que possibilitou, através de uma autorização provisória concedida pelo Governo do Estado do Pará via Secretaria de Estado de Educação do Pará (Departamento de Inspeção e Documentação Escolar), lecionar na escola Grupo Educacional Ideal desde de 1992 até o fim de 2001. Como professor de Física do ensino médio, nas turmas regulares cujo trabalho desenvolvido visava preparar o discente para os exames vestibulares locais, turmas especiais que além das instituições locais destinavam-se a preparar alunos que almejavam vagas em instituições de ensino superior fora do estado do Pará e turmas militares destinadas ao preparo de candidatos que pleiteavam vagas nas instituições militares.

Trabalho fantástico e prazeroso não só devido ao nível elevado do ensino que se impunha ao discente como também a resposta positiva por parte desse grupo de estudantes. O objetivo claro que cada um, discentes e docentes, corroborava para o resultado positivo mediante a meta de aprovação daquela instituição. Ainda membro do corpo docente desta escola, participei de cursos, seminários e oficinas que visavam a melhoria do desempenho profissional tais como II Encontro de Professores do Prise (Processo de Ingresso Seriado), promovido pela UEPA em abril de 1999 e a Oficina Pedagógica de Física promovida pela Pró-Reitoria de Ensino de Graduação e Administração Acadêmica – PROEG/ Departamento de apoio ao vestibular - DAVES, da Universidade Federal do Pará em 2001.

Todo esse labor nessa instituição despertou para a inquietante necessidade de melhor capacitar-me na profissão de Professor através do curso de Licenciatura em Física. Aprovado no ano de 1996, iniciei o curso que enfatizou a certeza da minha real vocação e durante o curso desenvolvi o senso da importância de ensinar a ciência não apenas como meio de conseguir passar em um concurso, mas como saber necessário para a compreensão do mundo e na tomada de decisões que regem nossas vidas enquanto cidadãos.

No Colégio Moderno, trabalhei nos anos de 2002 até meados de 2003. Lá veio a oportunidade de trabalhar com uma empresa de informática que fornecia suporte aos professores interessados em utilizar o computador como

ferramenta didática, pois um software educacional era disponibilizado. Animado com a novidade decidi participar de alguns cursos de computação gráfica, Flash, Corew draw e Fotoshop. A ideia era elaborar e produzir um material didático informatizado.

A carreira profissional no Estado iniciou com a aprovação em concurso público ainda em 2003, ano que lecionei na Escola Estadual de Ensino Médio e Fundamental Santa Maria de Belém do Grão Pará onde trabalho até hoje. Na rede pública “mergulhei” em uma realidade bem diferente das instituições pelas quais passei. A escola pública tem poucos recursos didáticos e os que lá estão disponíveis eram pouco utilizados. O aluno da rede pública, que em quase sua totalidade é oriundo de famílias de baixa renda, não tem a objetividade, nem entusiasmo ou a motivação com os quais estava acostumado a trabalhar. De-me conta que ao trabalho, de certa forma, havia somado mais uma responsabilidade, a de tornar interessante a disciplina Física aos olhos dos alunos!

Com esse propósito, em 2004, tomei a iniciativa de, junto à direção da escola, desencaixotar os equipamentos do laboratório multidisciplinar em conjunto com os Professores de Química e Biologia da escola, montamos e organizamos os equipamentos do laboratório. Particpei de cursos de capacitação para utilização do laboratório multidisciplinar, infelizmente por motivos técnicos não foi possível aos Professores a lotação nesses espaços pedagógicos que permaneceram subutilizados ainda por alguns anos.

No final 2007, apresentei à Secretaria de Educação do Estado do Pará – SEDUC/PA um projeto para o laboratório multidisciplinar e fui lotado no espaço em 2008 onde permaneci até 2014. A experiência de poder ministrar as aulas de forma a introduzir os assuntos da Física desenvolvidos no ensino médio com uma abordagem pratica é fascinante. Em conjunto com os discentes e colegas da mesma e de outras disciplinas realizamos Feiras de Ciências. Pude melhorar meu desempenho com o Projeto Experimentação realizado em parceria entre SEDUC/PA e a UFPA em setembro de 2009.

Em 2011 iniciei meus estudos participando do curso de Especialização em Fundamentos da Física Contemporânea: Aplicações e Implicações no Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará. Durante o curso pude aprender assuntos com os quais não havia tido contato

durante a graduação, tais como física computacional e mecânica quântica, agora posso responder a questões, levantadas pelos alunos, de cunho científico com um pouco mais de profundidade, orientá-los melhor acerca da profissão de físico, questões sobre pesquisa, onde estudar e onde se encaixa o profissional dessa área. Através do meu trabalho de conclusão de curso, a monografia cujo tema é “Análise do Software: Rotina computacional para Cálculos e Aprendizagem em Termodinâmica segundo a Teoria da Carga Cognitiva”.

A Teoria da Carga Cognitiva de John Sweller defende que a elaboração de materiais didáticos, principalmente os que utilizam multimídia, deve seguir alguns princípios para, assim, diminuir a sobrecarga cognitiva do aluno e potencializar seu aprendizado. O curso foi decisivo para o estímulo de continuar nesta trajetória de preparo e busca de superação como profissional, e dessa forma poder oferecer cursos de melhor qualidade.

E é com o propósito de desenvolver práticas mais eficientes no uso do laboratório multidisciplinar a fim de potencializar o processo de ensino e aprendizagem que meu trabalho de conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física foi desenvolvido.

### **3. INTRODUÇÃO**

O modelo tradicional de ensino é ainda amplamente utilizado por muitos educadores nas nossas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Segundo CARRAHER (1986, p. 110), tal modelo de educação trata o conhecimento como um conjunto de informações que são simplesmente passadas dos professores para os alunos, o que nem sempre resulta em aprendizado efetivo. Os alunos fazem papel de ouvintes e, na maioria das vezes, os conhecimentos passados pelos Professores não são realmente absorvidos por eles, são apenas memorizados por um curto período de tempo e, geralmente, esquecidos em poucas semanas ou poucos meses, comprovando a não ocorrência de um verdadeiro aprendizado.

A experimentação inter-relaciona o aprendiz e os objetos de seu conhecimento, a teoria e a prática, ou seja, une a interpretação do sujeito aos fenômenos e processos naturais observados, pautados não apenas pelo

conhecimento científico já estabelecido, mas pelos saberes e hipóteses levantadas pelos estudantes, diante de situações desafiadoras. O ensino experimental tem, portanto, um importante papel como recurso auxiliar, capaz de assegurar uma transmissão eficaz de conhecimento científico (LIMA *et al.*, 1999, p.123).

Acredita-se que existe uma fundamentação psicológica e pedagógica que sustenta a necessidade de proporcionar à criança e ao adolescente a oportunidade de, por um lado, exercitar habilidades como cooperação, concentração, organização, manipulação de equipamentos e, por outro, vivenciar o método científico, entendendo como tal a observação de fenômenos, o registro sistematizado de dados, a formulação e o teste de hipóteses e a inferência de conclusões (CAPELETTO, 1992, p.117).

O trabalho em laboratório possibilita uma interação do aluno com um conhecimento que muitas vezes passa despercebido no cotidiano do aluno. Com isso o aluno começa a perceber que a ciência faz parte de sua vida de uma forma geral e não apenas dentro de um laboratório. Além disso, durante as aulas práticas, os alunos têm a oportunidade de trabalhar em grupos, manipulando, construindo, descobrindo coletivamente situações e fenômenos através das observações e reflexões, que ajudarão a elaborar hipóteses e futuras conclusões.

O presente projeto foi elaborado de maneira a estar em conformidade com a teoria da aprendizagem significativa, pois os conhecimentos adquiridos em cada etapa servirão de alicerce para desenvolver os novos conceitos a serem aprendidos nas etapas subsequentes. Contudo devo ressaltar que o processo inicia com a apresentação de uma situação que provoque a curiosidade do alunado e posteriormente apresenta-se os assuntos a serem desenvolvidos no estudo do eletromagnetismo com o auxílio de equipamentos que, com orientação, permitam ao aluno visualizar e observar e compreender os fenômenos envolvidos na questão.

*[...]ao ensinar ciência, no âmbito escolar, deve-se também levar em consideração que toda observação não é feita num*

*vazio conceitual, mas a partir de um corpo teórico que orienta a observação (GUIMARÃES, 2009, p. 198).*

A sequência didática objetiva proporcionar ao aluno à percepção e o entendimento dos fenômenos eletromagnéticos e sua relação com fatos do cotidiano desenvolvendo estruturas mentais, as quais Ausubel chamou de subsunçores, que possibilitem aos alunos à obtenção e construção de novos conhecimentos.

Assim, os assuntos trabalhados no laboratório devem ter como objetivo não só o cumprimento de conteúdos pré-estabelecidos, mas também transpor as paredes da sala de aula a fim de facilitar a tomada de decisões nas diferentes situações do cotidiano.

Este trabalho coaduna com as exigências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que tem como proposta mostrar a Ciência como elaboração humana para uma compreensão do mundo, onde seus conceitos e procedimentos contribuem para o questionamento do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza, para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos e criando um novo meio social e tecnológico. Para isso, entretanto, é necessário favorecer o desenvolvimento de postura reflexiva e investigativa, isto é, de não aceitação, *a priori*, de ideias e informações, assim como a percepção dos limites das explicações, inclusive dos modelos científicos, colaborando para a construção da autonomia de pensamento e de ação. Assim, o PCN prevê que o Ensino Médio deve envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo.

### **3.1 Objetivo Geral**

Potencializar o processo de aprendizado do aluno através do recurso de uma sequência didática que viabilize a percepção, o entendimento de fenômenos eletromagnéticos e a apropriação dos conceitos que os descrevem

via experimentação e observação dos mesmos por meio de equipamentos produzidos com materiais de baixo custo.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Construir equipamentos utilizando material de baixo custo e fácil reprodução com os quais seja possível permitir a observação de fenômenos físicos abordados no estudo do eletromagnetismo no ensino médio.
- Desenvolver uma sequência didática que, utilizando os equipamentos produzidos, permita aos professores trabalhar junto ao alunado, potencializando aprendizado dos conceitos envolvidos no estudo do eletromagnetismo.
- Proporcionar uma melhor integração entre os alunos diante da prática desenvolvida.

### **3.3 Público alvo**

Alunos do ensino médio junto aos quais esteja sendo desenvolvido o assunto de eletromagnetismo em sala de aula.

### **3.4 Metas**

Em geral, espera-se:

- Tornar as aulas de Física interessantes e atraentes de forma a melhorar a participação e o desempenho do alunado.
- Desenvolver habilidades manuais e investigativas dos discentes;
- Estimular e desenvolver a capacidade de observação e o raciocínio lógico;
- Desenvolver atividades, envolvendo as etapas básicas de observação, experimentação e generalização.
- Proporcionar aos alunos o: vivenciar, observar, interpretar, identificar grandezas e elementos, manipular dados, a fim de constatar os modelos, fatos científicos que descrevem e classificam os fenômenos e assuntos estudados, promovendo uma melhor compreensão.

- A apropriação de saberes que servirão de subsunçores para o desenvolvimento dos estudos de fenômenos eletromagnéticos, saberes tais como: o entendimento das forças de interação entre correntes elétricas; o estudante perceber e entender de que maneira um campo magnético interage como um circuito produzindo força eletromotriz; entendimento da regra da mão direita de Ampere; entendimento da regra da mão direita (regra de Fleming); identificar algumas características de fenômenos ondulatórios pertinentes ao entendimento das ondas eletromagnéticas produzidas e captadas com a experiência de Hertz bem como o processo de emissão de tais ondas a partir de um circuito gerador de altas voltagens.

#### **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

Entendo que a teoria construtivista é a que melhor se adequa ao desenvolvimento do meu trabalho, pois as atividades elaboradas que compõem essa proposta de sequência didática seguem o preceito de que novos conhecimentos são aprendidos relacionando-se com as estruturas de saberes anteriormente adquiridos. A construção e o armazenamento dessas informações, conforme a teoria de Ausubel se dá de maneira hierárquica, onde novos conceitos são “ancorados” a outros anteriormente adquiridos. Contudo a teoria de Jerome Bruner acerca dos métodos de aprendizagem por descoberta em espiral, consiste em o aluno rever sistematicamente o mesmo assunto com gradativo aprofundamento, permitindo o entendimento e a construção de conceitos cada vez mais complexos reitera a ideia de que a compreensão se dá através da aquisição de novos saberes que se relacionam com os conhecimentos que já se dispõem.

##### ***4.1. Uma breve revisão sobre a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.***

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). (AUSUBEL,

Segundo David Ausubel (1980, p.272), estrutura cognitiva é o conjunto hierarquicamente organizado de todos os saberes, ideias e conceitos de um indivíduo. O aprendizado só ocorrerá se o aluno estiver disposto a aprender e se os novos saberes se relacionarem de maneira lógica e relevante com os conhecimentos que já fazem parte da estrutura cognitiva do aluno ou seja de maneira não arbitrária.

O entendimento e o aprendizado ocorrem a partir da relação que uma informação nova faz com conceitos ou ideias preexistentes na estrutura cognitiva, podendo esta trazer maior estabilidade para a estrutura ou um significado que pode reconfigurar os conceitos existentes, dessa maneira o novo conhecimento pode resultar em novos conceitos que, uma vez apropriados pelo aluno podem culminar com uma ampliação da estrutura, permitindo ao aprendiz manipulá-las de diversas maneiras e com diferentes representações, e por isso ele é chamado de aprendizado substantivo (não literal).

[...] o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados e adquire mais estabilidade (MOREIRA, 2005, p.13).

Assim o aprendizado se torna mais efetivo quanto mais saberes e conceitos tem a estrutura cognitiva com os quais o novo conteúdo se associou. De outra forma quando o conteúdo não interage com os conhecimentos e conceitos que já fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz diz-se que a aprendizagem é mecânica, nela o conteúdo é decorado e, em breve intervalo de tempo é esquecido.

A associação de novas ideias com as que já fazem parte da estrutura cognitiva pode ocorrer essencialmente de três maneiras: por subordinação (subsunção), por superordenação ou de forma combinada.

A aprendizagem por subordinação ocorre entre ideias semelhantes, a nova informação pode ser um exemplo do conteúdo já sabido e assim não há alteração de conceitos preexistentes. A este mecanismo de chamamos de subordinação derivativa. Mas a subordinação pode ser correlativa que ocorre quando a nova ideia amplia o significado dos conceitos aos quais ela se associará passando a assimilá-los.

Superordenação é o mecanismo de aprendizagem na qual uma nova ideia assimilada é mais geral que uma ideia preexistente ou ainda que um grupo de ideias correlatas.

Na aprendizagem combinatória a nova ideia não exemplifica e tampouco amplia os conceitos preexistentes, ou seja, ela não é tão ampla que possa assimilar os conceitos preexistentes, mas estes também não a assimilam por essa ter características bem peculiares e diferentes dos conceitos que já fazem parte da estrutura cognitiva, porém ainda assim se associam através de características comuns com tudo mantendo certa independência.

Aos saberes e ideias preexistentes Ausubel chamou de Subsunoçores. Segundo este estudioso, o conhecimento é organizado de maneira hierárquica na mente. Conceitos mais gerais são “âncoras” para os conceitos específicos. Os primeiros subsunoçores são adquiridos através do contato direto entre a criança e o mundo material. Sensações, cores, formas, sons e cheiros fazem parte desse conjunto de saberes que, com a mediação de um adulto, gradativamente passam a ser representados por símbolos adquirindo status de conceitos aos quais novos saberes se agregaram.

Sendo o processo dinâmico, o significado ou conceito subsunçor pode sofrer modificação durante o aprendizado. Assim depreende-se que a maneira com a qual deve ser organizado o conteúdo a ser trabalhado junto ao aprendiz interfere decisivamente no mecanismo de aprendizagem do aluno.

A partir do exposto é fácil perceber que para Ausubel o conhecimento prévio é o fator, isolado, mais importante no processo de aprendizado.

Ausubel destaca que aprendizagem pode ocorrer por recepção, quando o conteúdo é apresentado já na forma final, ou por descoberta, quando o aluno

deve descobrir o novo conteúdo. Ambos os mecanismos só serão eficientes se o conteúdo a ser assimilado se integrar a estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal.

Em sua teoria de aprendizagem, Ausubel destaca três fatores cognitivos como muito importantes:

- A existência de saberes que servirão de “âncora” para as novas ideias, conectadas por subordinação, superordenação ou combinação.
- Os quão diferentes são as ideias que servirá de âncora e a que a ela será conectada. Este fator tem impacto direto na forma como o conteúdo é exposto, pois a comparação que o aluno fará entre as ideias expostas e as que fazem parte de sua estrutura cognitiva vai refletir na maneira como elas se agregarão.
- O quão inteligível e sólida é a ideia que servirá de subsunção para as novas ideias a elas ancoradas.

## **5. A FÍSICA ENVOLVIDA NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

### ***O eletromagnetismo***

Em 1820 o físico dinamarquês Hans Christian Oersted publicou um panfleto com sua descoberta, o efeito da corrente elétrica que fluía em um fio condutor mover a agulha de uma bússola.

Ainda em 1820 Jean Baptiste Biot e Felix Savart formularam a lei que descreve o campo magnético gerado por uma corrente elétrica estacionária.

Tomando um fio condutor muito longo percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $i$  e um ponto  $P$  afastado do fio por uma distância  $X$ .

A partir desse ponto as imagens, gráficos e tabelas constantes desse trabalho são de criação do autor, portanto fazem parte de seu arquivo pessoal.

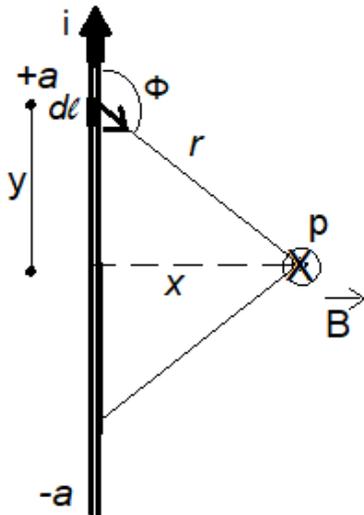


Figura 1- campo magnético gerado por uma corrente

. O campo magnético  $\vec{B}$  no ponto P segundo a lei de Biot-Savart é dado por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Efetuando o produto vetorial e substituindo  $r^2$  por  $(x^2+y^2)$  temos:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin\Phi}{(x^2 + y^2)}$$

Fazendo  $dl = dy$  e Integramos:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dy \sin\Phi}{(x^2 + y^2)}$$

E como resultado, temos:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi X}$$

Equação que descreve um campo magnético cujas linhas de força são círculos concêntricos em torno do fio conforme a figura a seguir.

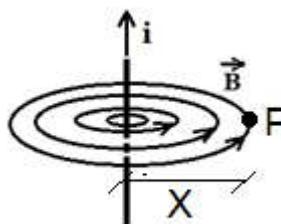


Figura 2- Linhas de força do campo magnético

A partir dos resultados das descobertas de Oersted, André Marie Ampere descreveu matematicamente o fenômeno através da equação matemática que leva seu nome, a lei circuital de Ampere:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

Considerando a simetria do sistema verifica-se que é possível chegar a lei de Biot-Savart integrando a equação de Ampere.

Ampere formulou a regra da mão direita (figura -xx) que descreve a direção do campo magnético gerado no entorno do fio condutor percorrido pela corrente elétrica geradora do campo.

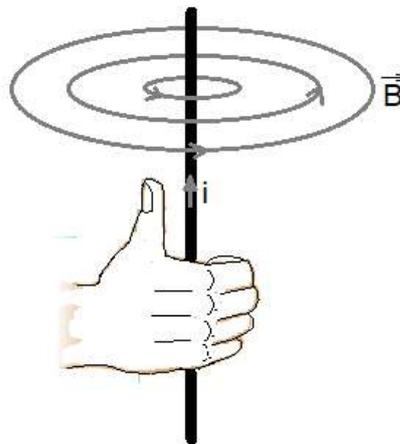


Figura 3-Regra da mão direita -1

Também descobriu que condutores paralelos percorridos por corrente de mesmo sentido se atraem e de sentidos opostos se repelem e que solenoides percorridos por corrente elétricas atuam como ímãs em barra.

Em 1831 Michael Faraday descobriu a indução magnética a partir de um circuito composto de duas espiras enroladas em torno de um anel de ferro.

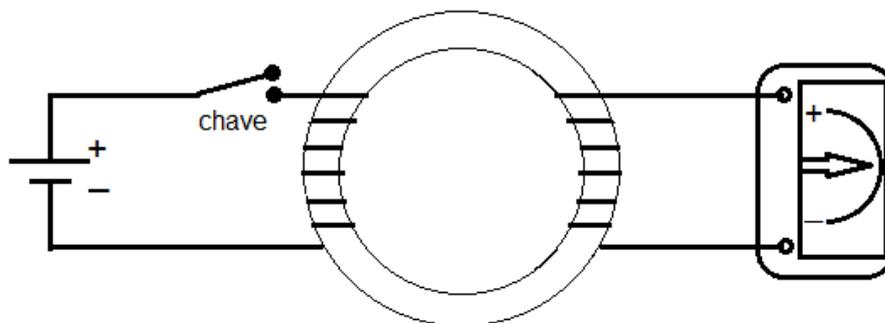


Figura 4-Boninas usadas por Faraday

No momento em que a chave foi fechada uma corrente se fez presente na primeira espira e um pulso de corrente surgiu na segunda espira e novamente ocorreu quando a chave foi aberta porém as correntes têm sentidos contrários. Dessa maneira diz-se que a corrente elétrica induzida se dá pela variação do campo magnético  $\Delta B$  em um intervalo certo de tempo  $\Delta T$ . Matematicamente temos:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\theta}{\Delta T}$$

Em 1833 Heinrich Friedrich Emil Lenz esclareceu a questão sobre o sentido da corrente elétrica e a equação sofre uma correção ficando:

$$\mathcal{E} = -\frac{\partial\theta}{\partial T}$$

Ou seja, o sentido da corrente elétrica induzida se opõe à variação do fluxo magnético.

Em 1873 James Clerk Maxwell publicou seu “Tratado sobre eletricidade e magnetismo” no qual descreve a teoria do eletromagnetismo que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica através das chamadas equações de Maxwell, equações que juntam a lei de Ampere, a lei de Gauss e a lei de Faraday das quais obteve a “equação de onda” que implicava teoricamente na existência de ondas eletromagnéticas.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_{in} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (\text{lei de Maxwell})$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}, \quad \Phi_B \neq 0 \quad (\text{Lei de Faraday})$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_m}{\epsilon_0} \quad (\text{Lei de Gauss})$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (\text{Lei da ausência do monopólio magnético})$$

Em 1884 Heinrich Rudolf Hertz ao derivar as equações de Maxwell utilizando um novo método apresenta um novo formato para as equações em sua forma diferencial.

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{Lei de Maxwell})$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{Lei de Faraday})$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{Lei de Gauss})$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{Lei da ausência do monopólio magnético})$$

Em 1888 Hertz demonstra a existência das ondas eletromagnéticas através de um circuito emissor e outro receptor de ondas eletromagnéticas.

## **6. O PRODUTO EDUCACIONAL**

Este material visa orientar na produção e utilização de um grupo de experimentos a serem apresentados para o alunado na fase inicial do desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem do assunto de eletromagnetismo no ensino médio.

