

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

MARCOS AURÉLIO ALMEIDA VIEIRA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SIGNIFICATIVA SOBRE ELETROMAGNETISMO
MEDIADA POR EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO**

**TERESINA
2021**

MARCOS AURÉLIO ALMEIDA VIEIRA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SIGNIFICATIVA SOBRE ELETROMAGNETISMO
MEDIADA POR EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Ensino de Física.

Orientadora: Prof. Dra. Edna Maria de Sousa Luz

**TERESINA
2021**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

V657s Vieira, Marcos Aurélio Almeida
Uma sequência didática significativa sobre
eletromagnetismo mediada por experimentos de baixo custo /
Marcos Aurélio Almeida Vieira. – 2022.
128 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal
do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em
Ensino de Física, Teresina, 2022.

“Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Edina Maria de Sousa Luz”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Recurso Didático –
Experimentos de baixo custo. 3. Eletromagnetismo. I. Luz,
Edina Maria de Sousa. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes. CRB/3-1461

MARCOS AURÉLIO ALMEIDA VIEIRA

UMA SEQUEÊNCIA DIDÁTICA SIGNIFICATIVA SOBRE ELETROMAGNETISMO MEDIADA POR EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, na Linha de Pesquisa

Teresina (PI), 29 de julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Edina Maria de Sousa Luz – Departamento de Ciências da
Natureza/Universidade Estadual do Piauí
(Orientadora)

Prof. Dr. Marco Antonio Tavares Lira – Centro de Tecnologia/Universidade Federal
do Piauí
(Examinador Interno)

Prof.^a Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo – Centro de Ciências da
Natureza/Universidade Federal do Piauí
(Suplente interna)

Dedico este trabalho a meu filho Davi por ter me mostrado o prazer que existe no sacrifício.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, o Deus de Abraão, de Daniel e Elias por permitir-me conhecê-lo.

Em segundo lugar, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sem a qual este trabalho não teria sido possível de realizar.

Agradeço também ao apoio, paciência e incentivo de Josenice, minha esposa, que entendeu minha retidão durante a realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer também a todos os meus professores do programa de mestrado, eles foram cruciais na produção deste trabalho e me mostraram que a evolução profissional é sempre necessária. Em especial, agradeço à minha orientadora professora Dra. Edna Maria de Sousa Luz.

Não poderia deixar de agradecer também a todos os meus colegas de mestrado com os quais compartilhei as alegrias, frustrações, enriquecimento de conhecimento e experiências de trabalho.

Sendo assim, não basta a seleção e organização lógica dos conteúdos transmitidos. Antes, os próprios conteúdos devem incluir elementos da vivência prática dos alunos para torná-los mais significativos, mais vivos, mais vitais, de modo que eles possam assimilá-los ativa e conscientemente. (LIBÂNEO, 2013, p.141).

RESUMO

Trata-se de uma sequência didática proposta para o programa de eletromagnetismo do terceiro ano do ensino médio. Ela é composta por 4 passos. 1 - Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos. Nesta primeira parte, a intenção é vincular o assunto que será discutido na aula com algum fato que ocorra realmente ao redor dos alunos e que seja de fácil visualização para eles. 2 - Realização do Experimento. Na segunda parte, ocorre a realização de experimentos para que os alunos possam observar o fenômeno físico que permite ao equipamento ou eletrodoméstico, que foi usado como comentário no passo 1, funcionar. 3 – Explicação Teórica. No passo 3, ocorre a explicação teórica do fenômeno físico envolvido no funcionamento do equipamento ou eletrodoméstico que foi usado como modelo no passo 1. 4 – Montagem do Mapa Conceitual. A última parte consiste na construção de um mapa conceitual. A orientação foi a de sempre fazê-lo o mais objetivo possível para facilitar a aprendizagem. A inspiração para este trabalho é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Sendo assim, a montagem da sequência didática foi feita de forma que possa se transformar em uma possível estrutura cognitiva para os alunos. Nessa estrutura, o subsunçor de maior hierarquia é o experimento, ou seja, o experimento é a “ideia-âncora”. A primeira parte da sequência, que fala sobre equipamentos ou eletrodomésticos da vivência dos alunos, foi pensada para que se tenha condições de fazer uma ligação entre a nova estrutura cognitiva, que é o assunto da aula, com um subsunçor que já exista na mente dos alunos, que no caso seria um equipamento ou eletrodoméstico que eles sempre estão vendo e/ou manipulando. O papel do experimento é fazer com que eles sempre possam se lembrar da aula e do que foi ensinado quando estiverem diante de algum aparato que se usa do mesmo fundamento mostrado. Foram feitas três avaliações e os resultados mostraram que houve eficácia da sequência didática junto aos alunos. As avaliações foram feitas de modo escalonado. A primeira, realizada logo no início da aplicação do trabalho, foi para verificar conhecimentos prévios. A segunda, realizada no terceiro encontro, foi para verificação do que foi apreendido até aquele momento e para realizar ajustes. A terceira, realizada no último encontro, foi feita de questões puramente objetivas e de vestibulares. O desempenho dos alunos foi classificado como muito bom, de acordo com os dados colhidos nas avaliações. De fato, os resultados mostraram que houve a formação de uma estrutura cognitiva.