O conjunto de experiências aqui elencadas está disposto em sequência que visa possibilitar ao aluno a observação de fenômenos eletromagnéticos de maneira que, a priori, seja possível descreve-los para em seguida poder entender e se apropriar dos conhecimentos acerca desses fenômenos físicos. E por fim, utilizando os saberes adquiridos, os alunos poderão expressar o entendimento das leis físicas que descrevem os fenômenos eletromagnéticos e acerca do funcionamento de aparelhos cuja tecnologia se apoia em tais fenômenos.

Essa sequência didática não dispensa a exposição dos assuntos relacionados ao eletromagnetismo explorados em seu contexto. Concomitantemente á apresentação dos experimentos devem ser explicados os fenômenos e leis físicas que os descrevem de maneira a orientar o alunado no sentido de observarem tais fenômenos acontecerem durante a exposição dos experimentos.

Três questionários também fazem parte deste produto e deverão ser aplicados ao longo das atividades posteriormente descritas. O primeiro questionário é composto de oito questões de múltiplas escolhas sobre o assunto explorado na sequência didática. Este será aplicado antes e depois do desenvolvimento da primeira etapa no laboratório, pois tem como objetivo verificar o conhecimento prévio do alunado e o aprendizado após esta etapa.

O segundo questionário é composto de nove perguntas a cerca do funcionamento de um motor elétrico e um gerador elétrico e tem como objetivo verificar se os alunos dominam os saberes adquiridos na etapa anterior de maneira a aplicar esses saberes em uma situação problem.

O terceiro questionário é composto de dez questões de múltipla escolha sendo sete sobre os assuntos desenvolvidos na sequência didática e três que objetivam verificar a opinião do alunado a cerca do trabalho desenvolvido. Este deverá ser aplicado em dia posterior ao da última etapa em laboratório.

Os alunos devem ser orientados a utilizar em suas análises a corrente convencional pra que os resultados estejam em consonância com os resultados apresentados na maioria dos livros didáticos e metodologias de ensino desenvolvidas.

Apesar de o laboratório de ciências da escola ser o ambiente mais adequado para o desenvolvimento das atividades aqui apresentadas entendo que em nada isso limita a possibilidade das atividades serem desenvolvidas em sala de aula.

As atividades abordam os seguintes fenômenos:

- A interação de natureza atrativa ou repulsiva entre condutores retilíneos dispostos em paralelo que são percorridos por correntes de sentidos iguais e opostos;
- A relação entre a corrente que percorre um condutor retilíneo e o campo magnético gerado no entorno desse condutor;
- A relação entre o campo magnético no interior de uma bobina e a corrente elétrica que percorre os fios dessa bobina;
- A interação entre as cargas elétrica em movimento (corrente elétrica em um fio condutor) quando submersas em um campo magnético gerando a força que passa a atuar nessas cargas;
- A indução elétrica entre bobinas e
- A produção de ondas eletromagnéticas a partir de uma descarga elétrica entre condutores carregados.

A seguir apresento o cronograma de aplicação do produto educacional e em seguida a descrição das atividades que nele constam.

<b>ENCONTROS</b>	<b>ATIVIDADES</b>
1 aula	Aula expositiva motivacional
1 aula	Aplicação do teste de verificação de conhecimentos prévios.
2 aulas	A prestação do primeiro grupo de experiências; aplicação do primeiro teste de verificação de aprendizagem.
2 aulas	Breve reapresentação das experiências da etapa anterior e a apresentação do segundo grupo de experiências; aplicação do questionário de verificação de aprendizagem. .
1 aula	Aplicação do último teste afim de verificação de aprendizagem e opiniões a cerca da SD.
<b>Observação:</b>	Cada aula tem duração de 45 minutos. As atividades desenvolvidas em duas aulas tem previsão de serem executadas em 90 minutos sem intervalo.

**Tabela 1-Quadro cronograma de aplicação do produto**

Utilizando o espaço pedagógico, laboratório multidisciplinar, para realizar atividades práticas aos alunos serão apresentados equipamentos que lhe permitam a observação de fenômenos eletromagnéticos. Essas atividades serão organizadas em etapas. A saber:

- a) O trabalho inicia com o desenvolvimento de uma aula expositiva, durante a qual alguns textos do livro serão lidos e discutidos, com o objetivo de despertar a curiosidade do alunado acerca de assuntos relacionados com o eletromagnetismo.
- b) Em seguida um teste de sondagem deve ser ministrado a fim de avaliar o conhecimento dos alunos sobre assunto a ser desenvolvido.
- c) Em um primeiro encontro no laboratório multidisciplinar um grupo de experimentos será apresentado por mim para ser manipulados por mim e pelos alunos sob minha orientação, afim de que eles visualizem e vivenciem os fenômenos a serem compreendidos, são eles: A descoberta de Oersted, a balança de Ampere, o campo magnético

gerado por uma bobina, a balança tipo gangorra, o experimento de Faraday, o experimento de indução elétrica com bobinas e a experiência de Hertz.

- d) O teste de verificação de conhecimentos aplicado anteriormente é reaplicado ao final dessa etapa. Afim de, posterior, análise de aprendizado.
- e) Em um segundo encontro no laboratório multidisciplinar, após uma breve apresentação dos experimentos elencados na etapa anterior, um par de aparelhos constantes do produto educacional é apresentado ao alunado que, dispostos em grupos, observarão, discutirão e formularão hipóteses para explicar o funcionamento desses aparelhos.
- f) A fim de direcionar o observar e registrar o entendimento por parte do alunado e respeito dos aparelhos, um questionário foi aplicado para que eles respondessem acerca dos aparelhos individualmente após o momento de discussão entre os alunos de cada grupo.
- g) A aplicação do teste de verificação de aprendizagem anexa ao questionário descrito no item anterior bem como um questionário sobre a opinião dos alunos acerca do trabalho desenvolvido também faz parte dessa segunda etapa da SD.

A seguir apresento os equipamentos e as atividades experimentais a serem desenvolvidas durante a aplicação da sequencia didática:

### **1ª) A descoberta de Oersted**

O aparelho é composto de um suporte de madeira no qual se encontram cravados quatro pinos de madeira em torno dos quais está enrolado um fio de cobre (AWG-28) em número de voltas igual a 10, em meio ao fio está ligado um LED de 5mm em série (figura 5) e aos terminais do fio uma fonte de 5V (carregador de celular).



Figura 5-Experiência de Oersted

Uma bússola posicionada próximo ao fio permite que se observe a interação entre a agulha imantada e o campo magnético gerado pelo fio. Com um conjunto constituído de uma haste pontiaguda de alumínio que serve de suporte para uma agulha magnética (agulha de uma bússola), é mapeado a forma das linhas de campo magnético no em torno dos fios que compõe o aparelho é importante provocar os alunos para que demonstrem como eles percebem a forma do campo e em seguida a figura que representa essas linhas é apresentada (figura 6).

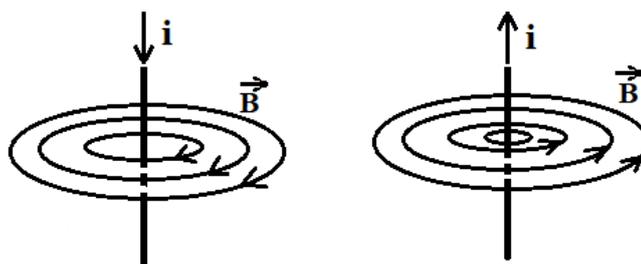


Figura 6-Campo em torno do fio

O objetivo dessa experiência é permitir aos alunos visualizarem a ação que a corrente elétrica exerce sobre a agulha de uma bússola, a forma do campo magnético gerado pela corrente elétrica no entorno do fio condutor que por ela é percorrido e a regra da mão direita de Ampere que é apresentada para os alunos e estes são estimulados a reproduzi-la, onde o polegar indica o

sentido da corrente elétrica ao longo do condutor e os demais dedos indicam a forma do campo magnético gerado em torno desse condutor.

## **2º) A balança de Ampère**



**Figura 7-Balança de Ampere**

O aparelho demonstrado na figura 7 é composto de um suporte fixo confeccionado em madeira com barras de ferro rosqueadas, porcas e arruelas e fio de cobre (AWG 17), no qual é conectado o gerador de tensão de 12 V, e haste moveis que ao serem conectadas ao suporte proporcionaram o fechamento do circuito e assim a possibilidade de observação dos efeitos de atração e repulsão entre os fios paralelos percorridos pela corrente elétrica.

Serão apresentadas para o aluno duas hastes móveis que possibilitam a montagem de dois circuitos com os fios paralelos, um no qual as correntes tem sentidos iguais (figura 8) e o outro com sentidos opostos (figura 9).



Figura 8-correntes de sentido iguais



Figura 9-correntes de sentido diferentes

O objetivo da atividade é proporcionar ao aluno a percepção e o entendimento das forças de interação entre correntes elétricas, que fluem através de condutores retilíneos e paralelos avizinados, através dos campos magnéticos gerado em entorno de cada fio.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Antes de conectar o gerador de tensão ao aparelho (BALANÇA DE AMPÈRE) ao alunado deverão ser apresentadas as hastes complementares do circuito e junto a eles analisar a trajetória que a corrente deverá percorrer ao longo do circuito, em seguida a outra haste deverá ser posicionada e novamente a análise deve ser feita, o objetivo é leva-lo a concluir de que haverá duas situações para os fios dispostos em paralelo: ou as correntes, paralelas, terão sentidos iguais ou opostos e que isso dependerá da haste complementar do circuito a ser posicionada no aparelho.

Feito isso o aluno deve identificar cada haste.

2ª- Uma vez submetido à tensão o aluno deverá observar o comportamento dos fios paralelos. E relacionar esse comportamento com o sentido das correntes que percorrem os fios. O objetivo é proporcionar ao aluno a observação e percepção que ocorre a interação entre condutores retilíneos paralelos percorridos por corrente elétrica e que dependendo do sentido dessas correntes, uma em relação à outra, essa interação pode ser de atração ou repulsão (figuras 10 e 11).



Figura 10-interação atrativa

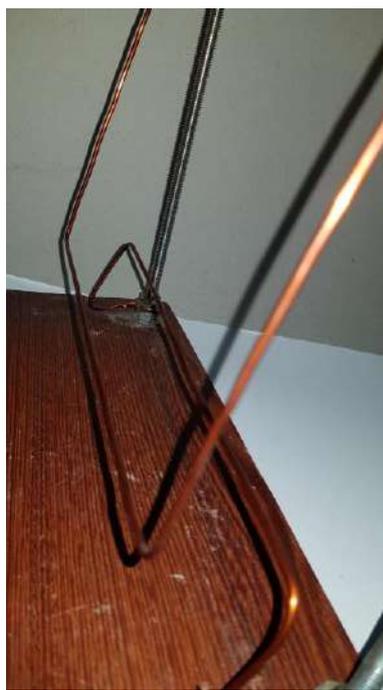


Figura 11-interação repulsiva

O aluno deve identificar os efeitos ou de atração ou de repulsão relacionando-os às hastes bem como aos sentidos das correntes que percorrem os seguimentos do circuito que estão avizinados.

### **3ª) O campo magnético gerado por uma bobina**

O experimento é composto de uma bobina de aproximadamente 350 voltas confeccionada com fio de cobre (AWG 28) enrolada em uma conexão tubo de PVC com 5cm de diâmetro, uma bateria, agulha de uma bússola com uma haste de alumínio para apoiá-la, fios conectores e uma bússola conforme figura-12.



**Figura 12-Bobina-1**

O objetivo do experimento é permitir ao aluno observar e perceber a forma do campo magnético gerado pela bobina enquanto percorrida por uma corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita verificar que é possível descrever esse campo magnético.

**Etapas constantes da atividade:**

1ª- A bateria deve ser ligada aos terminais da bobina utilizando-se os conectores de maneira a permitir que a corrente percorra seus filamentos. A presença da bússola próxima à bobina indicará a geração do campo magnético através da deflexão sofrida devido a interação entre o campo magnético da bobina e a agulha da bússola.

2ª- Com a agulha de bússola que pende na ponta da haste de alumínio verifica-se (visualiza-se) a forma do campo magnético gerado, para isso a agulha deve ser posicionada em diversos lugares no interior e entorno da bobina. Ao se alinhar as linhas de campo a agulha indica a direção e o sentido do campo nas posições em que ela passa, conforme Figura-13.

3ª- Estimulados os alunos devem descrever como eles percebem a forma do campo magnético gerado. Em seguida a figura que representa essas linhas é apresentada.

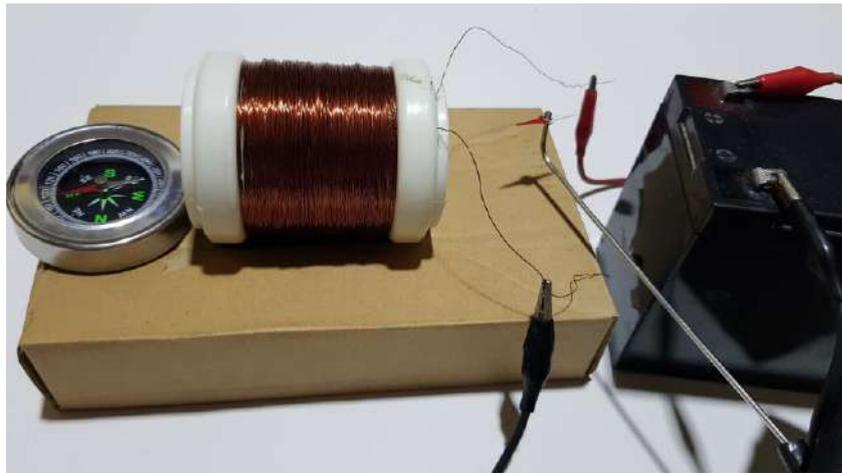


Figura 13-Bobina-2

#### 4ª) Balança tipo Gangorra

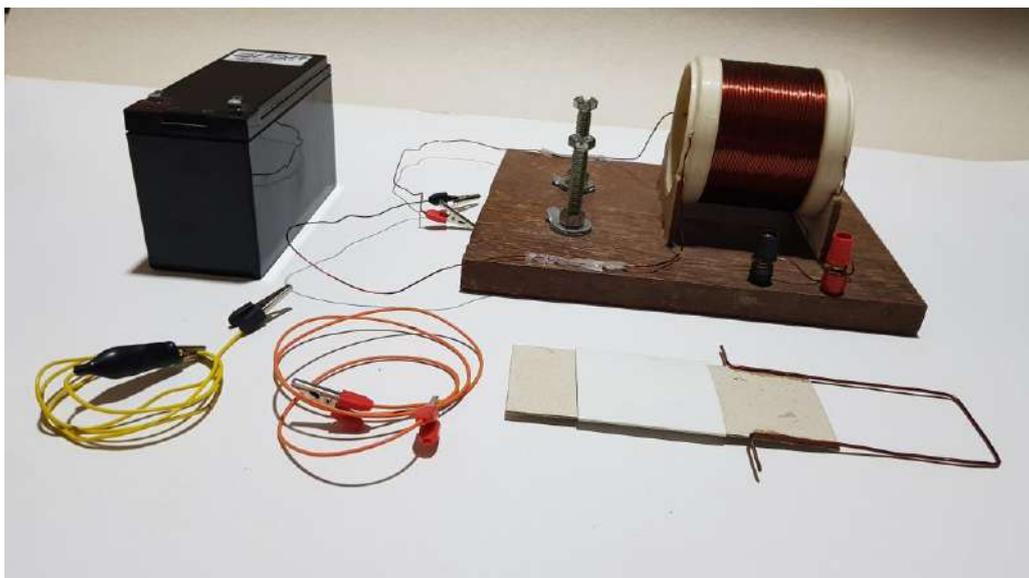


Figura 14-Balança tipo gangorra

O dispositivo é composto de um solenoide (aproximadamente 400 voltas), enrolado em um tubo de 8cm de comprimento por 7,5 cm de diâmetro, e uma plataforma móvel confeccionada com folhas de papelão, fios de cobre e um contrapeso de papel, que proporcionam o fechamento do circuito, todos confeccionados com fios de cobre AWG 28, (figura-14).

A bobina deve ser conectada aos parafusos, suportes da plataforma, conforme indica a figura-15, de duas maneiras de modo que a corrente possa fluir ou no sentido de A para B ou de B para A.

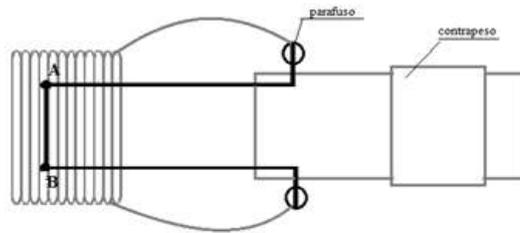


Figura 15- Esquema da balança gangorra

Este experimento tem o objetivo de permitir se observe a direção e o sentido da força magnética que age sobre as cargas elétricas que percorrem o fio, em relação às direções e sentidos do fluxo da corrente no segmento AB do fio e do fluxo do campo magnético gerado no interior da bobina possibilitando o entendimento da regra da mão direita de Fleming.

**Etapas constantes da atividade:**

1ª- Será identificado o sentido das linhas de campo magnético gerado no interior da bobina com o auxílio de uma bússola.

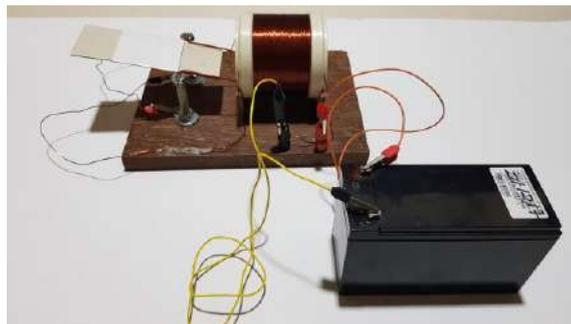


Figura 16- Balança gangorra etapa 1

2ª- Posiciona-se a plataforma no aparelho (figura-16) e identifica-se o sentido da corrente elétrica nos segmentos AB, indicados na figura-15 e. O procedimento deve ser repetido invertendo-se a conexão feita através dos fios que saem da bobina e os parafusos conforme indica a figura-17.

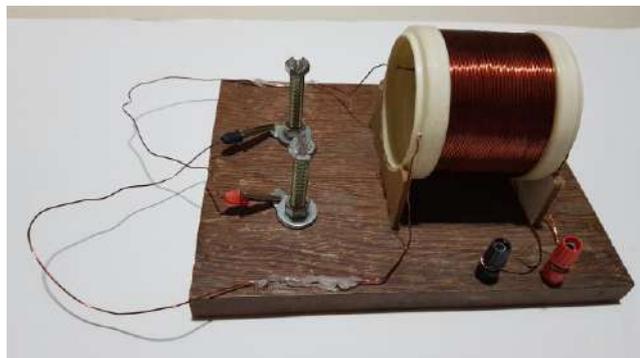


Figura 17- Balança gangorra etapa 2

3ª- Após posicionar a plataforma de maneira a fechar o circuito o aparelho é submetido à tensão elétrica para que se observe o comportamento da plataforma “gangorra” indicando se o segmento AB se desloca para cima ou para baixo. E representará a disposição das direções e sentidos da corrente (direção da velocidade de deslocamento das cargas elétrica), do campo magnético gerado no interior da bobina e da força que atua no segmento AB (força sobre as cargas que percorrem o fio) utilizando os dedos da mão direita conforme a figura 18 a seguir.

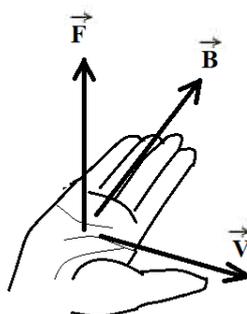


Figura 18- Regra da mão direita 2

### 5ª) O Experimento de Faraday

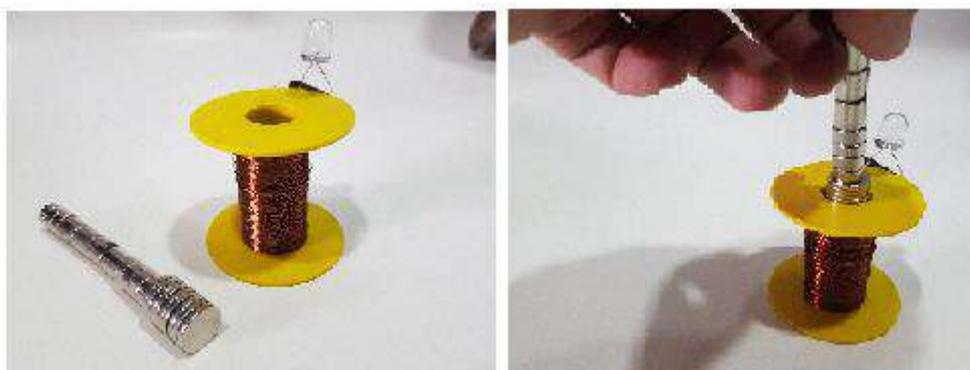


Figura 19- Experimento de Faraday

O experimento é composto de uma bobina com aproximadamente 600 voltas de fio de cobre (AWG 30), enrolado em um suporte plástico (PVC) oco de maneira que as extremidades estão conectadas aos terminais de um LED (diodo emissor de luz) e um conjunto de ímãs de formato cilíndrico (figura 19).

Este experimento tem como objetivo proporcionar ao estudante observar e compreender o fenômeno da indução eletromagnética, onde a variação do fluxo magnético produzido pelo movimento de um ímã no interior do solenoide

induz o surgimento de uma corrente elétrica no circuito (bobina-LED) através do surgimento de uma força eletromotriz.

### **Etapas constantes da atividade:**

1ª – Introduz-se o ímã no interior da espira e mantê-lo ali, estático, para que se observe que com o campo magnético constante o LED não acende.

2ª- Em seguida segura-se a bobina, de maneira que o ímã fique confinado dentro da mesma. Move-se o conjunto de um lado para outro para que o ímã deslize dentro do tubo submetendo o interior bobina à um campo magnético variável permitindo que se observe o LED piscando.

3ª- Mostra-se ao alunado que o LED só acende enquanto o ímã se move no interior da bobina e que dependendo da maneira com que o LED é conectado aos terminais da bobine ele acende quando da saída ou da entrada do ímã, pois um diodo é um componente eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.

4ª- Identificado os polos do ímã, chama-se atenção para o fato de que dependendo do sentido de das linhas de campo pode-se gerar correntes elétricas em dois sentidos do fio, enfatiza-se a ideia utilizando a regra da mão direita de Ampere.

### **6ª) O Experimento de indução elétrico com bobinas**



**Figura 20- Indução entre bobinas**

Para realizar esse experimento utiliza-se a bobina da balança tipo gangorra, a bobina da experiência do campo magnético gerado por uma bobina, fios conectores, um LED e uma bateria de 12volts (figura 20).

O objetivo desta experiência é demonstrar outra maneira de o fenômeno da indução eletromagnética ocorrer, agora sem a presença de um ímã. A força eletromotriz que surge na bobina conectada ao LED é produzida pelo campo magnético da outra bobina. Esse entendimento permitirá ao alunado entender o funcionamento de transformadores e alguns tipos de motores elétricos.

**Etapas constantes da atividade:**

1ª- Conecta-se o LED aos terminais da bobina menor.

2ª- Introduz-se a bobina menor no interior da maior de maneira que seja possível observar o LED.

3ª- Ligam-se os terminais da bobina maior aos da bateria permitindo aos alunos observarem. O cintilar do LED, que ocorre somente no momento em que é feita a ligação e quando essa é desfeita, pois no período entre esses eventos o LED se mantém apagado.

### 7ª) A experiência de Hertz



Figura 21- A experiência de Hertz

O aparelho é composto de duas estruturas que funcionam como antenas, uma emissora e a outra receptora de ondas eletromagnéticas (figura 21).

As antenas são confeccionadas com duas hastes de alumínio que, fixas em suportes feitos de madeira com 11 cm de comprimento e presos a bases de madeira, são posicionadas sob uma mesma direção e separadas por cerca de 1cm .

A cada haste que compõe a antena emissora são conectados os terminais do gerador de alta tensão. E, ao par de hastes que compõem a antena receptora estão conectados os terminais de uma lâmpada de neon.

Nas extremidades das hastes foi pendurado pedaços idênticos de papel alumínio a fim de aumentar a capacitância das antenas. Isso aumenta a quantidade de carga elétrica que estará sujeita a perturbação da onda eletromagnética transmitida e recebida pelas antenas aumentando assim a intensidade da potencia das centelhas produzidas.

Como gerador de tensão utilizaremos um circuito retirado de um acendedor de fogão que contém um cristal piezoelétrico (figura 23), cuja propriedade é produzir grande tensão ao ser submetido a choque mecânicos e um circuito de acender fogão chamado usina (figura 24).

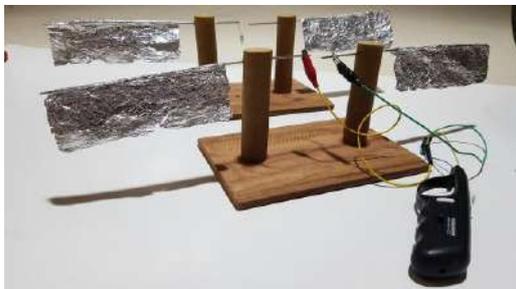


Figura 22- Acendedor -Piezoeléctrico

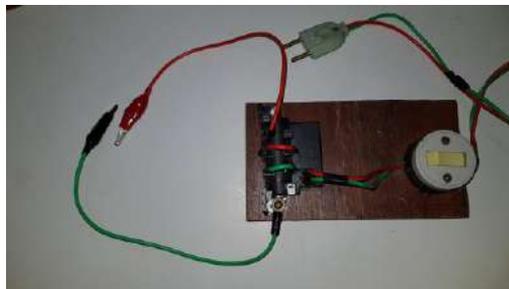


Figura 23- Acendedor –usina

Ainda faz parte do material três folhas de papelão sendo que duas têm uma de suas faces coberta com papel alumínio, sendo que em uma não há ranhuras (fendas) e na outra existem ranhuras (fendas) horizontais e verticais. Ainda faz parte do material uma placa de madeira (compensado bem fino).



Figura 24- Pacas-obstáculos

O objetivo desse experimento é permitir ao aluno compreender como se dá o processo de emissão de onda eletromagnético a partir de um circuito gerador de altas voltagens e identificar algumas características de fenômenos ondulatórios que atestam tratar-se de emissões de ondas eletromagnéticas entre as duas estruturas (antenas emissora e receptora) do experimento.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1<sup>a</sup>- Aos alunos serão apresentados os componentes do equipamento utilizados no experimento.

2<sup>a</sup>- As antenas devem ser posicionadas de maneira que as hastes que as formam fiquem paralelas entre si conforme o esquema da figura 25.

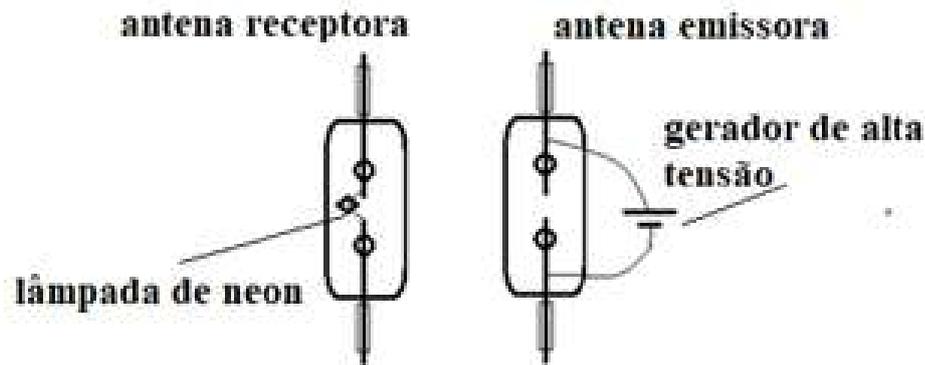


Figura 25- esquema da experiência de Hertz

3ª- As garras jacaré conectarão os terminais do gerador de tensão á antena emissora, uma em cada haste. Manipulando o gatilho do acendedor produz-se a centelha entre as hastes da antena

.4ª- Os alunos devem observar atentamente o efeito na lâmpada de neon que acende quando uma centelha é produzida entre as hastes que compõe a antena emissora.

5ª- O procedimento descrito será repetido, porem introduz-se: primeiramente a folha de papelão no espaço entre as antenas paralelamente às antenas; depois a folha de madeira; em seguida a placa metálica sem fendas e por fim a placa contendo as fendas, primeiramente posicionando-a com as fendas na horizontal e em seguida na vertical. E durante esta etapa o alunado deverá identificar se a lâmpada acende ou não durante o intervalo de tempo em que cada um dos tipos de possíveis obstáculos é interposto às antenas.

Aos alunos deve ser explicado que o fato de a perturbação que se propaga do uma antena para outra não atravessar a placa metálica sem fendas e nem a metálica com fendas horizontais indica tratar-se de um fenômeno ondulatório pois as ondas que por ali passam são polarizadas.

### 8ª) Motor elétrico

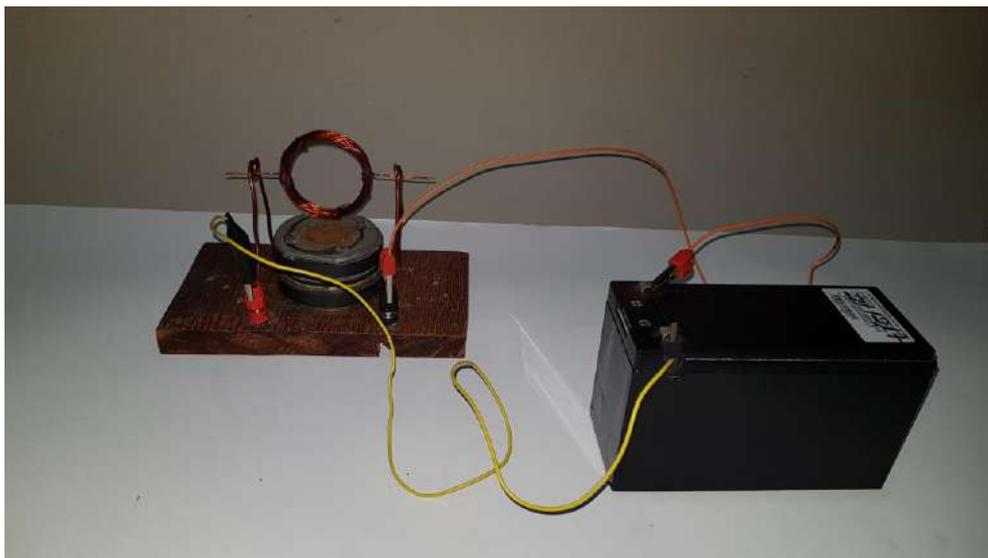


Figura 26-Motor elétrico

O motor é composto de uma bobina confeccionada com fio AWG-28 com 50 voltas enrolada com diâmetro aproximado de com 5.5cm (figura 25). Uma das extremidades da bobina é totalmente raspada e a outra parcialmente raspada. Apoiada em dois mancais de cobre que conectados aos terminais onde se ligam os polos da bateria permite que seja percorrida pela eletricidade sempre que as partes do fio sem esmalte estiverem em contato com os referidos mancais. Esse mecanismo permite que o campo magnético gerado pela bobina interaja como o campo magnético dos ímãs assim a força magnética atua na bobina fazendo-a girar e a inercia mantem o movimento até que novamente se faça o contato entre as partes do fio raspadas e os mancais.

Após a apresentação do aparelho os alunos são dispostos em equipes de três ou quatro integrantes com a finalidade de discutirem e responderem as perguntas, pertinentes ao experimento, constantes do questionário.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Durante a apresentação do aparelho o aluno deverá ser informado de que e como é composto o aparelho.

2ª- Liga-se o aparelho permitindo a observação por parte dos alunos.

3ª- O aluno deverá formular uma explicação para o funcionamento do aparelho. E responder ao questionário.

### 9ª) Gerador elétrico

O gerador é composto de uma bobina (400 voltas de fio de cobre AWG-30) que está enrolada em núcleo de ferro em forma de U que se encontra fixo em uma caixa de madeira que serve de suporte para todo o equipamento (figura-27).



Figura 27-Gerador -1



Figura 28-Carretel com ímãs

Na parte interna do núcleo um carretel de plástico (parte do próprio molinete) com seis ímãs nele fixados (Figura-28) de maneira que ao girar o carretel os ímãs se alinham com um polo próximo á uma das extremidades do núcleo e o outro com polaridade oposta na outra extremidade do mesmo núcleo de ferro, a medida que o carretel gira as polaridades se alternam concomitantemente. O carretel é a parte de um molinete que, ainda fixo no mesmo, proporciona a rotação do carretel e, conseqüentemente, o movimento dos ímãs que produzem o campo magnético variável que muda periodicamente de sentido no interior do núcleo de ferro (Figura-29). A caixa de madeira serve de suporte para o molinete que tendo sua manivela exposta permite ao usuário manipula-la. Aos terminais da bobina estão conectados um LED branco de cinco milímetros. Que acende quando o campo magnético varia no interior da bobina.



Figura 29- Gerador 2

**Etapas constantes da atividade:**

1ª- Ao alunado será exposto o aparelho e descrito as partes que o compõe.

2ª- O aluno deverá fazer girar o carretel através da manivela.

3ª- Ao alunado deverá ser proposto que formule uma explicação para o funcionamento do aparelho.

4ª Mantendo a configuração das equipes do experimento anterior, os alunos serão orientados a discutir e responder as questões do questionário que envolve essa demonstração.

Ao final da apresentação os alunos serão orientados a responder do questionário, as questões que envolvem este experimento e demais questões.

A fim de proceder à análise final sobre o aprendizado dos alunos um grupo de questões que versam sobre os assunto envolvidos na sequência didática foi acrescentado ao fim do ultimo.

Os testes e questionário estão dispostos nos apêndices desse trabalho.

## **7. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

### **7.1 Metodologia**

Com a finalidade de instigar a curiosidade dos alunos uma aula expositiva com uma abordagem inicial sobre produção e consumo de energia elétrica, utilizando o livro texto da escola, será ministrada.

A aplicação do teste de avaliação de conhecimentos prévios será ministrado antes do desenvolvimento das atividades no laboratório e os de verificação de aprendizagem serão ministrados ao longo do processo cujas questões terão, em sua maioria, uma abordagem que permita analisar quantitativamente os resultados obtidos por parte do alunado e, neste caso, estes serão apresentados mediante tabelas e gráficos utilizando-se valores percentuais. As três últimas questões tem caráter qualitativo, pois visam verificar a opinião dos alunos envolvidos no processo a cerca do trabalho junto a eles realizado, com tudo as respostas dos alunos também serão apresentadas em diagramas que utilizam percentuais.

Uma sequência didática composta de experimento será aplicada com a finalidade de “municiar” a estrutura cognitiva do alunado com vivência de fenômenos eletromagnéticos de maneira que ao final do processo seja possível aos alunos descreve-los utilizando as leis físicas que estão envolvidas nos estudos dos mesmos e utilizar esses saberes na compreensão e/ou manipulação da tecnologia que os envolve.

### **7.2 Contexto**

As atividades da sequência didática foram desenvolvidas junto à turma 133 (ano letivo de 2018) do ensino médio da escola Santa Maria de Belém. Escola localizada à Rua dos Mundurucus, 1624. Batista Campos, Belém, Pará. Trata-se de uma escola localizada no “centro” com perfil de oferecer condições para os alunos se prepararem para os exames de seleção para as instituições de ensino superior, oque impactou na forma com a qual procurei desenvolver a sequência didática objetivo deste trabalho.

Optei por desenvolver uma sequência que seria composta de experimentos com a característica de serem mais demonstrados aos alunos do que por eles manipulados. A ideia é proporcionar aos alunos a oportunidade de observar os fenômenos e compreender a maneira com a qual os descrevemos

e explicamos, com tudo com reduzida carga horária em relação ao montante de conteúdos a serem trabalhados, é imprescindível que as atividades sejam desenvolvidas em curtos intervalos de tempo, porém com qualidade que permita o aprendizado.

### **7.3 Descrição das atividades e procedimentos**

O livro didático de física adotado na escola é da coleção para o ensino médio “Ser protagonista: física, 3º ano”, volume 3, autores VALIO, Adriana Benetti Marques et al, obra coletiva desenvolvida pela editora SM de São Paulo.

Com o intuito de despertar a curiosidade do alunado os textos: “MAGNETISMO EM ÍMÃS E BÚSSOLAS” constante do capítulo V, e “PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA” que se encontra no capítulo VII do livro didático adotado na escola e foram lidos e discutidos em sala. Com o texto do capítulo V foram apresentados ímãs cujas propriedades magnéticas puderam ser visualizadas pelo alunado. Do texto que se encontra no capítulo VII, foram abordados os assuntos pertinentes à produção, tipos de energia, transformação de energia e usinas hidroelétricas. A questão sobre como ocorre o processo de geração de energia elétrica foi um dos objetivos dessa etapa que foi desenvolvida em duas aulas de quarenta e cinco minutos cada.

Na aula seguinte (quarenta e cinco minuto) um teste foi aplicado em sala de aula com a finalidade de verificar o quanto os alunos sabiam a respeito dos assuntos envolvidos na sequência didática. O teste é composto de oito questões de múltiplas escolhas. Antes de iniciá-lo, aos alunos foi explicada a finalidade do mesmo, e que deveriam respondê-lo sem a preocupação de o resultado influenciar em suas médias bimestrais.

Posteriormente o teste serviu de controle para saber o quanto aprenderam ou se aproximaram do objetivo específico da atividade, uma vez que fora reaplicado ao final do primeiro encontro do desenvolvimento das atividades no laboratório.

No laboratório multidisciplinar o terceiro momento se deu com a apresentação de sete experiências que compõe o conjunto de atividades da sequência didática (Figuras 30 e 31). A saber: A descoberta de Oersted; a

balança de Ampère; o campo magnético gerado por uma bobina; a balança tipo gangorra, o experimento de Faraday, o experimento de indução elétrica com bobinas e a experiência de Hertz.



**Figura 30-Apresentação 1**

Este grupo de experimentos reúne a abordagem dos conceitos iniciais abordados no estudo do eletromagnetismo. Ao final desta etapa o questionário de verificação de aprendizagem foi aplicado novamente a fim de coletar os dados sobre o aprendizado dos alunos.



**Figura 31- Apresentação 2**

No quarto momento, também ocorrido no laboratório multidisciplinar, os conceitos abordados no encontro anterior foram revistos com rápida apresentação dos equipamentos daquela etapa e em seguida um par de equipamentos por um motor elétrico e um gerador de tensão elétrica. Os alunos foram dispostos em cinco equipes com quatro integrantes cada e mais duas equipes com três integrantes cada a fim de poderem discutir e socializar ideias e informações como o intuito de responderem o questionário que a eles fora disponibilizado. Essas questões versão sobre como eles entendem e explicam o funcionamento dos dois aparelhos.

E ao final da atividade um novo teste individual foi aplicado. Composto de questões diferentes dos testes já aplicados, as questões de verificação de aprendizagem do teste estão em consonância com os objetivos que foram elencados na tabela 2 que serviu de suporte para as análises das respostas do teste ministrado. Os resultados estão expostos nas tabelas e nos diagramas gráficos apresentados a seguir, bem como os comentários pertinentes às análises dos dados apresentados e minhas conclusões.

#### **7.4 Análise dos resultados**

A seguir apresento a análise dos resultados dos testes aplicados ao longo do desenvolvimento das atividades constantes da SD. Trata-se de quatro questionários, sendo três de múltiplas escolhas e um de perguntas e respostas.

##### **7.4.1 análise dos resultados do questionário aplicado após a primeira etapa da SD.**

Os testes foram aplicados aos vinte e seis alunos da turma133 que participaram de todo o processo.

A aplicação dos testes teve como objetivo verificar através de seus resultados se houve aprendizado dos conceitos básicos e saberes elencados nos objetivos de cada experimento que faz parte da sequencia didática. Estes estão elencados na tabela a seguir.

<b>OBJETIVO</b>	
A	Compreender e aplicar a regra da mão direita de Ampère;
B	A percepção e o entendimento das forças de interação entre correntes elétricas, que fluem através de condutores retilíneos e paralelos avizinados, através dos campos magnéticos gerado em entorno de cada fio;
C	Observar e perceber a forma do campo magnético gerado pela bobina enquanto percorrida por uma corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita verificar que é possível descrever esse campo magnético;
D	O entendimento da regra da mão direita de Fleming;
E	Observar e compreender o fenômeno da indução eletromagnética, onde a variação do fluxo magnético produzido pelo movimento de um ímã induz o surgimento de uma corrente elétrica no circuito através do surgimento de uma força eletromotriz;
F	Demonstrar outra maneira de o fenômeno da indução eletromagnética ocorrer, agora sem a presença de um ímã. A força eletromotriz que surge na bobina conectada ao LED é produzida

	pelo campo magnético da outra bobina;
G	Compreender como se dá o processo de emissão de onda eletromagnético a partir de um circuito gerador de altas voltagens e identificar algumas características de fenômenos ondulatórios que atestam tratar-se de emissões de ondas eletromagnéticas entre as duas estruturas (antenas emissora e receptora) do experimento.

Tabela 2- Lista de Objetivos

Iniciei analisando as questões que compõe os dois primeiros testes ministrados (Apêndice A). São em numero de oito e são as mesmas, ministradas antes do inicio da aplicação da sequência e depois do primeiro encontro. Os alunos foram orientados a analisar as questões considerando a corrente elétrica convencional, ou seja, aquela em que supostamente se dá a partir do deslocamento de cargas positivas ao longo do condutor.

As questões foram selecionadas e eventualmente modificadas para estarem em conformidade com os objetivos da tabela

. As respostas das questões serão apresentadas como dados constantes das tabelas dadas a seguir.

A primeira questão

1-O que gera o campo elétrico?

Para o teste aplicado antes da SD:

Uma carga elétrica	18
a variação de um campo magnético	0
Não sei	7
Outra	1

Tabela 3- resposta questão 1 - antes

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD:

Uma carga elétrica	26
a variação de um campo magnético	14
Não sei	1
Outra	1

Tabela 4-resposta questão 1- depois

Observamos que a maioria dos alunos já sabia que a carga elétrica gera o campo elétrico, o que é razoável, pois foi assunto trabalhado no semestre anterior à aplicação da SD, mas também verifica-se que nenhum tinha noção de que a variação do campo magnético é fonte geradora do campo elétrico .

Também é fato que a maior parte do alunado respondeu corretamente a questão após a primeira etapa da SD.

A segunda questão

2- O que gera o campo magnético?

Para o teste aplicado antes da SD:

Um ímã	17
A corrente elétrica	0
Não sei	4
Não responderam	5

**Tabela 5-- resposta questão 2 – antes**

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD::

Um ímã	26
A corrente elétrica	21
Não sei	0
Não responderam	0

**Tabela 6-resposta questão 2- depois**

A disposição dos dados demonstra que a maioria dos alunos sabia ou tinha ideia de que o campo magnético pode ser gerado a partir de um ímã, mas não a partir da corrente elétrica, já na tabela seguinte pode-se verificar que poucos alunos não constataram ou não compreenderam isso.

As seis questões seguintes são de múltipla escolha. As alternativas de cada uma constarão dos quadros demonstrativos, assim como o número de vezes em que cada uma foi escolhida como resposta.

A terceira questão

3- No esquema anexo representa-se a experiência de Oersted. Enquanto não passa corrente elétrica pelo condutor metálico AB o eixo magnético NS da agulha

magnética é paralelo a AB. Faz-se passar corrente elétrica  $i$  dirigida de A para B. o observador visa a montagem de cima para baixo.

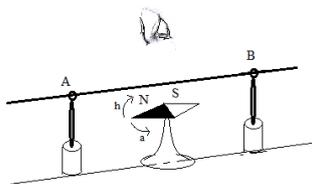


Figura 32-Questão - Oersted

Para o teste aplicado antes da SD temos o seguinte resultado:

a) No condutor metálico fluem elétrons de A para B.	8
b) No condutor metálico fluem prótons de A para B.	2
c) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário. (seta a).	8
d) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário.(seta h).	7
Não marcou nenhuma	1

Tabela 7-Resposta questão 3 - antes

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) No condutor metálico fluem elétrons de A para B.	0
b) No condutor metálico fluem prótons de A para B.	0
c) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário. (seta a).	6
d) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário. (seta h).	20
Não marcou nenhuma	0

Tabela 8-Resposta questão 3 - depois

Tendo em vista que a resposta correta da questão é a alternativa “d”, observa-se que no teste aplicado anteriormente à SD menos de trinta por cento dos alunos acertaram, e que há certa confusão a cerca dos conceitos de corrente real e convencional.

O resultado apresentado após a aplicação da SD permite afirmar-se que houve o entendimento de como se dá o deslocamento das cargas elétricas

bem como a forma do campo elétrico no entorno do fio que interage com a agulha imantada.

A quarta questão

4- A espira circular representada na figura a seguir é percorrida por uma corrente elétrica convencional no sentido indicado. É correto afirmar que :

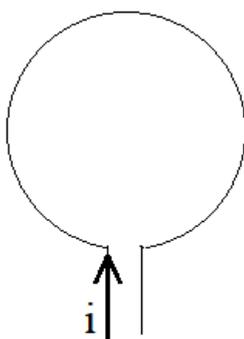


Figura 33-Espira Questão-4

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) É perpendicular ao plano e esta orientado para fora.	4
b) É perpendicular ao plano e esta orientado para dentro.	5
c) É paralelo ao plano e esta orientado para cima.	10
d) É paralelo ao plano e esta orientado para baixo.	4
Não marcou nenhuma	3

Tabela 9-Resposta questão 4 - antes

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) É perpendicular ao plano e esta orientado para fora.	7
b) É perpendicular ao plano e esta orientado para dentro.	19
c) É paralelo ao plano e esta orientado para cima.	0
d) É paralelo ao plano e esta orientado para baixo.	0
Não marcou nenhuma	0

Tabela 10-Resposta questão 4 - depois

Observa-se que, nesta questão, cerca de vinte e sete por cento dos alunos marcaram a alternativa correta “b” e que a polarização do resultado entre as alternativas “a” e “b” ocorrida no teste aplicado depois da primeira etapa da SD indica que houve a percepção por parte de todos á cerca da forma das linhas de força do campo magnético gerado pela corrente elétrica que circuita a espira tendo marcado a assertiva correta mais de setenta por cento da turma.