Palavras-chave Sequência Didática. Aprendizagem Significativa. Experimentos. Ancoragem.

ABSTRACT

It is a didactic sequence proposed for the electromagnetism program. It consists of 4 steps. 1 - Comments On Equipment or Appliances of the Experience of Students. In this first part, the intention is to link the subject that will be discussed in class with some fact that actually occurs around the students and that is easy to see for them. 2 - Realization of the Experiment. In the second part, experiments are carried out so that students can observe the physical phenomenon that allows the equipment or household appliance, which was used as a comment in step 1, to function. 3 - Theoretical Explanation. In step 3, there is a theoretical explanation of the physical phenomenon involved in the functioning of the equipment or appliance that was used as a model in step 1. 4 - Assembly of the Conceptual Map. The last part consists of building a conceptual map. The guidance was to always do so as objectively as possible to facilitate learning. The inspiration for this work is David Ausubel's theory of meaningful learning. Thus, the assembly of the didactic sequence was done so that it can become a possible cognitive structure for the students. In this structure, the most hierarchy subsunmis is the design, that is, the design is the "anchor idea". The first part of the sequence, which talks about equipment or appliances of the students' experience, was designed to be able to make a connection between the new cognitive structure, which is the subject of the class, with a subsunçor that already exists in the students' minds, which in this case would be an equipment or appliance that they are always seeing and/or manipulating. The role of the experiment is to make sure that they can always remember the lesson and what was taught when they are faced with some device that uses the same foundation shown. Three evaluations were made and the results showed that there was efficacy of the didactic sequence with the students. The evaluations were made in a staggered manner. The first, carried out at the beginning of the application of the work, was to investigate previous knowledge. The second, held at the third meeting, was to verify what was seized up to that moment and to make adjustments. The third, held at the last meeting, was made of purely objective and vestibular questions. The students' performance was classified as very good, according to the data collected in the evaluations. In fact, the results showed that there was the formation of a cognitive structure.

Keywords: Didactic Sequence. Meaningful Learning. Experiments. Anchor.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 1 Representação de uma agulha imantada sob um fio condutor.....	29
Figura - 2 Representação de uma agulha imantada sobre um fio condutor.....	29
Figura - 3 Representação de uma espira sendo percorrida por uma corrente próxima a um ímã.....	31
Figura - 4 Representação de duas espiras sendo percorridas por corrente elétrica .	32
Figura - 5 Representação do experimento de Ampère	32
Figura - 6 Experiência de Biot - Savart.....	34
Figura - 7 Intensidade magnética no ponto P.....	35
Figura - 8 Aparato de Faraday para mostrar a natureza circular do campo magnético	36
Figura - 9 Ilustração do disco de Arago.....	37
Figura - 10 Aparato de Arago.....	38
Figura - 11 Anel de Indução de Faraday	39
Figura - 12 Instrumentos inventados por Faraday para verificar a indução de corrente elétrica por campo magnético variável	39
Figura - 13 Representação da lei de Lenz.....	41
Figura - 14 Aparato de Maxwell para explicar os anéis de Saturno.....	42
Figura - 15 Mar de vórtices de Maxwell.....	43
Figura - 16 Experimentos com ímãs.....	43
Figura - 17 Experimento de Orsted	47
Figura - 18 Experimento do solenoide.....	48
Figura - 19 Representação teórica de um solenoide, bobina circular e condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica.....	49
Figura - 20 Alunos manipulam um motor elétrico	49
Figura - 21 Representação teórica da regra da mão esquerda e lançamento de uma partícula carregada em um campo magnético.....	50
Figura - 22 Representação de uma bobina chata sendo submetida a um campo magnético	50
Figura - 23 Alunos observam as partes de um motor a indução de ventilador	51
Figura - 24 Condutor em movimento em um campo magnético	52
Figura - 25 Representação do fluxo magnético sendo interceptado por uma área retangular.....	53