A quinta questão

5- Uma bobina é obtida enrolando-se um fio na forma helicoidal, como ilustrado na figura. Qual a configuração do campo magnético no interior da bobina se ela é percorrida por uma corrente (convencional) contínua na direção indicada na figura?

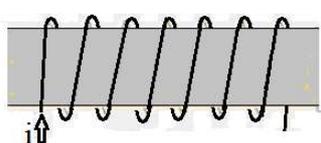


Figura 34-Bobina - questão 5

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

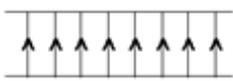
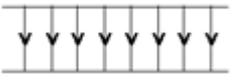
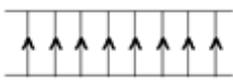
a) O campo magnético no interior da bobina é nulo.	8
b) 	2
c) 	8
d) 	7
e) 	1

Tabela 11-Resposta questão 5 - antes

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) O campo magnético no interior da bobina é nulo.	2
b) 	1

c)		0
d)		8
e)		15

Tabela 12-Resposta questão 5 - depois

Apesar de três dos vinte e seis alunos terem optado por afirmar que as alternativas “a” ou “b” estão corretas observa-se que a maioria percebe que o alinhamento do campo magnético no interior da bobina se dá com o eixo de simetria da mesma com tudo, ainda que a maioria tenha optado pela alternativa correta (e) uma parte expressiva marcou a “d” e ao perguntar o porquê as resposta me levaram a concluir que houve dificuldade em aplicar a regra da mão direita com vistas no desenho apresentado na questão.

A sexta questão

6- A figura mostra os polos norte e sul de ímãs. Uma carga pontual positiva  $q$  é lançada com velocidade  $v$ , perpendicular às linhas de indução do campo magnético. Desprezando as ações gravitacionais, a carga pontual  $q$ :

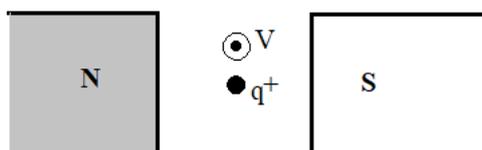


Figura 35-polos magnético - questão 6

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) Não sofre desvio.	6
b) Desvia-se para cima.	2
c) Desvia-se para baixo.	8
d) Aproxima-se do polo norte.	5
e) Aproxima-se do polo sul.	3

Tabela 13-Resposta questão 6 - antes

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) Não sofre desvio.	
b) Desvia-se para cima.	16
c) Desvia-se para baixo.	5
d) Aproxima-se do polo norte.	3
e) Aproxima-se do polo sul.	2

Tabela 14-Resposta questão 6 - depois

O resultado do primeiro teste demonstra a falta de conhecimento ou de domínio por parte do alunado a cerca da regra da mão direita de Fleming uma vez que a alternativa correta é a “b”, a qual apenas dois dos vinte e seis alunos marcaram. Já no teste aplicado após a primeira etapa da SD, verifica-se um potencial domínio da técnica tendo em vista que mais de setenta por cento dos alunos percebem a relação entre as direções das grandezas envolvidas, velocidade da carga elétrica, campo magnético e força magnética sobre a o portador de carga elétrica, são de perpendicularidade, pois optaram pelas alternativas “b” e “c”, e que do total de vinte e seis alunos sessenta por cento marcaram a resposta correta.

#### A sétima questão

O resultado dessa questão está apresentado nas tabelas a seguir mostrando primeiro o número de vezes que cada item foi avaliado corretamente e em seguida o número de itens avaliados, pelos alunos, corretamente tendo em vista que a sequência correta é: verdadeira, falsa, falsa, verdadeira.

7- A figura representa dois condutores retilíneos muito longos colocados paralelamente. Os dois condutores estão submetidos a uma corrente elétrica de mesma intensidade  $i$ , conforme mostra a figura a seguir. De acordo com a situação acima, julgue a veracidade dos itens a seguir.

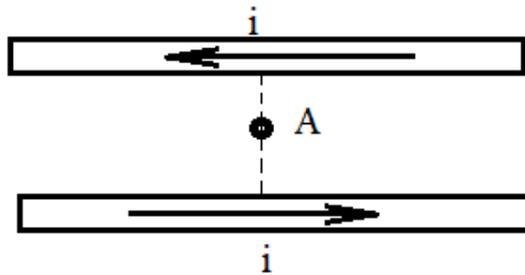


Figura 36-Correntes de sentidos opostos

Nas tabelas a seguir encontram-se as assertivas apresentadas a serem julgadas como verdadeiras ou falsas.

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> corresponde à soma das intensidades dos campos magnéticos gerados pela corrente elétrica em cada condutor.	8
A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> é nula, pois as correntes elétricas têm sentidos opostos.	4
A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> é nula, pois as corrente elétricas não geram campo magnético.	6
Os condutores ficam sujeitos a forças de origem magnética.	7

Tabela 15-Questão 7-número de acertos por item- antes

Não acertou nenhum item	11
Acertou um item	8
Acertou dois itens	2
Acertou três itens	4
Acertou os quatro itens	1

Tabela 16-Questão 7-distribuições de número de acertos por aluno-antes

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> corresponde à soma das intensidades dos campos magnéticos gerados pela corrente elétrica em cada condutor.	18
A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> é nula, pois as correntes elétricas têm sentidos opostos.	11
A intensidade do campo magnético resultante no ponto <b>A</b> é nula, pois as corrente elétricas não geram campo magnético.	17
Os condutores ficam sujeitos a forças de origem magnética.	23

Tabela 17-Questão 7-número de acertos por item– depois

Não acertou nenhum item	1
Acertou um item	4
Acertou dois itens	7
Acertou três itens	5
Acertou os quatro itens	9

Tabela 18-Questão 7-distribuições de número de acertos por aluno-depois

Dos quadros que apresentam o resultado do teste antes da aplicação da SD depreende-se que os alunos pouco sabiam a respeito dos assuntos envolvidos no experimento, pois mais de setenta por cento não acertou nenhuma das questões ou acertou apenas uma.

Nos quadros que apresentam o resultado de depois da aplicação da SD observa-se que a maioria dos alunos avaliou corretamente as quatro assertivas ou três delas e que o numero de alunos que não acertou nenhuma ou apenas uma caiu para menos de vinte por cento.

A oitava questão

8- A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar se baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou alumínio, que é enrolada em u padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo

o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.

A etiqueta funciona sem pilhas porque o campo:

Para o teste aplicado antes da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.	7
b) elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.	3
c) magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.	9
d) magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.	2
e) Magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina.	3
Não marcou nenhuma	1

**Tabela 19-Resposta questão 8 - antes**

Para o teste aplicado depois da 1ª série de experimentos da SD temos o seguinte resultado:

a) elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.	2
b) elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.	3
c) magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.	19
d) magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.	2
e) magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina.	0

Não marcou nenhuma	0

Tabela 20- Resposta questão 8 - depois

Apesar do número expressivo de alunos terem acertado a questão em pauta marcando a alternativa “c”, cerca de trinta e quatro por cento, ressalto que se trata de uma questão da prova do Enem-2019, da qual boa parte do alunado participou. Assim possivelmente alguns alunos podem ter lembrado a resposta desta questão, caso tenham tido acesso ao gabarito da mesma.

Na tabela seguinte, que se refere ao resultado do teste após a aplicação da SD verifica-se que a maioria dos alunos marcou a alternativa correta, resultado que assumo como indicador do entendimento dos fenômenos abordados nos experimentos.

Do gráfico a seguir, constam as quantidades de questões que os alunos marcaram corretamente antes e depois da aplicação da SD. Sendo que na sétima questão optei por esboçar os valores relativos aos acertos dos quatro itens avaliados de forma correta por parte do alunado.

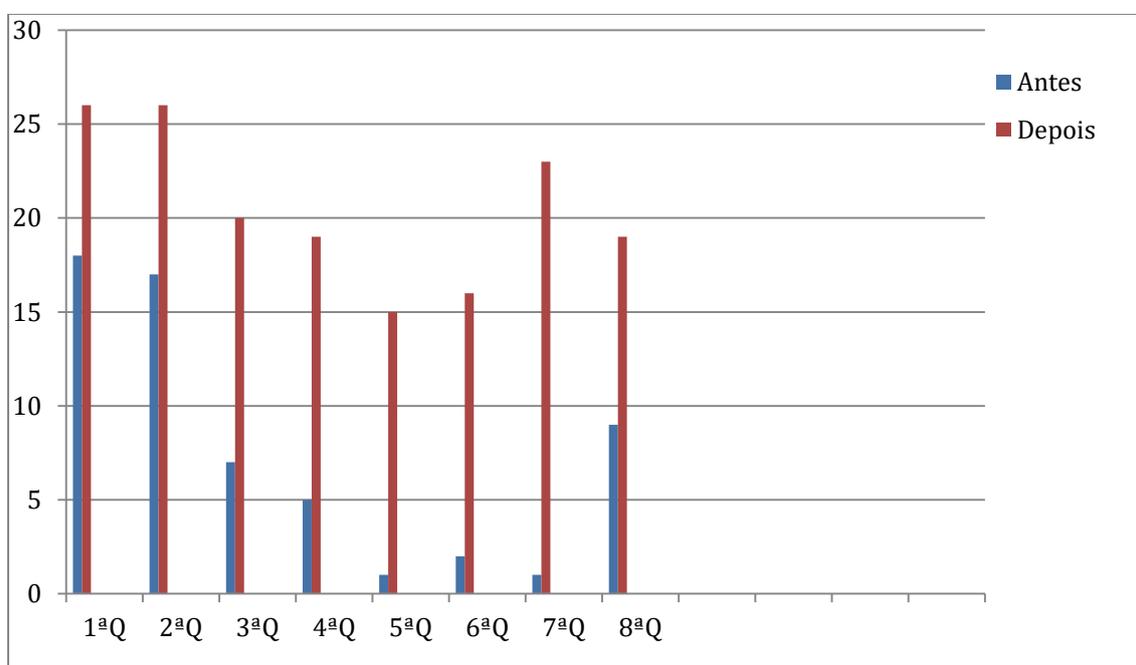


Gráfico 1-Rendimento após 1ª etapa da SD

Com base no gráfico observa-se que houve um aumento expressivo do número de questões respondidas de maneira correta por parte do alunado

após a aplicação da primeira etapa da SD. Entendo que esse resultado permite-me avaliar de forma positiva a questão relativa entendimento dos fenômenos físicos abordados na SD bem como a apropriação das técnicas que e envolvem a descrição de tais fenômenos (as regras da mão direita) indicando forte indicio da possibilidade de formação dos subsunçores que, acredito, poderão servir de “âncora” para os saberes a serem aprendidos no desenrolar dos estudos do eletromagnetismo.

#### **7.4.2 análise dos resultados do questionário aplicado logo após a segunda etapa da SD**

A aplicação dos testes (Apêndice B) após o desenvolvimento da segunda etapa teve como objetivos verificar se o aluno assimilou e dominou os saberes entendidos na primeira etapa de maneira que possa aplicar e manipular esses saberes na análise de situações problema de maneira correta, e verificar se houve a apropriação desses saberes como parte de sua estrutura cognitiva por um tempo duradouro evidenciando assim uma aprendizagem significativa.

A segunda etapa iniciou com uma breve reapresentação dos experimentos constantes da primeira etapa e seguiu com o desenvolvimento dos dois últimos experimentos elencados no produto educacional, o motor elétrico e o gerador elétrico, nessa etapa os alunos foram dispostos em equipes de três ou quatro alunos que juntos responderam ao questionário de nove questões acerca dos dois aparelhos.

A seguir apresento as cinco primeiras perguntas que dizem respeito ao funcionamento do motor, as respostas, que foram digitalizadas dos testes originais respondidos pelos alunos e os comentários conclusivos relativos às mesmas. As respostas dos alunos serão analisadas com base nas respostas apresentadas como gabarito.

Ao Observar o aparelho apresentado, chamado de motor simples, constituído por uma base de madeira, na qual estão apoiadas duas hastes que são suportes que funcionam como mancais para a bobina por onde passam as

extremidades da bobina, sendo que uma está parcialmente raspada, e a outra, raspada por completo.

Responda:

A primeira questão

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Gabarito: Energias elétrica e mecânica. A energia elétrica é convertida em mecânica.

### Respostas

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

energia elétrica e mecânica. A energia elétrica percorre o fio do cobre e ~~se transforma~~ em energia mecânica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia mecânica e elétrica. A energia elétrica passa pelo cobre e ~~assim transforma-se~~ em mecânica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia mecânica e elétrica. A energia mecânica se transforma em elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Mecânica e elétrica, converte energia elétrica em energia mecânica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia mecânica e elétrica. A transformação ~~de elétrica para mecânica.~~

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

energia elétrica e mecânica, energia elétrica se transforma em mecânica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Mecânica e elétrica.

A elétrica se transforma em mecânica

Ao ler as respostas observa-se que o alunado compreende que são as energias elétrica e mecânica que estão envolvidas no funcionamento desse aparelho onde a energia elétrica é convertida em mecânica apesar de uma das equipes ter respondido invertendo o fluxo da transformação.

A segunda questão

2- Qual a fonte de energia do motor?

Gabarito: A bateria ligada aos terminais do aparelho.

2- Qual a fonte de energia do motor?

Da bateria (elétrica)

2- Qual a fonte de energia do motor?

Da bateria (energia elétrica)

2- Qual a fonte de energia do motor?

A bateria

2- Qual a fonte de energia do motor?

Mecânica

2- Qual a fonte de energia do motor?

Bateria.

2- Qual a fonte de energia do motor?

Da bateria

2- Qual a fonte de energia do motor?

energia elétrica

Na questão dois a maioria das equipes respondeu corretamente e duas responderam dizendo da forma de energia e dessas uma respondeu confundindo a forma de energia (elétrica) em vez de a bateria e a outra respondeu de maneira totalmente equivocada, “mecânica”.

A terceira questão

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

Gabarito: fica envolta por um campo magnético gerado pela corrente.

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

Cria um campo magnético que entra ao norte e sai para o sul.

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

~~Ata~~ Cria um campo magnético

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

cria um campo magnético.

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

cria um campo magnético.

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

R: Cria um campo Magnético

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

Ela cria um campo magnético

3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

Cria um campo magnético, entrando para o norte e saindo pelo sul.

De maneira unânime as equipes responderam corretamente ao dizer que um campo magnético é gerado apesar dos comentários mau explicados sobre o sentido do campo gerado.

A quarta questão

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

Gabarito: o ímã interage com o campo magnético gerado na bobina provocando o movimento da mesma.

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

~~O ímã natural vai interagir com a bobina, com isso, ocorrerá uma relação de atração e repulsão~~  
O ímã natural vai interagir com a bobina, com isso, ocorrerá uma relação de atração e repulsão

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

O ímã natural vai interagir com a bobina em uma forma de atração e repulsão

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

Vai interagir com a bobina, e para garantir um campo magnético, e feito por da interação com a bobina

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

Ocorre a interação do ímã com a bobina. Ao buscar a parte não esmaltada da bobina e uma causa movimento da bobina/ ~~esse~~ ~~esse~~

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

O ímã natural vai interagir com a bobina e causará o efeito de atração e repulsão.

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

O ímã natural vai reagir com a bobina, vai ver uma atração entre os dois, mas uma atração em repulsão

4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

O ímã natural vai interagir com a bobina, e vai atrair e repelir

Todas as equipes responderam corretamente que o ímã natural tem o papel de interagir com a bobina através de forças de atração ou repulsão, com tudo apenas uma das equipes ressaltou que tal atração é responsável pelo movimento da bobina.

A quinta questão

5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Gabarito: Porque estando o fio totalmente raspado em uma das extremidades e parcialmente na outra a bobina ficará sujeita a passagem da corrente elétrica gerando o campo magnético que interage com o ímã somente através de um polo magnético. Assim o movimento se completa devido a inércia de movimento.

5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Porque uma das extremidades está totalmente descascada, enquanto a outra está parcialmente descascada.

5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Porque uma das partes está totalmente descascada, e a outra está parcialmente descascada.

5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

O lado descascado permite que a bobina se movimente, enquanto os polos se repõem, já o lado parcialmente descascado não consegue fazer com que os polos se atraiam, por isso o aparelho não para.

- 5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Porque um dos terminais fica totalmente desprotegido e outro não.

- 5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Porque um lado está raspado parcialmente e o outro lado totalmente.

- 5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

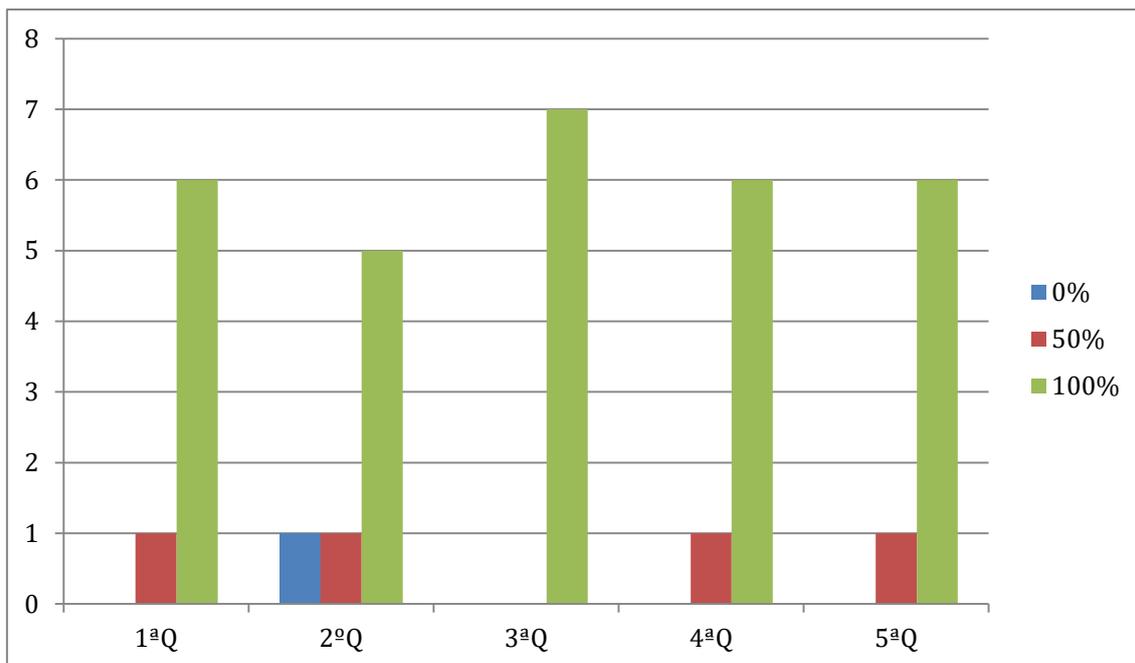
Porque uma das extremidades está parcialmente raspada e a outra lado não está totalmente.

- 5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

Porque um dos lados está totalmente desprotegido e o outro está parcialmente desprotegido.

Ao ler as respostas é possível perceber que o alunado entende que o fato de um dos lados do fio estar parcialmente raspado está relacionado com o fato de a bobina não para porem apenas uma das equipes respondeu de maneira razoável do porque não ocorrer a extinção do movimento.

Atribuindo os valores 100% para as respostas que possuem todos os elementos elencados no gabarito, 50% para as respostas que possuem algum dos elementos apresentados como gabarito e 0% àquelas que não possuem nenhuma coerência com o gabarito apresento o gráfico representativo do índice percentual de acertos dos alunos para as cinco primeiras questões da segunda etapa da SD.



**Gráfico 2-Resultados das cinco primeiras questões da segunda etapa**

Do gráfico depreende-se que a maioria das respostas dadas pelo alunado apresenta um bom entendimento do funcionamento do aparelho com base nos conhecimentos adquiridos na decorrer da aplicação da SD.

Passarei agora a apresentar as quatro perguntas que dizem respeito ao funcionamento do gerador bem como as respostas, que foram digitalizadas dos testes originais respondidos pelos alunos e os comentários conclusivos relativos às mesmas. As respostas dos alunos também serão analisadas com base nas respostas apresentadas como gabarito dadas a seguir.

O gerador é composto de uma bobina (400 voltas de fio de cobre AWG-30) que está enrolada em núcleo de ferro em forma de U que se encontra fixo em uma caixa de madeira que serve de suporte para todo o equipamento. Na parte interna do núcleo um carretel de plástico com 6 ímãs nele fixados de maneira que ao girar o carretel os ímãs se alinham com um polo próximo à uma das extremidades do núcleo e o outro com polaridade oposta na outra extremidade do mesmo núcleo de ferro, a medida que o carretel gira as polaridades se alternam concomitantemente. O carretel é a parte de um molinete que, ainda fixo no mesmo, proporciona a rotação do carretel e, conseqüentemente, o movimento dos ímãs. A caixa de madeira serve de

suporte para o molinete que tendo sua manivela exposta permite ao usuário manipula-la. Aos terminais da bobina estão conectados um LED branco de 5mm.

Responda:

A primeira questão

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Gabarito: Energias elétrica e mecânica. A energia mecânica é convertida em elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia elétrica e energia mecânica.  
A energia mecânica se transforma em energia elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia elétrica e mecânica. Ocorre a transformação da energia mecânica em energia elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia mecânica e elétrica.  
transformação de mecânica para elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia mecânica se transforma em energia elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia elétrica e energia mecânica. Ocorre a transformação de energia mecânica em energia elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

Energia elétrica e mecânica. Ocorre transformação da energia mecânica para energia elétrica.

1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

R: Mecânica e elétrica

Energia Mecânica se transforma em elétrica

Analisando as respostas observa-se que as sete equipes responderam corretamente à primeira questão.

A segunda questão

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

Gabarito :O núcleo de ferro fica imantado na presença dos ímãs e o movimento do mesmo causa variação do campo magnético desse núcleo em intensidade e sentido.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

Fica imantado. E eles geram corrente elétrica variável.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

O núcleo de ferro fica imantado. E o campo está variando.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

o núcleo fica imantado. e o campo está variando.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

ele fica imantado e o efeito do movimento gera energia, porque o campo magnético fica alternado.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

O núcleo de ferro fica imanado, e o campo variando.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

O núcleo de ferro fica imanado, e o campo está variando.

2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

R: Alternar o campo magnético. Faz os campos magnéticos girarem. Energia alternada  
Fica imantado

Das respostas conclui-se que os alunos entendem que a presença dos ímãs em movimento próximos ao núcleo proporciona a imantação do mesmo cujo campo magnético é variável. Porém nenhum ressalta que essa variação se dá em intensidade e sentido.

A terceira questão

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

Gabarito: A variação do campo magnético.

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

O campo magnético variável.

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

O campo magnético variável

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

É o campo magnético variado.

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

campo magnético variado

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

~~O campo magnético em movimento.~~

⊖ Campo magnético variando.

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

O campo magnético ~~variado~~ variável

3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

A alternância do campo magnético.

As sete equipes responderam corretamente a essa questão.

A quarta questão

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

Gabarito: Corrente alternada. Gerada devido à variação no sentido do campo magnético.

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

Corrente alternada porque fica alternando de sentido.

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

Corrente alternada. Porque alterna de sentido.

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

Corrente alternada, porque o campo fica variando.

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

corrente alter nada, porque o campo magnético fica variando.

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

Altermada, porque a mesma ficando variando

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

corrente alternada, porque eles ficam se altermando

4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

*Corrente alternada, por causa do campo magnético alternado.*

Todas as equipes responderam corretamente quanto ao tipo de corrente, alternada e que surgem da variação do campo magnético, porém apenas duas mencionaram que a variação responsável pelo tipo de corrente é a do sentido do campo.

Em conformidade com a maneira com a qual avaliei as questões relativas ao aparelho anteriormente, atribuí os valores 100% para as respostas que possuem todos os elementos elencados no gabarito, 50% para as respostas que possuem algum dos elementos apresentados como gabarito e 0% àquelas que não possuem nenhuma coerência com o gabarito apresentando o gráfico representativo do índice percentual de acertos dos alunos para as quatro questões referentes ao gerador elétrico a seguir do questionário aplicado ao final da segunda etapa da SD.

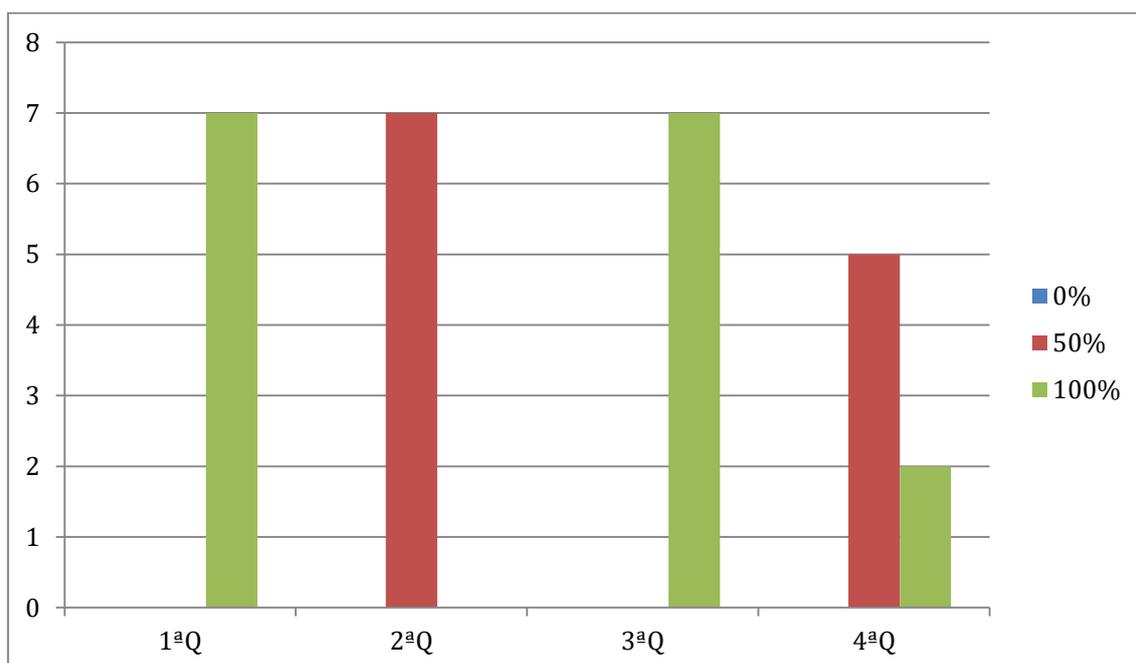


Gráfico 3-Resultados das quatro últimas questões da segunda etapa

Analisando o gráfico observa-se que, novamente a maioria dos alunos respondeu de maneira satisfatória ao grupo de questões indicando um bom entendimento do funcionamento do aparelho bem como razoável domínio dos conceitos trabalhados na SD.

### 7.4.3 Análise dos resultados do questionário aplicado após a segunda etapa da SD (seis dias após o último encontro)

O objetivo deste último questionário (Apêndice C) é verificar se houve aprendizado significativo, após o desenvolvimento das atividades da SD, bem como se minhas observações estão em consonância com as opiniões dos alunos acerca do trabalho realizado.

Em conformidade com o método de análise desenvolvido anteriormente, apresentarei as questões e as respectivas resposta tabeladas evidenciando o número de vezes que cada resposta foi escolhida pelo alunado.

A primeira questão

1- Um condutor, suportando uma corrente elétrica  $I$ , está localizado entre os polos de um ímã em ferradura, como está representado no esquema a seguir. Entre os polos do ímã, a força que age sobre o condutor é melhor representada pelo vetor:

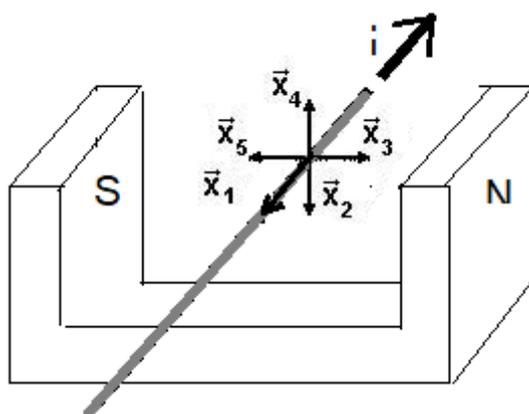


Figura 37-Polos de um ímã

a) $X_1$	0
b) $X_2$	4
c) $X_3$	1
d) $X_4$	19
e) $X_5$	2

Tabela 21-questão 1- questionário final

Pode-se observar que cerca de setenta e três por cento dos alunos marcou a resposta correta (alternativa d), o que demonstra um bom entendimento de como aplicar corretamente a regra da mão direita de Fleming.

A segunda questão

2- A figura representa uma bússola, horizontalmente disposta sobre uma superfície plana, alinhada com o campo magnético da Terra e no eixo de um solenoide em que não passa corrente. Uma bateria será ligada aos pontos a b, com seu terminal positivo conectado ao ponto a.

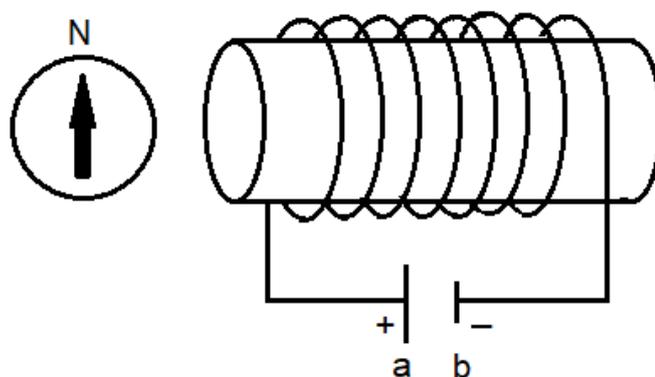
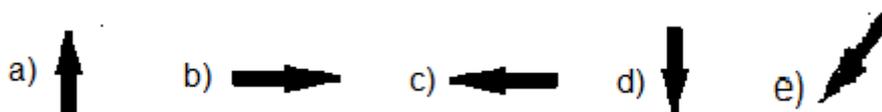


Figura 37- Bobina e bússola

Assim após durante o tempo em que a bobina estiver ligada à bateria, a orientação da bússola passa a ser indicada corretamente na alternativa:



a)	1
b)	21
c)	4
d)	0
e)	0

Tabela 22-Questão 2- questionário final

Nesta questão, oitenta por cento do alunado acertou marcando a alternativa b.

A terceira questão

3- A figura representa uma espira retangular, percorrida por uma corrente  $i$  imersa em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , orientado perpendicularmente para dentro do plano da figura. Cada lado da espira sofre ação de uma força magnética que pode ser representada pelo esquema:

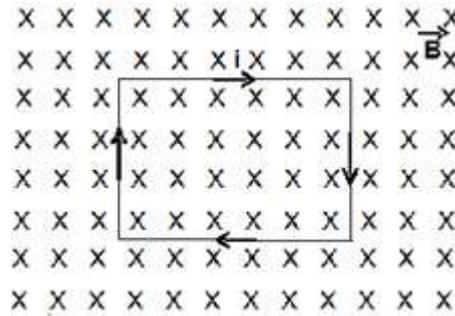
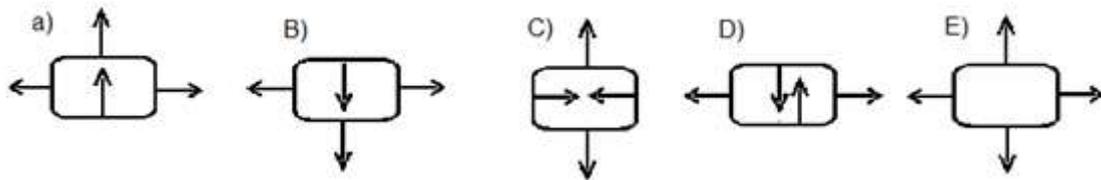


Figura 38-Espira em campo magnético



a)	1
b)	0
c)	6
d)	2
e)	17

Tabela 23-questão 3- questionário final

Nesta questão observa-se que sessenta e cinco por cento dos alunos marcaram a opção correta (letra e).

A quarta questão

4- O desenho ilustra uma região do espaço tomada por um campo de indução magnética uniforme, perpendicular à esta página e emergindo dela. Três corpos de massas iguais são lançados sucessivamente neste campo. Com velocidades iguais e seguem as trajetórias marcadas.

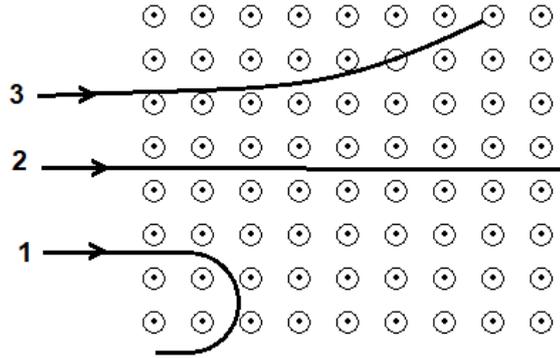


Figura 39- Cargas elétricas lançadas em campo magnético

Considere as proposições:

- I) Os corpos 1 e 2 estão eletrizados com cargas de sinais opostos.
- II) O corpo 2 não está eletrizado.
- III) O corpo 3 tem carga elétrica positiva.

Qual ou quais delas são verdadeiras?

- a) Apenas I      b) Apenas II      c) Apenas III
- d) Apenas I e II      e) Apenas II e III

a)	5
b)	4
c)	0
d)	16
e)	1

Tabela 24-Questão 4- questionário final

Mais de sessenta por cento dos alunos marcaram a opção “d”, a correta. Com tudo deve-se observar que nove dos vinte e sei alunos marcou as opções “a” ou “b” cujas afirmativas não eram falsas, mas incompletas.

Aqui ressalto que os resultados obtidos nas quatro primeiras questões revelam um bom entendimento sobre a forma e orientação dos campos magnéticos bem como a inter-relação desses com cargas elétricas (em repouso ou movimento) descritas pelas regras da mão direita de Ampere e de Fleming.

A quinta questão

- 5- A figura a seguir representa um transformador elétrico.

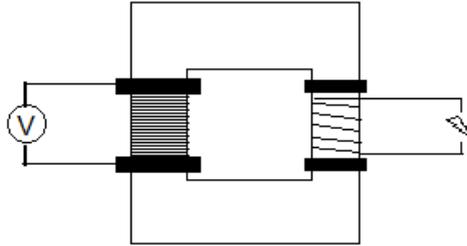


Figura 40- Transformador elétrico

Sobre este aparelho é correto afirmar que :

- a) Opera só com corrente alternada
- b) Transforma corrente alternada em contínua
- c) Transforma corrente contínua em alternada
- d) Eleva a tensão, logo gera energia elétrica
- e) Opera só com corrente contínua

a)	14
b)	3
c)	4
d)	3
e)	2

Tabela 25-Questão 5- questionário final

Nesta questão observamos que pouco mais da metade dos alunos acertou a questão marcando a alternativa “a”, apesar de ser a maioria, o resultado pode estar indicando a necessidade de melhorar o enfoque dado ao assunto de indução magnética.

A sexta questão

- 6- Dois fios, dispostos como indica a figura, determinam as quatro regiões do plano.

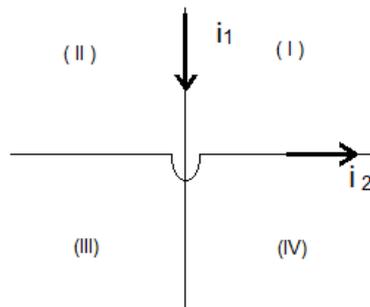


Figura 41- Condutores perpendiculares

As correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , que fluem pelos condutores, podem produzir campos magnéticos de intensidade nula:

- a) Somente em (I)
- b) Somente em (II)
- c) Somente em (III)
- d) Em (II) e (IV)
- e) Em (I) e (III)

a)	0
b)	5
c)	0
d)	18
e)	1

Tabela 26-Questão 6- questionário final

Com quase setenta por cento de alunos acertando a sexta questão verifica-se que além do bom entendimento dos fenômenos que relacionam eletricidade e magnetismo o alunado apresenta bom entendimento das relações que envolvem a soma vetorial de campos magnéticos.

A sétima questão

- 7- Uma barra condutora movimentada-se para a direita, de acordo com a figura, com velocidade  $\vec{v}$ , num campo de indução magnética  $\vec{B}$ , perpendicular ao plano da folha e apontando para o observador (para fora do papel).

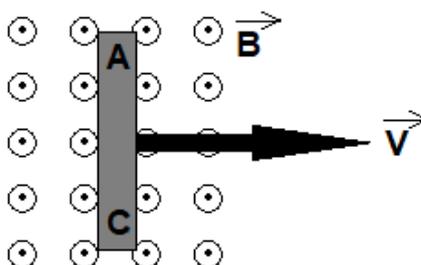


Figura 42- Barra deslocando em campo magnético

As cargas pontuais **negativas** da barra sofrem a ação de uma força magnética:

- a) de sentido de C para A.
- b) de sentido de A para C.
- c) do sentido de  $\vec{v}$ .
- d) no sentido de  $\vec{B}$ .
- e) no sentido oposto de  $\vec{v}$ .

a)	20
b)	4
c)	1
d)	1
e)	0

Tabela 27-Questão 7- questionário final

Através da tabela verifica-se que quase setenta por cento dos alunos acertaram a questão marcando a letra “a” ratificando o comentaria que fala do bom domino do assunto abordado na questão por parte dos alunos.

No gráfico a seguir estão representados os resultados dessas sete questões que demonstram a aquisição de conhecimentos de conceitos básicos sobre o eletromagnetismo, abordados na SD, de maneira significativa posto que um certo intervalo de tempo significativo se passou entre a aplicação da SD e o ultimo teste de verificação de aprendizagem.

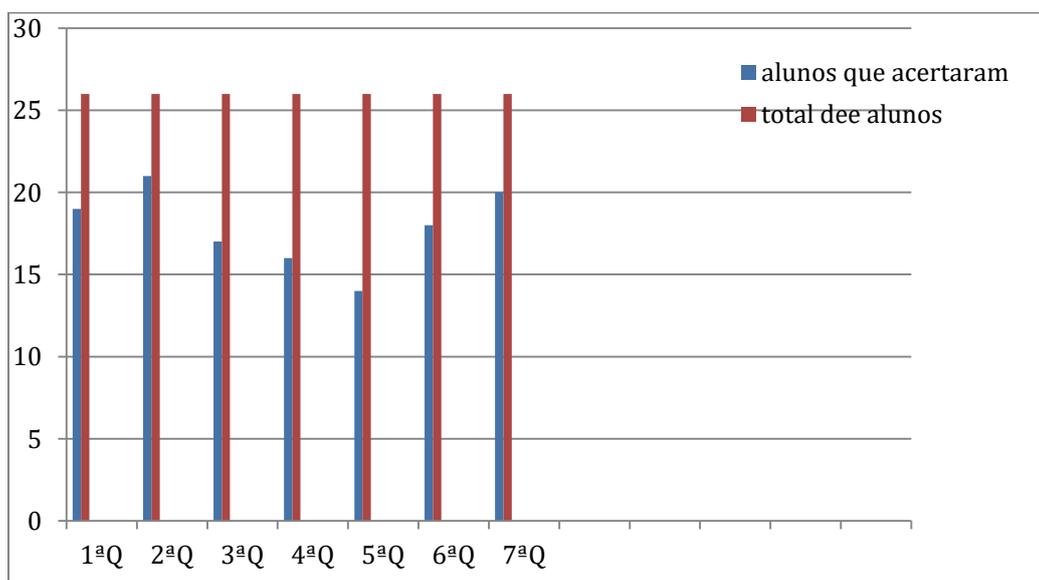


Gráfico 4-Resultados das sete primeiras questões do último questionário

As três questões analisadas a seguir tem por objetivo coletar as opiniões dos alunos a cerca do trabalho desenvolvido com a SD. Seus resultados estão apresentados nos gráficos a seguir.

A oitava questão

8- Você se sentiu motivado a participar das aulas no intuito de aprender o conteúdo através da sequencia didática?

a) sim	25
b) não	0
c) mais ou menos	1

Tabela 28-Questão 8- questionário final

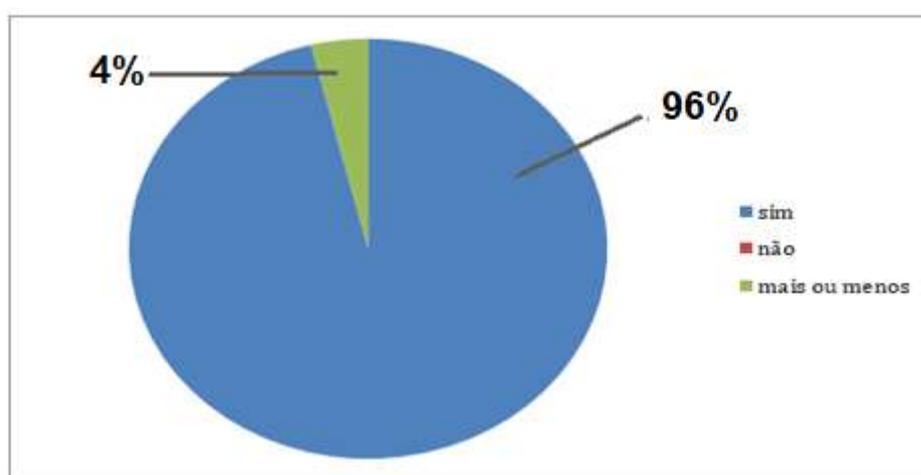


Gráfico 5-Resultado da oitava questão

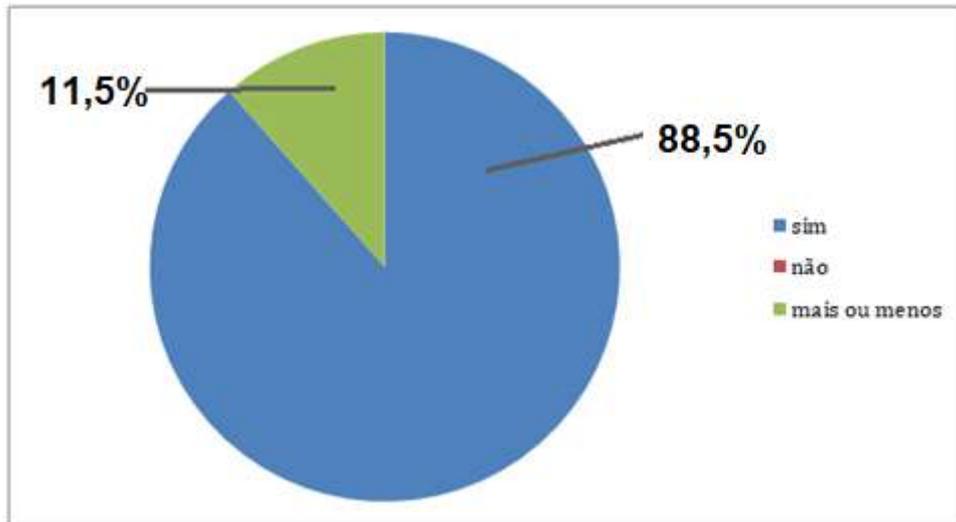
Com quase a totalidade dos alunos afirmando se sentiu estimulado a participar do trabalho, afirmo que esse resultado é coerente com o fato de que os vinte e seis alunos participantes das atividades estiveram presentes em todas as etapas.

A nona questão

9- Você acha que as demonstrações facilitarão sua compreensão a cerca do conteúdo abordado?

a) sim	23
b) não	0
c) mais ou menos	3

Tabela 29-Questão 9- questionário final



**Gráfico 6-Resultado da nona questão**

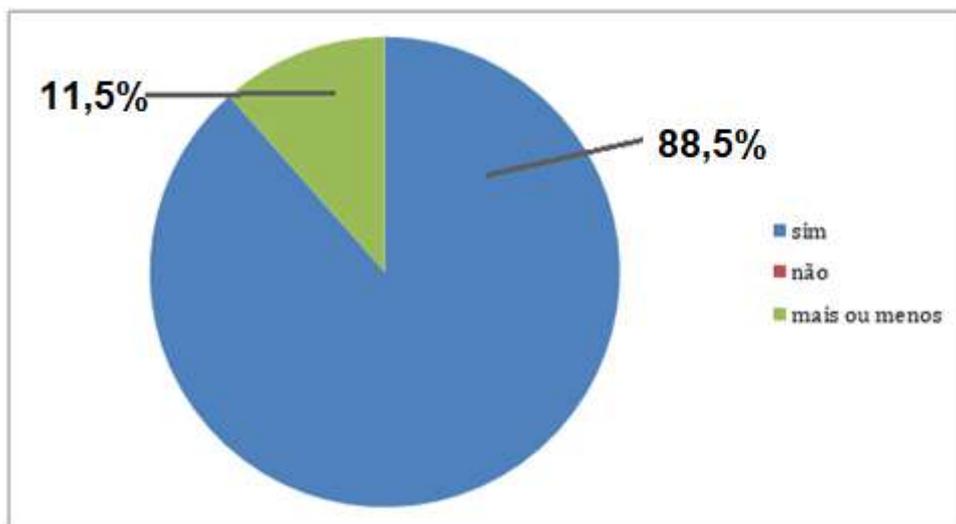
Analisando o gráfico concluiu-se que o fato de a maioria responder que sim corrobora os resultados dos testes aplicados ao longo do trabalho.

A décima questão

10-Você acha importante a demonstração dos fenômenos físicos através de experimentos para melhorar seu entendimento dos assuntos abordados?

a) sim	23
b) não	0
c) mais ou menos	3

**Tabela 30-Questão 10- questionário final**



**Gráfico 7-Resultado da décima questão**

O resultado acima exposto evidencia que o alunado aprova o uso da experimentação no desenvolvimento das atividades de sala de aula, pois através dos gráficos observa-se que o número de questões respondidas corretamente pela maioria dos alunos indica que a sequência didática é eficiente e que sua utilização viabiliza o processo de aprendizado por parte dos alunos proporcionando maior interesse em aprender e conseqüentemente um bom domínio do conteúdo trabalhado. Também se observa que a maioria do alunado reconhece a importância de a experimentação fazer parte do processo de ensino aprendizagem. .