Figura - 26 Esquema de um motor a indução	54
Figura - 27 Mapa conceitual da sequência didática.....	61
Figura - 28 Exemplo de um mapa conceitual para o experimento de Orsted	63
Figura - 29 Mapa conceitual do primeiro encontro	69
Figura - 30 Mapa conceitual do segundo encontro.....	72
Figura - 31 Mapa conceitual do terceiro encontro	74
Figura - 32 Mapa conceitual do quinto encontro.....	79
Figura - 33 Mapa conceitual do sexto encontro.....	82
Figura - 34 Resposta de um dos alunos para a questão 2	92
Figura - 35 Resposta de um dos alunos para a questão 4	93
Figura - 36 Resposta de um dos alunos para a questão 6	95

LISTA DE TABELAS

Tabela – 1 Equações de Maxwell.....	44
Tabela - 2 Esboço dos encontros formativos/aulas e suas ações, datas e carga horária da pesquisa de campo	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo Geral	20
1.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Estrutura da Pesquisa e Divisão da Dissertação	21
2 CONSTRUÇÃO DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA: O PAPEL DECISIVO DE SE EXPERIMENTAR	23
2.1 Correntes Filosóficas que Culminaram no Clássico Experimento de Orsted	23
2.1.1 O Programa de Pesquisa Laplaciano	23
2.1.2 Dificuldades do Programa de Pesquisa Laplaciano.....	24
2.1.3 Os Seguidores da Naturphilosophie	25
2.1.4 O Experimento de Orsted.....	26
2.1.5 Ampère dá uma Nova Interpretação ao Experimento de Orsted	29
2.1.6 As Observações de Biot e Savart.....	33
2.1.7 Descobertas de Faraday a partir do Experimento de Orsted	35
2.1.8 A Lei da Indução de Faraday	40
2.1.9 Maxwell dá um Tratamento Matemático às Ideias de Faraday	41
3 CONCEITOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	46
3.1 O Experimento dos Ímãs.....	46
3.2 O Experimento de Orsted.....	47
3.3 O Experimento do Solenoide.....	47
3.4 Experimento do Motor Rudimentar	49
3.5 Experimento com o Motor de Ventilador	51
4 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E O EXPERIMENTO COMO ANCORAGEM	55
4.1 Conceito de Aprendizagem Significativa	55
4.2 A Estrutura Cognitiva	56
4.3 Organizadores Prévios.....	57
4.4 Aprendizagem Significativa Subordinada	58
4.5 Aprendizagem Significativa Superordenada.....	58

4.6 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora.....	59
4.7 O Experimento Funcionando como Ancoragem	60
4.8 O Mapa Conceitual como Externalização da Estrutura Cognitiva.....	62
5 METODOLOGIA APLICADA NA PESQUISA	64
5.1 Caracterização da Pesquisa.....	65
5.2 Campo Empírico da Pesquisa	65
5.3 Primeiro Encontro: Questionário de Verificação Prévia e Experiências com Ímãs para Demonstrar a Atração e Repulsão Magnéticas	67
5.4 Segundo Encontro: O Experimento Clássico de Orsted	70
5.5 Terceiro Encontro: Experimento com Eletroímã	73
5.6 Quarto Encontro: Avaliação de Verificação	75
5.7 Quinto Encontro: Experimento do Motor Elétrico.....	78
5.8 Sexto Encontro: Experimento do Motor de Indução Eletromagnética.....	80
5.9 Sétimo Encontro: Avaliação de Verificação	83
6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	89
6.1 Resultado e Discussão da Primeira Avaliação	89
6.2 Resultado e Discussão da Segunda Avaliação (Avaliação Ocorrida no Terceiro Encontro	91
6.3 Resultado e Discussão da Terceira Avaliação (Último Encontro)	93
7 CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS	99
PRODUTO EDUCACIONAL.....	102