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao pensar em elaborar a sequência didática que deu origem a esse trabalho decidi que deveria fazer algo que pudesse desenvolver no laboratório multidisciplinar da escola dentro de tempo que dispunha para realizar as tarefas que envolvem este espaço pedagógico. A turma com a qual a atividade deveria ser trabalhada é do terceiro ano do ensino médio e preparar os alunos para as provas do ENEM que é um dos objetivos principais da escola.

Imaginei apresentar os fenômenos físicos que são abordados no estudo de física. Escolhi experimentos clássicos que seriam apresentados em concordância cronológica com o desenvolvimento da ciência, especificamente do eletromagnetismo.

Os experimentos deveriam ser simples, porém capazes de permitir a observação dos fenômenos físicos de maneira clara.

Tendo em mente a teoria da aprendizagem de Ausubel e a forma como nela é descrito o mecanismo do aprender. Pensei no conceito de subsunçores como meio de nortear a elaboração do trabalho.

Ao final da aplicação da SD os alunos deveriam ter adquirido estruturas mentais (subsunçores) que permitissem o aprendizado de novos conceitos do eletromagnetismo bem como desenvolver a habilidade de manipular esses saberes no intuito de analisar e resolver problemas.

Cinco foram os encontros com os alunos necessários para o desenvolvimento do trabalho.

O trabalho fora aplicado em uma turma com o mais baixo rendimento dentre as demais e com maior número de faltosos. Pude constatar a mudança no comportamento dos alunos. Os vinte e seis participaram de toda a sequência e com desempenho muito bom.

Enfim como aspectos positivos da SD, além de ter obtido bons resultados com o aprendizado a cerca dos assuntos envolvidos, ressaltar o fato de ter tido o efeito de entusiasmar os alunos a ponto de quererem participar das aulas e se sentirem motivados a querer entender os assuntos envolvidos no trabalho. E como negativo o pouco tempo que os alunos tiveram para manipular os equipamentos, talvez com roteiros e outras tarefas a serem realizadas pelos mesmos possa ser refeita a forma de explorar os experimentos, mas com pouco tempo, imagino se a forma de avaliação poderia ser mais dinâmica possibilitando que mais tempo seja destinado ao manuseio dos experimentos.

Após aplicar a sequência didática e analisar os resultados obtidos com os testes sinto-me seguro em afirmar que alcancei os resultados almejados o que estimula pensar na possibilidade de elaborar novas sequências que envolvam outras partes da física.

## REFERÊNCIAS:

- AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph D. e HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1980. 626 p.
- BORGES, A.T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n. 3, dez. 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 1999.
- BRITO, Samara. **A teoria de ensino de Bruner**. 19 de novembro de 2014. Site: [samarameira.blogspot.com/2014/11/a-teoria-de-ensino-de-bruner.html](http://samarameira.blogspot.com/2014/11/a-teoria-de-ensino-de-bruner.html)  
Acesso em: 26/08/2016.
- CAPELLETO, J. A. **Biologia e educação ambiental: roteiros de trabalho**. São Paulo: Ática, 1992. 224p.
- CARRAHER, T.N. Ensino de ciências e desenvolvimento cognitivo. Coletânea do II Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia". São Paulo, FEUSP, 1986, p. 107-123.
- GONÇALVES, Susana. **Teorias da aprendizagem, práticas de ensino**. Coimbra: ESEC – Instituto Politécnico de Coimbra, 2007  
<http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/index13.asp>
- HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 8 ed., V. 3. São Paulo: LTC, 2009.
- J. R. Reitz, F. J. Milford, R. W Christy Fundamentos da Teoria Eletromagnética (Ed. Campus, Rio de Janeiro)
- LIMA, M.E.C.C.; JÚNIOR, O.G.A.; BRAGA, S.A.M. **Aprender ciências – um mundo de materiais**. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 1999.
- LUNETTA, V. N. **Atividades práticas no ensino da Ciência**. Revista Portuguesa de Educação, v. 2, n. 1, 1991.
- Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Site: [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf) (jun de 2017).  
Acesso em: 20/06/2017.
- SANTOS, P. L. W.; SCHENETZIER, P. R. **O que significa ensino de química para formar o cidadão**. Química Nova na Escola, nº4, 1996.
- SILVA, R. T.; CURSINO, A. C. T.; AIRES, J. A.; GUIMARÃES, O. M. Contextualização e Experimentação: uma Análise dos Artigos Publicados na

IN: **Revista Química Nova na Escola 2000-2008**. Seção “Experimentação no Ensino de Química.” Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, v. 11, n. 2, p. 26 – 46.

TORRES, Trilce Viera. El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. IN: **Universidades**. n. 26, jul–dec 2003. p. 37-43. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/373/37302605/>, Acesso em: 17 de outubro de 2018.

RONCA, Antonio Carlos Caruso. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. IN: Temas em Psicologia. V.2, n.3, dez, 2004. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-389X1994000300009](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X1994000300009). Acesso em: 23 de outubro de 2018.

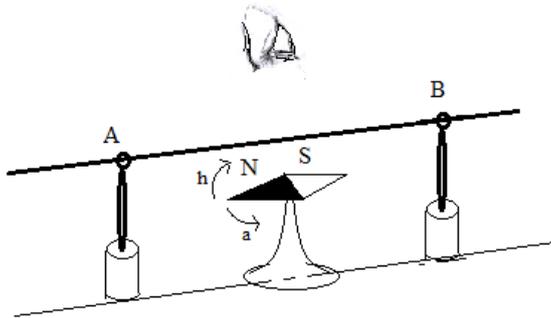
<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>, Acesso em: 02 de novembro de 2018.

# APÊNDICES

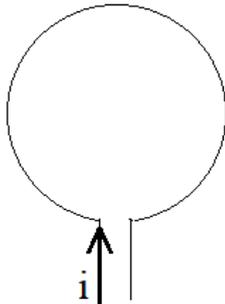
## Apêndice A – Questionário da Primeira etapa da SD

### Questionário do produto

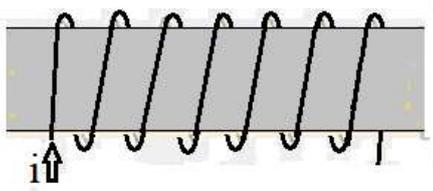
- 1- O que gera o campo elétrico?
- 2- O que gera o campo magnético?
- 3- No esquema anexo representa-se a experiência de Oersted. Enquanto não passa corrente elétrica pelo condutor metálico AB. O eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar corrente elétrica  $i$  dirigida de A para B. o observador visa a montagem de cima para baixo.



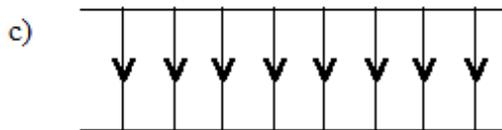
- a) No condutor metálico fluem elétrons de A para B.
  - b) No condutor metálico fluem prótons de A para B.
  - c) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário. (seta a).
  - d) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário.(seta h).
- 4- A espira circular representada na figura a seguir é percorrida por uma corrente elétrica convencional no sentido indicado. É correto afirmar que :



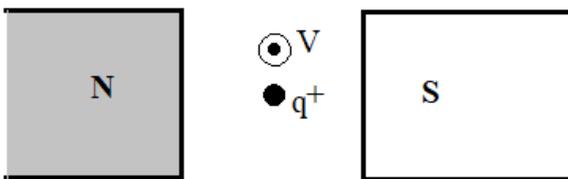
- a) É perpendicular ao plano e esta orientado para fora.
  - b) É perpendicular ao plano e esta orientado para dentro.
  - c) É paralelo ao plano e esta orientado para cima.
  - d) É paralelo ao plano e esta orientado para baixo.
- 5- Uma bobina é obtida enrolando-se um fio na forma helicoidal, como ilustrado na figura. Qual a configuração do campo magnético no interior da bobina se ela é percorrida por uma corrente (convencional) contínua na direção indicada na figura?



a) O campo magnético no interior da bobina é nulo.

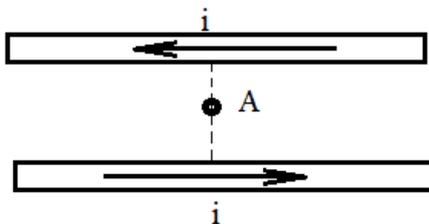


6- A figura mostra os polos norte e sul de ímãs . uma carga pontual positiva  $q$  é lançada com velocidade  $v$ , perpendicular às linhas de indução do campo magnético. Desprezando as ações gravitacionais, a carga pontual  $q$ :



- a) Não sofre desvio.
- b) Desvia-se para cima.
- c) Desvia-se para baixo.
- d) Aproxima-se do polo norte.
- e) Aproxima-se do polo sul.

7- A figura representa dois condutores retílineos muito longos colocados paralelamente. Os dois condutores estão submetidos a uma corrente elétrica de mesma intensidade  $i$ , conforme mostra a figura a seguir. De acordo com a situação acima, julgue a veracidade dos itens a seguir.



- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A corresponde à soma das intensidades dos campos magnéticos gerados pela corrente elétrica em cada condutor.
- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A é nula, pois as correntes elétricas têm sentidos opostos.

- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A é nula, pois as correntes elétricas não geram campo magnético.
- ( ) Os condutores ficam sujeitos a forças de origem magnética.

## Apêndice B - Questionário da segunda etapa da SD

### Utilizando o que aprendeu

Ao Observar o aparelho apresentado, chamado de motor simples, constituído por uma base de madeira, na qual está apoiada duas hastes que são suportes que funcionam como mancais para a bobina por onde passam as extremidades da bobina, sendo que uma está parcialmente raspada, e a outra, raspada por completo.

Responda:

- 1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?
  
- 2- Qual a fonte de energia do motor?
  
- 3- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?
  
- 4- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?
  
- 5- Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

O gerador é composto de uma bobina (400 voltas de fio de cobre AWG-30) que está enrolada em núcleo de ferro em forma de U que se encontra fixo em uma caixa de madeira que serve de suporte para todo o equipamento. Na parte interna do núcleo um carretel de plástico com 6 ímãs nele fixados de maneira que ao girar o carretel os ímãs se alinham com um polo próximo a uma das extremidades do núcleo e o outro com polaridade oposta na outra extremidade do mesmo núcleo de ferro, a medida que o carretel gira as polaridades se alternam concomitantemente. O carretel é a parte de um molinete que, ainda fixo no mesmo, proporciona a rotação do carretel e, consequentemente, o movimento dos ímãs. A caixa de madeira serve de suporte para o

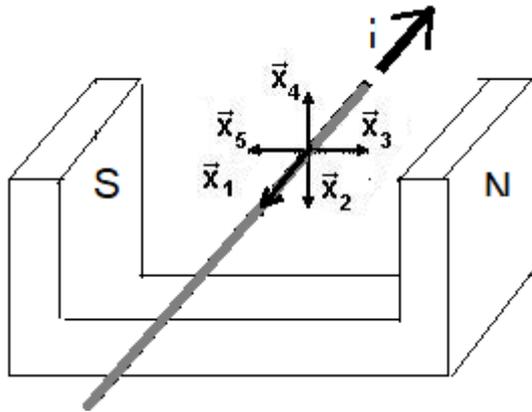
molinete que tendo sua manivela exposta permite ao usuário manipula-la. Aos terminais da bobina estão conectados um LED branco de 5mm.

Responda?

- 1- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?
  
- 2- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?
  
- 3- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?
  
- 4- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

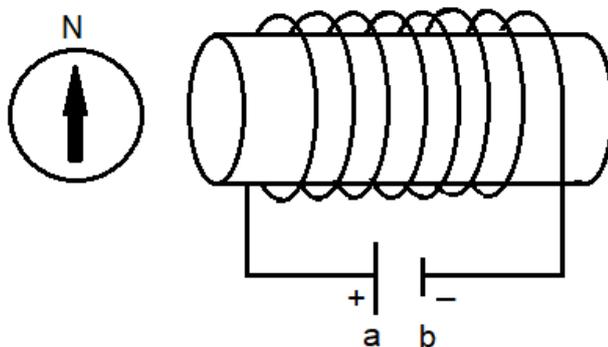
Apêndice C - Questionário final da SD

- 1- Um condutor, suportando uma corrente elétrica  $I$ , está localizado entre os polos de um ímã em ferradura, como está representado no esquema a seguir. Entre os polos do ímã, a força que age sobre o condutor é melhor representada pelo vetor:

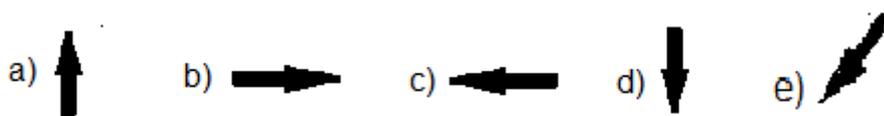


- a)  $X_1$
- b)  $X_2$
- c)  $X_3$
- d)  $X_4$
- e)  $X_5$

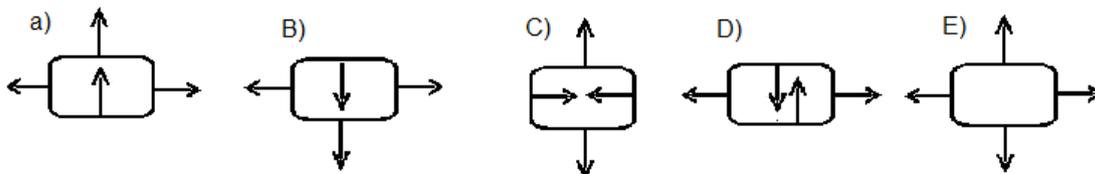
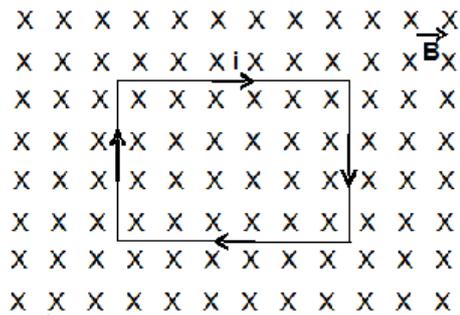
- 2- A figura representa uma bússola, horizontalmente disposta sobre uma superfície plana, alinhada com o campo magnético da Terra e no eixo de um solenoide em que não passa corrente. Uma bateria será ligada aos pontos a b, com seu terminal positivo conectado ao ponto a.



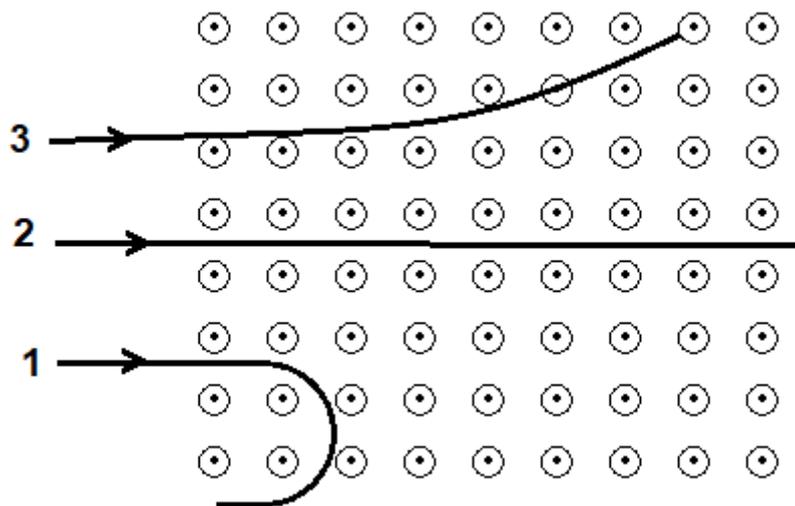
Assim após durante o tempo em que a bobina estiver ligada à baetria, a orientação da bússola passa a ser indicada corretamente na alternativa:



- 3- A figura representa uma espira retangular, percorrida por uma corrente  $i$ , imersa em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , orientado perpendicularmente para dentro do plano da figura. Cada lado da espira sofre ação de uma força magnética que pode ser representada pelo esquema:



4- O desenho ilustra uma região do espaço tomada por um campo de indução magnética uniforme, perpendicular à esta página e emergindo dela. Três corpos de massas iguais são lançados sucessivamente neste campo. Com velocidades iguais e seguem as trajetórias marcadas.



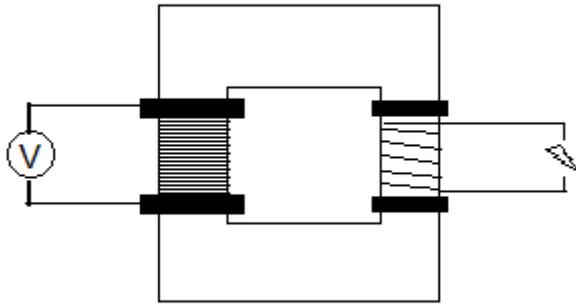
Considere as proposições:

- I) Os corpos 1 e 2 estão eletrizados com cargas de sinais opostos.
- II) O corpo 2 não está eletrizado.
- III) O corpo 3 tem carga elétrica positiva.

Qual ou quais delas são verdadeiras?

- a) Apenas I      b) Apenas II      c) Apenas III
- d) Apenas I e II      e) Apenas II e III

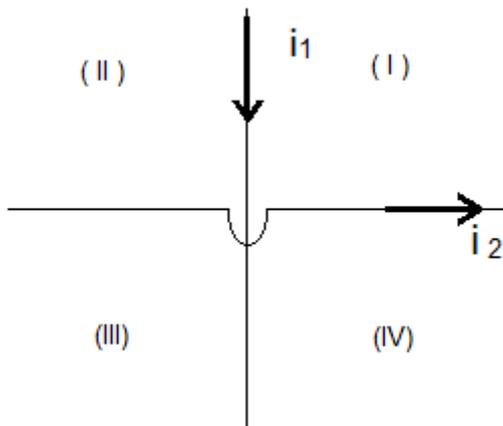
5- A figura a seguir representa um transformador elétrico.



Sobre este aparelho é correto afirmar que :

- a) Opera só com corrente alternada
- b) Transforma corrente alternada em contínua
- c) Transforma corrente contínua em alternada
- d) Eleva a tensão, logo gera energia elétrica
- e) Opera só com corrente contínua

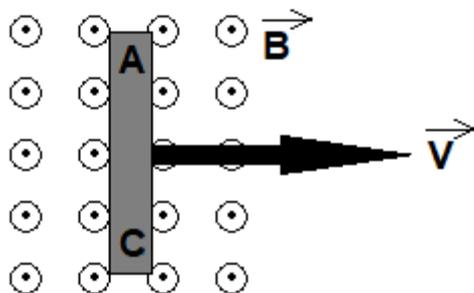
6- Dois fios, dispostos como indica a figura, determinam as quatro regiões do plano.



As correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , que fluem pelos condutores, podem produzir campos magnéticos de intensidade nula:

- a) Somente em (I)
- b) Somente em (II)
- c) Somente em (III)
- d) Em (II) e (IV)
- e) Em (I) e (III)

7- Uma barra condutora movimenta-se para a direita, de acordo com a figura, com velocidade  $\vec{v}$ , num campo de indução magnética  $\vec{B}$ , perpendicular ao plano da folha e apontando para o observador (para fora do papel).



As cargas pontuais **negativas** da barra sofrem a ação de uma força magnética:

- d) de sentido de C para A.
  - e) de sentido de A para C.
  - f) do sentido de  $\vec{V}$ .
  - d) no sentido de  $\vec{B}$ .
  - e) no sentido oposto de  $\vec{V}$ .
- 8- Você se sentiu motivado a participar das aulas no intuito de aprender o conteúdo através da sequencia didática?
- a) Sim
  - b) Não
  - c) Mais ou menos
- 9- Você acha que as demonstrações facilitarão sua compreensão a cerca do conteúdo abordado?
- a) Sim
  - b) Não
  - c) Mais ou menos
- 10- Você acha importante a demonstração dos fenômenos físicos através de experimentos para melhorar seu entendimento dos assuntos abordados?
- a) Sim
  - b) Não
  - c) Mais ou menos

Apêndice D – O produto Educacional



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DO  
ELETROMAGNETISMO**

Autor: Professor João Batista de Miranda Godinho

Orientador: Professor Dr. João Furtado de Souza

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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ - UFPA NO CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE  
FÍSICA (MNPEF),

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DO  
ELETROMAGNETISMO**

## Sumário

Introdução .....	1
Cronograma .....	3
A seguir apresento o cronograma de aplicação do produto educacional e em seguida a descrição das atividades que nele constam.....	3
Equipamentos e Atividades .....	5
1ª) A descoberta de Oersted.....	5
2ª) A balança de Ampère .....	7
3ª) O campo magnético gerado por uma bobina.....	9
4ª) Balança tipo Gangorra.....	11
5ª) O Experimento de Faraday.....	14
.....	14
6ª) O Experimento de indução elétrica com bobinas .....	15
7ª) A experiência de Hertz.....	16
8ª) Motor elétrico.....	19
9ª) Gerador elétrico.....	20
ANEXOS .....	21

## **Introdução**

Este material visa orientar na produção e utilização de um grupo de experimentos a serem apresentados para o alunado na fase inicial do desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem do assunto de eletromagnetismo no ensino médio.

O conjunto de experiências aqui elencadas está disposto em sequência que visa possibilitar ao aluno a observação de fenômenos eletromagnéticos de maneira que, a priori, seja possível descreve-los para em seguida poder entender e se apropriar dos conhecimentos acerca desses fenômenos físicos. E por fim, utilizando os saberes adquiridos, os alunos poderão expressar o entendimento das leis físicas que descrevem os fenômenos eletromagnéticos e

acerca do funcionamento de aparelhos cuja tecnologia se apoia em tais fenômenos.

Essa sequência didática não dispensa a exposição dos assuntos relacionados ao eletromagnetismo explorados em seu contexto. Concomitantemente à apresentação dos experimentos devem ser explicados os fenômenos e leis físicas que os descrevem de maneira a orientar o alunado no sentido de observarem tais fenômenos acontecerem durante a exposição dos experimentos.

Três questionários também fazem parte deste produto e devera ser aplicados ao longo das atividades posteriormente descritas. O primeiro questionário é composto de oito questões de múltiplas escolhas sobre o assunto explorado na sequência didática. Este será aplicado antes e depois do desenvolvimento da primeira etapa no laboratório, pois tem como objetivo verificar o conhecimento prévio do alunado e o aprendizado após a esta etapa.

O segundo questionário é composto de nove perguntas a cerca do funcionamento de um motor elétrico e um gerador elétrico e tem como objetivo verificar se os alunos dominam os saberes adquiridos na etapa anterior.

O terceiro questionário é composto de dez questões de múltipla escolha sendo sete sobre os assuntos desenvolvidos na sequencia didática e três que objetivam verificar a opinião do alunado a cerca do trabalho desenvolvido. Este deverá ser aplicado em dia posterior ao da última etapa em laboratório.

Os alunos devem ser orientados a utilizar em suas análises a corrente convencional pra que os resultados estejam em consonância com os resultados apresentados na maioria dos livros didáticos e metodologias de ensino desenvolvidas.

Apesar de o laboratório de ciências da escola ser o ambiente mais adequado para o desenvolvimento das atividades aqui apresentadas entendo que em nada isso limita a possibilidade das atividades serem desenvolvidas em sala de aula.

As atividades abordam os seguintes fenômenos:

- A interação de natureza atrativa ou repulsiva entre condutores retilíneos dispostos em paralelo que são percorridos por correntes de sentidos iguais e opostos;

- A relação entre a corrente que percorre um condutor retilíneo e o campo magnético gerado no entorno desse condutor;
- A relação entre o campo magnético no interior de uma bobina e a corrente elétrica que percorre os fios dessa bobina;
- A interação entre as cargas elétricas em movimento (corrente elétrica em um fio condutor) quando submersas em um campo magnético gerando a força que passa a atuar nessas cargas;
- A indução elétrica entre bobinas e
- A produção de ondas eletromagnéticas a partir de uma descarga elétrica entre condutores carregados.

## Cronograma

A seguir apresento o cronograma de aplicação do produto educacional e em seguida a descrição das atividades que nele constam.

ENCONTROS	ATIVIDADES
1 aula	Aula expositiva motivacional
1 aula	Aplicação do teste de verificação de conhecimentos prévios.
2 aulas	A prestação do primeiro grupo de experiências; aplicação do primeiro teste de verificação de aprendizagem.
2 aulas	Breve reapresentação das experiências da etapa anterior e a apresentação do segundo grupo de experiências; aplicação do questionário de verificação de aprendizagem. .
1 aula	Aplicação do último teste afim de verificação de aprendizagem e opiniões a cerca da SD.
<p><b>Observação:</b> Cada aula tem duração de 45 minutos. As atividades desenvolvidas em duas aulas tem previsão de serem executadas em 90 minutos sem intervalo.</p>	

Tabela 31-Quadro cronograma de aplicação do produto

Utilizando o espaço pedagógico, laboratório multidisciplinar, para realizar atividades práticas aos alunos serão apresentados equipamentos que lhe permitam a observação de fenômenos eletromagnéticos. Essas atividades serão organizadas em etapas. A saber:

- h) O trabalho inicia com o desenvolvimento de uma aula expositiva, durante a qual alguns textos do livro serão lidos e discutidos, com o objetivo de despertar a curiosidade do alunado acerca de assuntos relacionados com o eletromagnetismo.
- i) Em seguida um teste de sondagem deve ser ministrado a fim de avaliar o conhecimento dos alunos sobre assunto a ser desenvolvido.
- j) Em um primeiro encontro no laboratório multidisciplinar um grupo de experimentos será apresentado por mim para ser manipulados por mim e pelos alunos sob minha orientação, afim de que eles visualizem e vivenciem os fenômenos a serem compreendidos, são eles: A descoberta de Oersted, a balança de Ampere, o campo magnético gerado por uma bobina, a balança tipo gangorra, o experimento de Faraday, o experimento de indução elétrica com bobinas e a experiência de Hertz.
- k) O teste de verificação de conhecimentos aplicado anteriormente é reaplicado ao final dessa etapa. Afim de, posterior, análise de aprendizado.
- l) Em um segundo encontro no laboratório multidisciplinar, após uma breve apresentação dos experimentos elencados na etapa anterior, um par de aparelhos constantes do produto educacional é apresentado ao alunado que, dispostos em grupos, observarão, discutirão e formularão hipóteses para explicar o funcionamento desses aparelhos.
- m) A fim de direcionar o observar e registrar o entendimento por parte do alunado e respeito dos aparelhos, um questionário foi aplicado para que eles respondessem acerca dos aparelhos individualmente após o momento de discussão entre os alunos de cada grupo.
- n) A aplicação do teste de verificação de aprendizagem anexa ao questionário descrito no item anterior bem como um questionário sobre a

opinião dos alunos acerca do trabalho desenvolvido também faz parte dessa segunda etapa da SD.

## Equipamentos e Atividades

A seguir apresento os equipamentos e as atividades experimentais a serem desenvolvidas durante a aplicação da sequência didática:

### **1ª) A descoberta de Oersted**

O aparelho é composto de um suporte de madeira no qual se encontram cravados quatro pinos de madeira em torno dos quais está enrolado um fio de cobre (AWG-28) em número de voltas igual a 10, em meio ao fio está ligado um LED de 5mm em série (figura 1) e aos terminais do fio uma fonte de 5V(carregador de celular).



Figura 39-Experiência de Oersted

Uma bússola posicionada próximo ao fio permite que se observe a interação entre a agulha imantada e o campo magnético gerado pelo fio. Com um conjunto constituído de uma haste pontiaguda de alumínio que serve de suporte para uma agulha magnética (agulha de uma bússola), é mapeado a forma das linhas de campo magnético no em torno dos fios que compõe o aparelho é importante provocar os alunos para que demonstrem como eles

percebem a forma do campo e em seguida a figura que representa essas linhas é apresentada (figura 2).

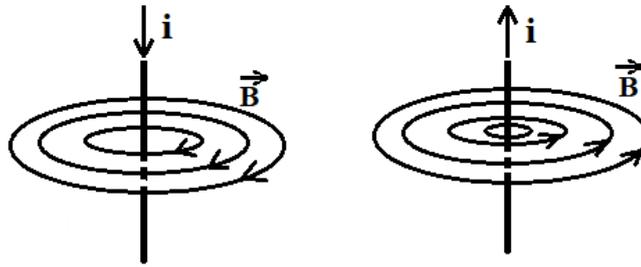


Figura 40-Campo em torno do fio

O objetivo dessa experiência é permitir aos alunos visualizarem a ação que a corrente elétrica exerce sobre a agulha de uma bússola, a forma do campo magnético gerado pela corrente elétrica no entorno do fio condutor que por ela é percorrido e a regra da mão direita de Ampere que é apresentada para os alunos e estes são estimulados a reproduzi-la, onde o polegar indica o sentido da corrente elétrica ao longo do condutor e os demais dedos indicam a forma do campo magnético gerado em torno desse condutor.

## 2º) A balança de Ampère



Figura 41-Balança de Ampere

O aparelho (figura 3) é composto de um suporte fixo confeccionado em madeira barras de ferro rosqueadas, porcas e arruelas e fio de cobre (AWG 17), no qual é conectado o gerador de tensão de 12 V, e haste moveis que ao serem conectadas ao suporte proporcionaram o fechamento do circuito e assim a possibilidade de observação dos efeitos de atração e repulsão entre os fios paralelos percorridos pela corrente elétrica.

Serão apresentadas para o aluno duas hastes móveis que possibilitam a montagem de dois circuitos com os fios paralelos, um no qual as correntes tem sentido iguais ( figura 4) e o outro com sentidos opostos( figura 5).



Figura 42-correntes de sentido iguais



Figura 43-correntes de sentido diferentes

O objetivo da atividade é proporcionar ao aluno a percepção e o entendimento das forças de interação entre correntes elétricas, que fluem através de condutores retilíneos e paralelos avizinados, através dos campos magnéticos gerado em entorno de cada fio.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Antes de conectar o gerador de tensão ao aparelho (BALANÇA DE AMPÈRE) ao alunado deverão ser apresentadas as hastes complementares do circuito e junto a eles analisar a trajetória que a corrente deverá percorrer ao longo do circuito, em seguida a outra haste deverá ser posicionada e novamente a análise deve ser feita, o objetivo é leva-lo a concluir de que haverá duas situações para os fios dispostos em paralelo: ou as correntes, paralelas, terão sentidos iguais ou opostos e que isso dependerá da haste complementar do circuito a ser posicionada no aparelho.

Feito isso o aluno deve identificar cada haste.

2ª- Uma vez submetido à tensão o aluno deverá observar o comportamento dos fios paralelos. E relacionar esse comportamento com o sentido das correntes que percorrem os fios. O objetivo é proporcionar ao aluno a observação e percepção que ocorre a interação entre condutores retilíneos paralelos percorridos por corrente elétrica e que dependendo do sentido dessas correntes, uma em relação à outra, essa interação pode ser de atração ou repulsão (figuras 6 e 7).



Figura 44-interação atrativa

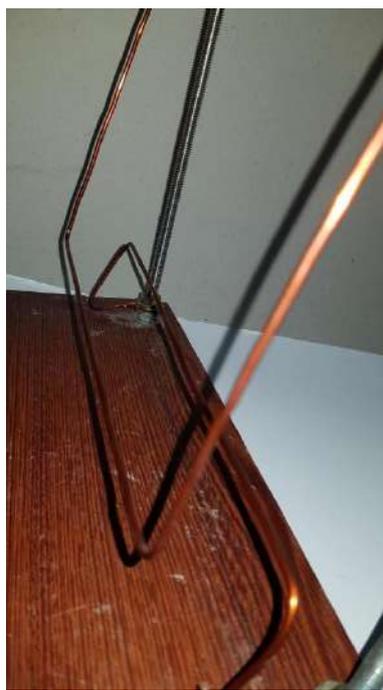


Figura 45-interação repulsiva

O aluno deve identificar os efeitos ou de atração ou de repulsão relacionando-os às hastes bem como aos sentidos das correntes que percorrem os seguimentos do circuito que estão avizinados.

### **3ª) O campo magnético gerado por uma bobina**

O experimento é composto de uma bobina de aproximadamente 350 voltas confeccionada com fio de cobre (AWG 28) enrolada em uma conexão tubo de PVC com 5cm de diâmetro, uma bateria, agulha de uma bússola com uma haste de alumínio para apoiá-la, fios conectores e uma bússola conforme figura-8.



**Figura 46-Bobina-1**

O objetivo do experimento é permitir ao aluno observar e perceber a forma do campo magnético gerado pela bobina enquanto percorrida por uma corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita verificar que é possível descrever esse campo magnético.

**Etapas constantes da atividade:**

1ª- A bateria deve ser ligada aos terminais da bobina utilizando-se os conectores de maneira a permitir que a corrente percorra seus filamentos. A presença da bússola próxima à bobina indicará a geração do campo magnético através da deflexão sofrida devido a interação entre o campo magnético da bobina e a agulha da bússola.

2ª- Com a agulha de bússola que pende na ponta da haste de alumínio verifica-se (visualiza-se) a forma do campo magnético gerado, para isso a agulha deve ser posicionada em diversos lugares no interior e entorno da bobina. Ao se alinhar as linhas de campo a agulha indica a direção e o sentido do campo nas posições em que ela passa, conforme Figura-9.

3ª- Estimulados os alunos devem descrever como eles percebem a forma do campo magnético gerado. Em seguida a figura que representa essas linhas é apresentada.

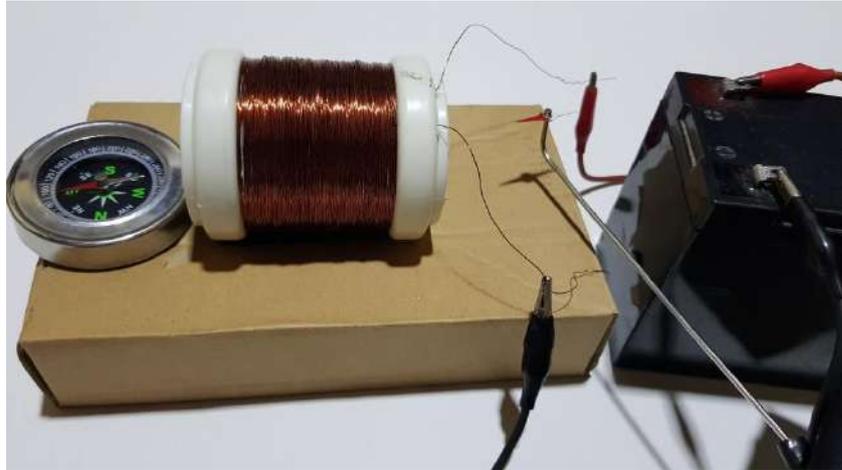


Figura 47-Bobina-2

#### 4ª) Balança tipo Gangorra

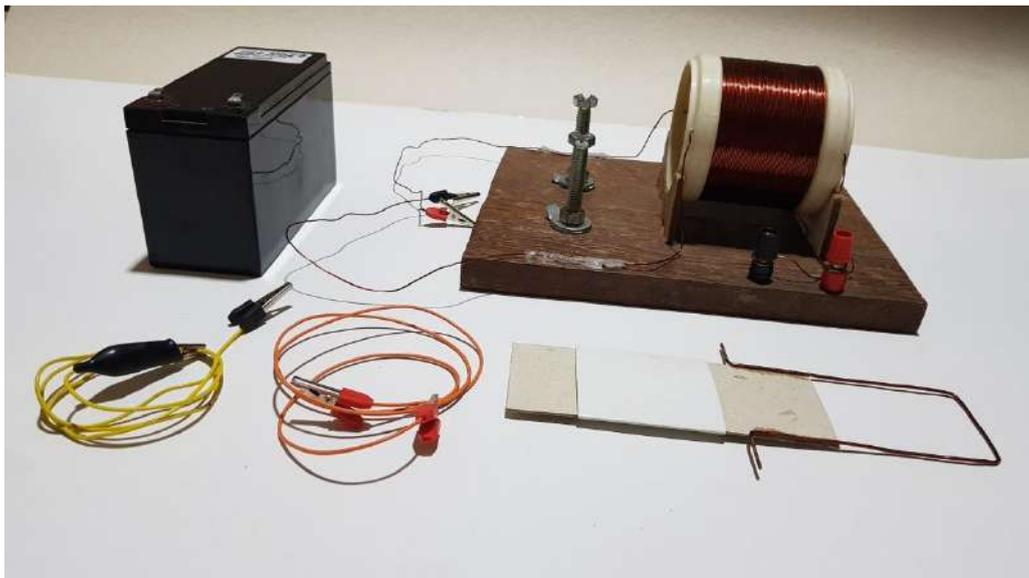


Figura 48-Balança tipo gangorra

O dispositivo é composto de um solenoide (aproximadamente 400 voltas), enrolado em um tubo de 8 cm de comprimento por 7,5 cm de diâmetro, e uma plataforma móvel confeccionada com folhas de papelão, fios de cobre e um contrapeso de papel, que proporcionam o fechamento do circuito, todos confeccionados com fios de cobre AWG 28, (figura-10).

A bobina deve ser conectada aos parafusos, suportes da plataforma, conforme indica a figura-11, de duas maneiras de modo que a corrente possa fluir ou no sentido de A para B ou de B para A.

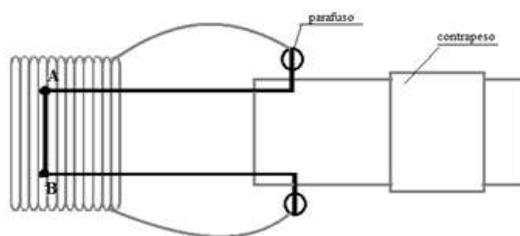


Figura 49- Esquema da balança gangorra

Este experimento tem o objetivo de permitir se observe a direção e o sentido da força magnética que age sobre as cargas elétricas que percorrem o fio, em relação às direções e sentidos do fluxo da corrente no segmento AB do fio e do fluxo do campo magnético gerado no interior da bobina possibilitando o entendimento da regra da mão direita de Fleming.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Será identificado o sentido das linhas de campo magnético gerado no interior da bobina com o auxílio de uma bússola.

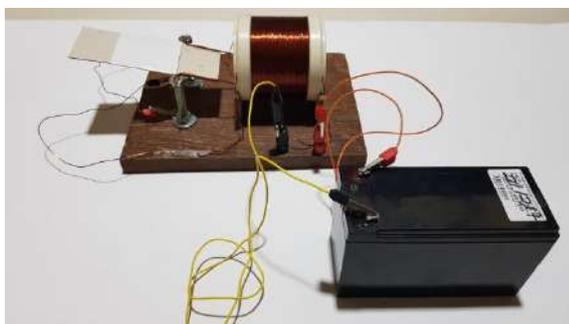


Figura 50- Balança gangorra etapa 1

2ª- Posiciona-se a plataforma no aparelho (figura-12) e identifica-se o sentido da corrente elétrica nos segmentos AB, indicados na figura-15 e. O procedimento deve ser repetido invertendo-se a conexão feita através dos fios que saem da bobina e os parafusos conforme indica a figura-13.



Figura 51- Balança gangorra etapa 2

3ª- Após posicionar a plataforma de maneira a fechar o circuito o aparelho é submetido à tensão elétrica para que se observe o comportamento da plataforma “gangorra” indicando se o segmento AB se desloca para cima ou para baixo. E representará a disposição das direções e sentidos da corrente (direção da velocidade de deslocamento das cargas elétrica), do campo magnético gerado no interior da bobina e da força que atua no segmento AB (força sobre as cargas que percorrem o fio) utilizando os dedos da mão direita conforme a figura 14 a seguir.

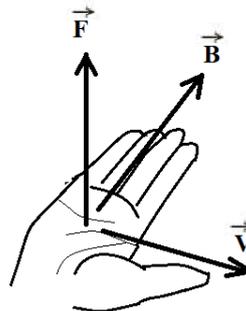


Figura 52- Regra da mão direita 2

## 5ª) O Experimento de Faraday

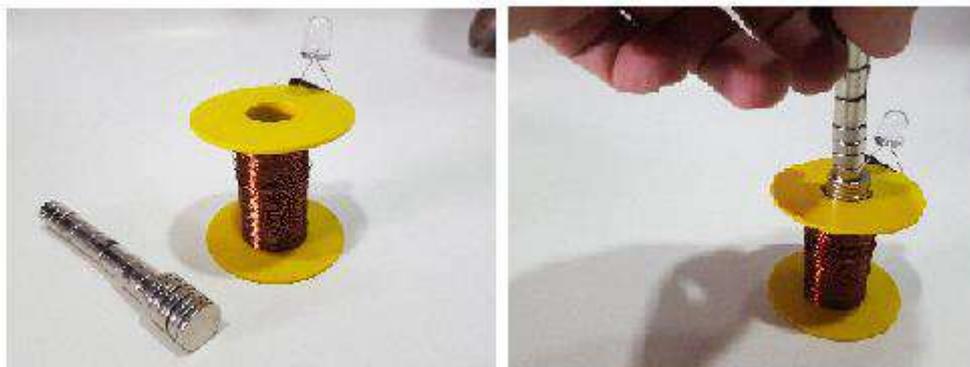


Figura 53- Experimento de Faraday

O experimento é composto de uma bobina com aproximadamente 600 voltas de fio de cobre (AWG 30), enrolado em um suporte plástico (PVC) oco de maneira que as extremidades estão conectadas aos terminais de um LED (diodo emissor de luz) e um conjunto de ímãs de formato cilíndrico (figura 15).

Este experimento tem como objetivo proporcionar ao estudante observar e compreender o fenômeno da indução eletromagnética, onde a variação do fluxo magnético produzido pelo movimento de um ímã no interior do solenoide induz o surgimento de uma corrente elétrica no circuito (bobina-LED) através do surgimento de uma força eletromotriz.

### **Etapas constantes da atividade:**

1ª – Introduz-se o ímã no interior da espira e mantê-lo ali, estático, para que se observe que com o campo magnético constante o LED não acende.

2ª- Em seguida segura-se a bobina, de maneira que o ímã fique confinado dentro da mesma. Move-se o conjunto de um lado para outro para que o ímã deslize dentro do tubo submete-se o interior bobina à um campo magnético variável permitindo que se observe o LED piscando.

3ª- Mostra-se ao alunado que o LED só acende enquanto o ímã se move no interior da bobina e que dependendo da maneira com que o LED é conectado aos terminais da bobine ele acende quando da saída ou da entrada do ímã, pois um diodo é um componente eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.

4ª- Identificado os polos do ímã, chama-se atenção para o fato de que dependendo do sentido de das linhas de campo pode-se gerar correntes elétricas em dois sentidos do fio, enfatiza-se a ideia utilizando a regra da mão direita de Ampere.

### **6ª) O Experimento de indução elétrica com bobinas**



**Figura 54- Indução entre bobinas**

Para realizar esse experimento utiliza-se a bobina da balança tipo gangorra, a bobina da experiência do campo magnético gerado por uma bobina, fios conectores, um LED e uma bateria de 12volts (figura 26).

O objetivo desta experiência é demonstrar outra maneira de o fenômeno da indução eletromagnética ocorrer, agora sem a presença de um ímã. A força eletromotriz que surge na bobina conectada ao LED é produzida pelo campo magnético da outra bobina. Esse entendimento permitirá ao alunado entender o funcionamento de transformadores e alguns tipos de motores elétricos.

#### **Etapas constantes da atividade:**

- 1ª- Conecta-se o LED aos terminais da bobina menor.
- 2ª- Introduce-se a bobina menor no interior da maior de maneira que seja possível observar o LED.
- 3ª- Liga-se os terminais da bobina maior aos da bateria permitindo aos alunos observarem. O cintilar do LED, que ocorre somente no momento em que é feita a ligação e quando essa é desfeita, pois no período entre esses eventos o LED se mantém apagado.

### 7ª) A experiência de Hertz



Figura 55- A experiência de Hertz

O aparelho é composto de duas estruturas que funcionam como antenas, uma emissora e a outra receptora de ondas eletromagnéticas (figura 17).

As antenas são confeccionadas com duas hastes de alumínio que, fixas em suportes feitos de madeira com 11 cm de comprimento e presos a bases de madeira, são posicionadas sob uma mesma direção e separadas por cerca de 1cm .

A cada haste que compõe a antena emissora são conectados os terminais do gerador de alta tensão. E ao par de hastes que compõem a antena receptora estão conectados os terminais de uma lâmpada de neon.

Nas extremidades das hastes foi pendurado pedaços idênticos de papel alumínio a fim de aumentar a capacitância das antenas. Isso aumenta a quantidade de carga elétrica que estará sujeita a perturbação da onda

eletromagnética transmitida e recebida pelas antenas aumentando assim a intensidade da potencia das centelhas produzidas.

Como gerador de tensão utilizaremos um circuito retirado de um acendedor de fogão que contém um cristal piezoelétrico (figura18), cuja propriedade e produzir grande tensão ao ser submetido a choque mecânicos e um circuito de acender fogão chamado usina (figura 19).

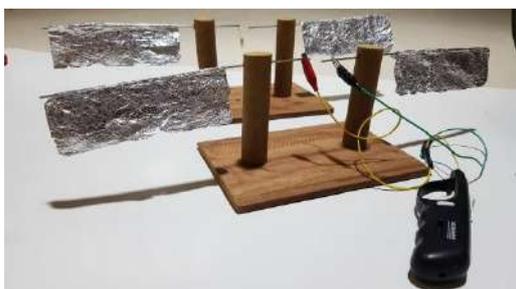


Figura 56-Acendedor -Piezoelétrico



Figura 57-Acendedor –usina

Ainda faz parte do material, três folhas de papelão sendo que duas têm uma de suas faces coberta com papel alumínio, sendo que em uma não há ranhuras (fendas) e na outra existem ranhuras(fendas) horizontais e verticais. Ainda faz parte do material uma placa de madeira (compensado bem fino).



Figura 58-Pacas-obstáculos

O objetivo desse experimento é permitir ao aluno compreender como se dá o processo de emissão de onda eletromagnético a partir de um circuito gerador de altas voltagens e identificar algumas características de fenômenos ondulatórios que atestam tratar-se de emissões de ondas eletromagnéticas entre as duas estruturas (antenas emissora e receptora) do experimento.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Aos alunos serão apresentados os componentes do equipamento utilizados no experimento.

2ª- As antenas devem ser posicionadas de maneira que as hastes que as formam fiquem paralelas entre si conforme o esquema da figura-21.

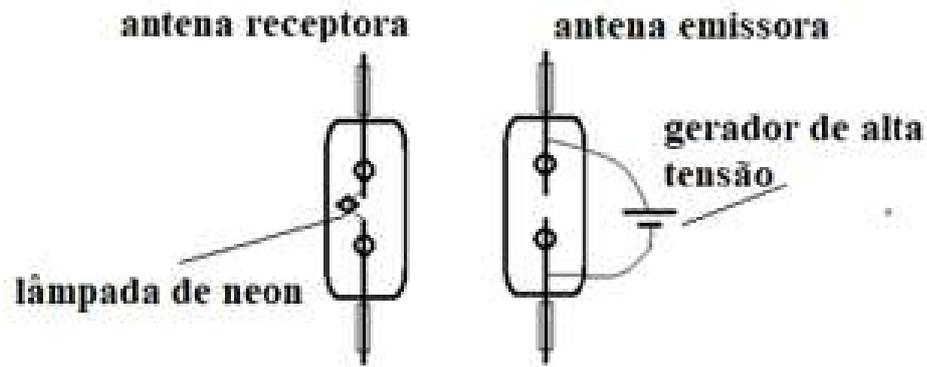


Figura 59- esquema da experiência de Hertz

3ª- As garras jacaré conectarão os terminais do gerador de tensão à antena emissora, uma em cada haste. Manipulando o gatilho do acendedor produz-se a centelha entre as hastes da antena

4ª- Os alunos devem observar atentamente o efeito na lâmpada de neon que acende quando uma centelha é produzida entre as hastes que compõe a antena emissora.

5ª- O procedimento descrito será repetido, porém introduz-se: primeiramente a folha de papelão no espaço entre as antenas paralelamente às antenas; depois a folha de madeira; em seguida a placa metálica sem fendas e por fim a placa contendo as fendas, primeiramente posicionando-a com as fendas na horizontal e em seguida na vertical. E durante esta etapa o aluno deverá identificar se a lâmpada acende ou não durante o intervalo de tempo em que cada um dos tipos de possíveis obstáculos é interposto às antenas.

Aos alunos deve ser explicado que o fato de a perturbação que se propaga de uma antena para outra não atravessar a placa metálica sem fendas e nem a metálica com fendas horizontais indica tratar-se de um fenômeno ondulatório pois as ondas que por ali passam são polarizadas.

### 8ª) Motor elétrico

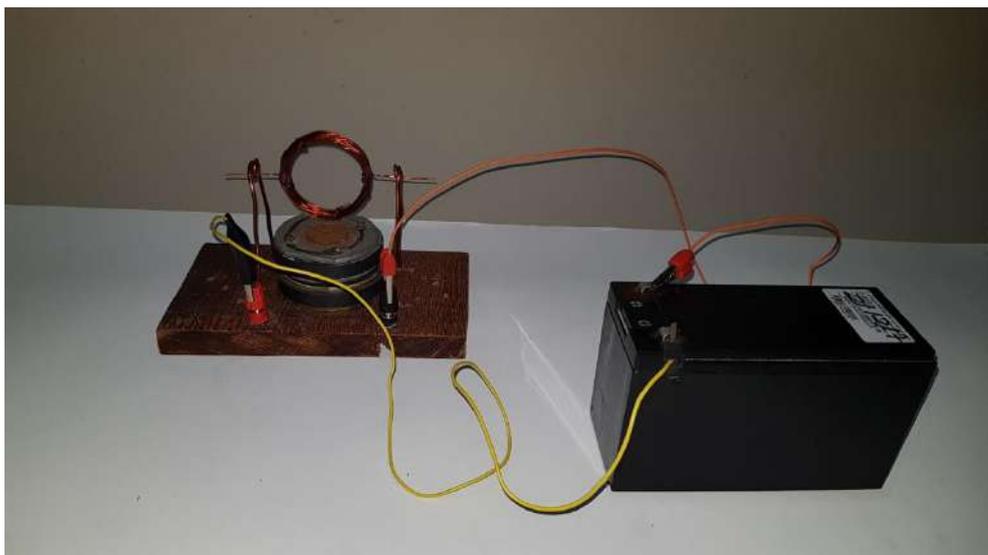


Figura 60-Motor elétrico

O motor é composto de uma bobina confeccionada com fio AWG-28 com 50 voltas enrolada com diâmetro aproximado de com 5.5cm (figura 22). Uma das extremidades da bobina é totalmente raspada e a outra parcialmente raspada. Apoiada em dois mancais de cobre que conectados aos terminais onde se ligam os polos da bateria permite que seja percorrida pela eletricidade sempre que as partes do fio sem esmalte estiverem em contato com os referidos mancais. Esse mecanismo permite que o campo magnético gerado pela bobina interaja como o campo magnético dos ímãs assim a força magnética atua na bobina fazendo-a girar e a inercia mantem o movimento até que novamente se faça o contato entre as partes do fio raspadas e os mancais.

Após a apresentação do aparelho os alunos são dispostos em equipes de três ou quatro integrantes com a finalidade de discutirem e responderem as perguntas, pertinentes ao experimento, constantes do questionário.

#### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Durante a apresentação do aparelho o aluno deverá ser informado de que e como é composto o aparelho.

2ª- Liga-se o aparelho permitindo a observação por parte dos alunos.

3ª- O aluno deverá formular uma explicação para o funcionamento do aparelho. E responder ao questionário.

### **9ª) Gerador elétrico**

O gerador é composto de uma bobina (400 voltas de fio de cobre AWG-30) que está enrolada em núcleo de ferro em forma de U que se encontra fixo em uma caixa de madeira que serve de suporte para todo o equipamento (figura-23).



**Figura 61-Gerador -1**



**Figura 62-Carretel com ímãs**

Na parte interna do núcleo um carretel de plástico (parte do próprio molinete) com seis ímãs nele fixados (Figura-24) de maneira que ao girar o carretel os ímãs se alinham com um polo próximo á uma das extremidades do núcleo e o outro com polaridade oposta na outra extremidade do mesmo núcleo de ferro, a medida que o carretel gira as polaridades se alternam concomitantemente. O carretel é a parte de um molinete que, ainda fixo no mesmo, proporciona a rotação do carretel e, conseqüentemente, o movimento dos ímãs que produzem o campo magnético variável que muda periodicamente de sentido no interior do núcleo de ferro (Figura-25). A caixa de madeira serve de suporte para o molinete que tendo sua manivela exposta permite ao usuário manipula-la. Aos terminais da bobina estão conectados um LED branco de cinco milímetros. Que acende quando o campo magnético varia no interior da bobina.



Figura 63- Gerador 2

### **Etapas constantes da atividade:**

1ª- Ao alunado será exposto o aparelho e descrito as partes que o compõe.

2ª- O aluno deverá fazer girar o carretel através da manivela.

3ª- Ao alunado deverá ser proposto que formule uma explicação para o funcionamento do aparelho.

4ª Mantendo a configuração das equipes do experimento anterior, os alunos serão orientados a discutir e responder as questões do questionário que envolve essa demonstração.

Ao final da apresentação os alunos serão orientados a responder do questionário, as questões que envolvem este experimento e demais questões. A fim de proceder à análise final sobre o aprendizado dos alunos um grupo de questões que versam sobre os assunto envolvidos na sequência didática foi acrescentado ao fim do ultimo.

Os testes e questionário estão dispostos nos anexos a seguir.

## **ANEXOS**

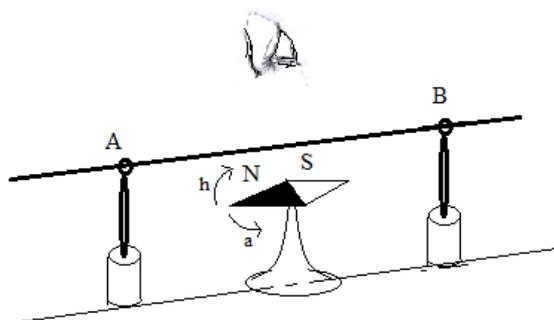
Anexo A – Questionário da Primeira etapa da SD

### Questionário do produto

11-O que gera o campo elétrico?

12-O que gera o campo magnético?

13-No esquema anexo representa-se a experiência de Oersted. Enquanto não passa corrente elétrica pelo condutor metálico AB. O eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar corrente elétrica  $i$  dirigida de A para B. o observador visa a montagem de cima para baixo.



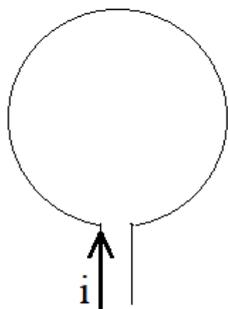
e) No condutor metálico fluem elétrons de A para B.

f) No condutor metálico fluem prótons de A para B.

g) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário. (seta a).

h) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário.(seta h).

14-A espira circular representada na figura a seguir é percorrida por uma corrente elétrica convencional no sentido indicado. É correto afirmar que :



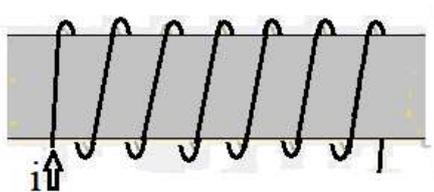
e) É perpendicular ao plano e esta orientado para fora.

f) É perpendicular ao plano e esta orientado para dentro.

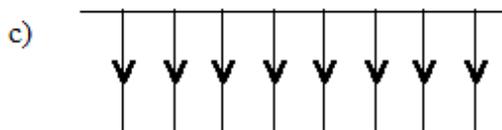
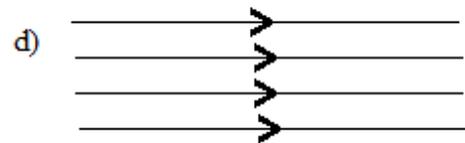
g) É paralelo ao plano e esta orientado para cima.

h) É paralelo ao plano e esta orientado para baixo.

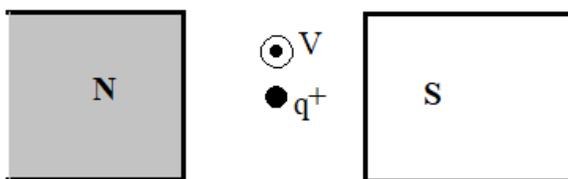
15-Uma bobina é obtida enrolando-se um fio na forma helicoidal, como ilustrado na figura. Qual a configuração do campo magnético no interior da bobina se ela é percorrida por uma corrente (convencional) contínua na direção indicada na figura?



b) O campo magnético no interior da bobina é nulo.



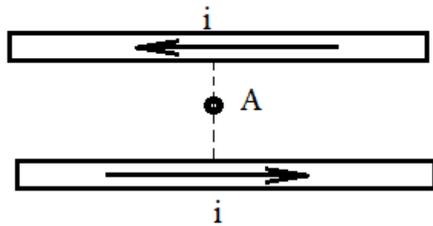
16-A figura mostra os polos norte e sul de ímãs . uma carga pontual positiva  $q$  é lançada com velocidade  $v$ , perpendicular às linhas de indução do campo magnético. Desprezando as ações gravitacionais, a carga pontual  $q$ :



- f) Não sofre desvio.
- g) Desvia-se para cima.
- h) Desvia-se para baixo.
- i) Aproxima-se do polo norte.
- j) Aproxima-se do polo sul.

17-A figura representa dois condutores retilíneos muito longos colocados paralelamente. Os dois condutores estão submetidos a uma corrente

elétrica de mesma intensidade  $i$ , conforme mostra a figura a seguir. De acordo com a situação acima, julgue a veracidade dos itens a seguir.



- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A corresponde à soma das intensidades dos campos magnéticos gerados pela corrente elétrica em cada condutor.
- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A é nula, pois as correntes elétricas têm sentidos opostos.
- ( ) A intensidade do campo magnético resultante no ponto A é nula, pois as correntes elétricas não geram campo magnético.
- ( ) Os condutores ficam sujeitos a forças de origem magnética.

#### Anexo B - Questionário da segunda etapa da SD

##### Utilizando o que aprendeu

Ao Observar o aparelho apresentado, chamado de motor simples, constituído por uma base de madeira, na qual está apoiada duas hastes que são suportes que funcionam como mancais para a bobina por onde passam as extremidades da bobina, sendo que uma está parcialmente raspada, e a outra, raspada por completo.

Responda:

6- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

7- Qual a fonte de energia do motor?

8- O que ocorre com a bobina ao ser percorrida pela corrente elétrica?

9- Qual a finalidade do ímã natural que se encontra abaixo da bobina?

10-Quando a bobina estiver com o polo contrário ao do ímã, a força entre elas será de atração e o movimento da bobina será amortecido resultando em seu fim. Por que isso não ocorre nesse aparelho?

O gerador é composto de uma bobina (400 voltas de fio de cobre AWG-30) que está enrolada em núcleo de ferro em forma de U que se encontra fixo em uma caixa de madeira que serve de suporte para todo o equipamento. Na parte interna do núcleo um carretel de plástico com 6 ímãs nele fixados de maneira que ao girar o carretel os ímãs se alinham com um polo próximo a uma das extremidades do núcleo e o outro com polaridade oposta na outra extremidade do mesmo núcleo de ferro, a medida que o carretel gira as polaridades se alternam concomitantemente. O carretel é a parte de um molinete que, ainda fixo no mesmo, proporciona a rotação do carretel e, conseqüentemente, o movimento dos ímãs. A caixa de madeira serve de suporte para o molinete que tendo sua manivela exposta permite ao usuário manipula-la. Aos terminais da bobina estão conectados um LED branco de 5mm.

Responda?

5- Quais as formas de energia envolvidas no sistema? E como se dá a transformação entre elas?

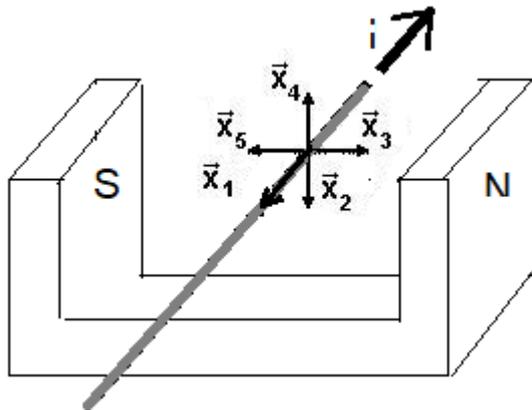
6- O que ocorre com o núcleo de ferro da bobina estando próximo dos ímãs? E Qual o efeito do movimento desses ímãs?

7- O que provoca o surgimento da corrente elétrica na bobina?

8- Qual o tipo de corrente que surge na bobina e por quê?

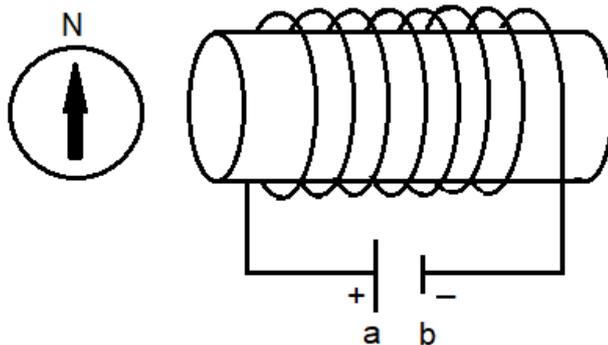
Anexo C - Questionário final da SD

5- Um condutor, suportando uma corrente elétrica  $I$ , está localizado entre os polos de um ímã em ferradura, como está representado no esquema a seguir. Entre os polos do ímã, a força que age sobre o condutor é melhor representada pelo vetor:



- f)  $X_1$
- g)  $X_2$
- h)  $X_3$
- i)  $X_4$
- j)  $X_5$

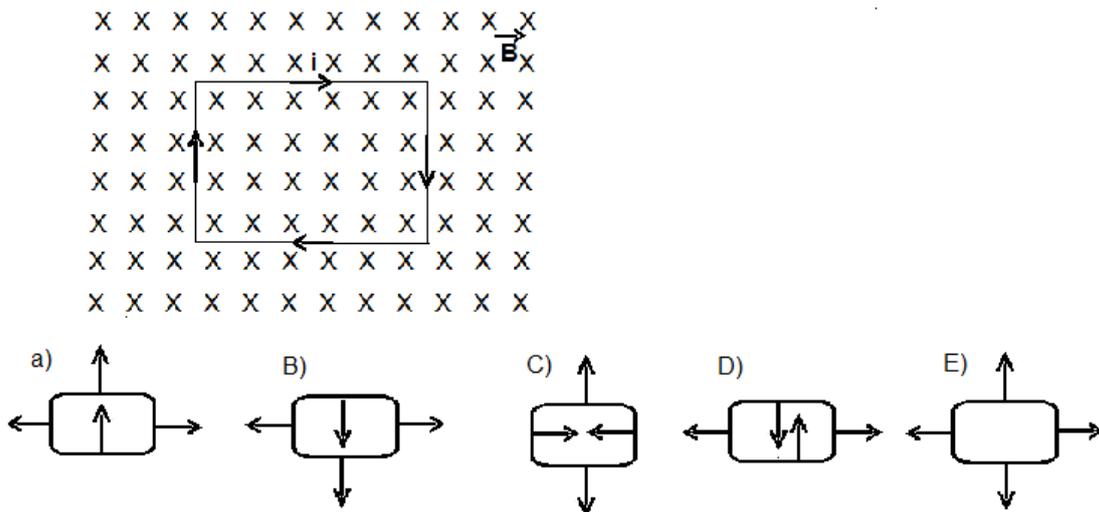
6- A figura representa uma bússola, horizontalmente disposta sobre uma superfície plana, alinhada com o campo magnético da Terra e no eixo de um solenoide em que não passa corrente. Uma bateria será ligada aos pontos a b, com seu terminal positivo conectado ao ponto a.



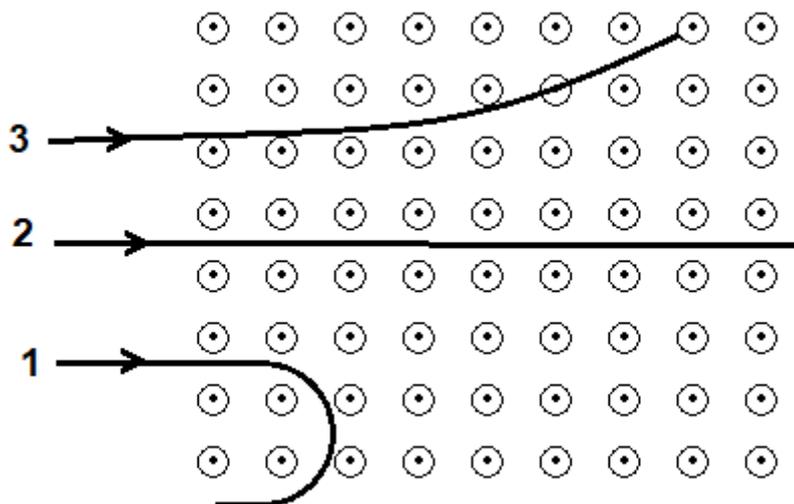
Assim após durante o tempo em que a bobina estiver ligada à baetria, a orientação da bússola passa a ser indicada corretamente na alternativa:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

7- A figura representa uma espira retangular, percorrida por uma corrente  $i$ , imersa em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , orientado perpendicularmente para dentro do plano da figura. Cada lado da espira sofre ação de uma força magnética que pode ser representada pelo esquema:



8- O desenho ilustra uma região do espaço tomada por um campo de indução magnética uniforme, perpendicular à esta página e emergindo dela. Três corpos de massas iguais são lançados sucessivamente neste campo. Com velocidades iguais e seguem as trajetórias marcadas.



Considere as proposições:

- IV) Os corpos 1 e 2 estão eletrizados com cargas de sinais opostos.
- V) O corpo 2 não está eletrizado.

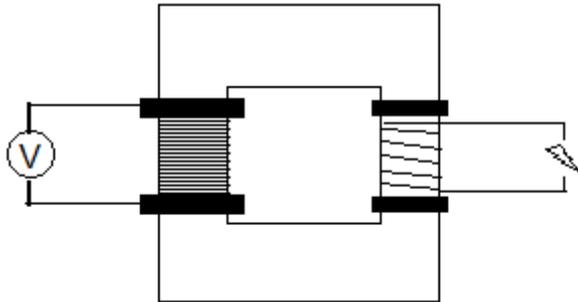
VI) O corpo 3 tem carga elétrica positiva.

Qual ou quais delas são verdadeiras?

c) Apenas I      b) Apenas II      c) Apenas III

d) Apenas I e II      e) Apenas II e III

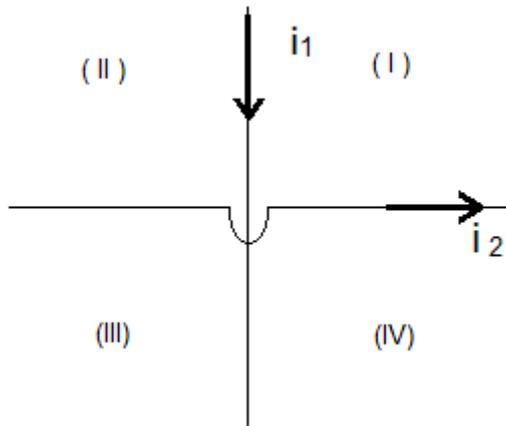
5- A figura a seguir representa um transformador elétrico.



Sobre este aparelho é correto afirmar que :

- f) Opera só com corrente alternada
- g) Transforma corrente alternada em contínua
- h) Transforma corrente contínua em alternada
- i) Eleva a tensão, logo gera energia elétrica
- j) Opera só com corrente contínua

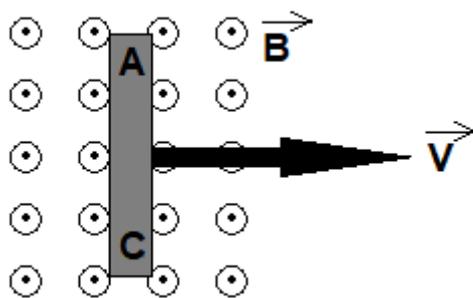
6- Dois fios, dispostos como indica a figura, determinam as quatro regiões do plano.



As correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , que fluem pelos condutores, podem produzir campos magnéticos de intensidade nula:

- f) Somente em (I)
- g) Somente em (II)
- h) Somente em (III)
- i) Em (II) e (IV)
- j) Em (I) e (III)

7- Uma barra condutora movimenta-se para a direita, de acordo com a figura, com velocidade  $\vec{v}$ , num campo de indução magnética  $\vec{B}$ , perpendicular ao plano da folha e apontando para o observador (para fora do papel).



As cargas pontuais **negativas** da barra sofrem a ação de uma força magnética:

- g) de sentido de C para A.
- h) de sentido de A para C.
- i) do sentido de  $\vec{v}$ .
- d) no sentido de  $\vec{B}$ .
- e) no sentido oposto de  $\vec{v}$ .

18-Você se sentiu motivado a participar das aulas no intuito de aprender o conteúdo através da sequencia didática?

- d) Sim
- e) Não
- f) Mais ou menos

19-Você acha que as demonstrações facilitarão sua compreensão a cerca do conteúdo abordado?

- d) Sim
- e) Não
- f) Mais ou menos

20-Você acha importante a demonstração dos fenômenos físicos através de experimentos para melhorar seu entendimento dos assuntos abordados?

- d) Sim
- e) Não
- f) Mais ou menos