1 INTRODUÇÃO

Ao se fazer uma rápida reflexão sobre o ensino de física no Brasil chegar-se-á facilmente a uma conclusão sem que seja necessário se usar de métodos dedutivos de lógica formal ou digressões filosóficas. A conclusão é que há uma enorme deficiência nesse mister. Dentre os fatores, pode-se destacar que:

No país, especialmente na escola pública, o ensino de ciências físicas e naturais ainda é fortemente influenciado pela ausência do laboratório de ciências, pela formação docente descontextualizada, pela indisponibilidade de recursos tecnológicos e pela desvalorização da carreira docente. (COSTA, BARROS, 2019, p. 03).

Pode-se citar ainda como um dos fatores a distância que existe entre a física ensinada nas escolas e a tecnologia do dia a dia. Infelizmente, os professores são obrigados a trabalharem com essa realidade devido à falta de estruturação adequada das salas de aula. Dentre as 192.676 escolas do Brasil, apenas 11,4% têm laboratórios de ciências o que é um número extremamente baixo (DANTAS, 2018). A física é uma invenção humana, uma ferramenta com o objetivo de melhorar e esclarecer a vida das pessoas. Neste sentido, seria importante procurar trabalhá-la sempre levando em consideração o seu aspecto prático-social, ou seja, deve-se tentar fugir ao máximo possível de simples matematizações sem aplicações na vida real. Porém, em função da falta de material laboratorial, o professor é obrigado a simplesmente explanar sobre os conceitos de modo teórico e logo depois realizar modelagens matemáticas aplicadas a situações-problema abstratas. Inevitavelmente, este comportamento leva os alunos ao desinteresse. O formalismo matemático faz com que os alunos deixem a física para um segundo plano e como consequência, o desempenho torna-se insatisfatório (SILVA, BASTOS, 2018).

Como dito acima, a ausência de experimentação é um dos grandes responsáveis pelo despreço que muitos alunos têm pela física. De fato, percebe-se claramente que a física têm natureza experimental, sendo assim, este aspecto também deveria estar presente em sala de aula. Experimentar é intrínseco à física.

Ao longo da história de estruturação da física, vê-se que todo o conhecimento acumulado até hoje partiu de aparatos experimentais construídos com o intuito de reproduzir fenômenos e estabelecer teorias. A experimentação tem um papel decisivo na ciência. Pode-se citar o episódio em que Galileu, há aproximadamente 400 anos, apontou o seu telescópio melhorado para o céu e provocou a ruptura com os paradigmas aristotélicos. De fato, à época, se usava muito de argumentos *ad verecundiam*, não havia o costume de encarar os dados friamente e submetê-los à testes e análises. Em um trecho da obra “O Ensaaiador” Galileu já falava que:

Não consigo deixar de maravilhar-me com o fato de Sarsi querer persistir em provar-me por meio de testemunhos aquilo que posso a qualquer momento ver por meio de experiências. Examinam-se os testemunhos nas coisas dúbias, passadas e não permanentes, e não naquelas que existem de fato; e assim é necessário que o juiz busque por meio de testemunhos saber se é verdade que ontem à noite Pedro feriu João, e não se João está ferido, podemos vê-lo ainda e fazer a respeito o ‘risu reperto’. (GALILEU, 1623, p.339)

Neste trecho, galileu mostra seu lado sarcástico, porém, já atesta sobre a seriedade em se realizar experimentações.

No episódio do telescópio, galileu se usa deste expediente para constatar que na lua havia crateras, o que ia de encontro às ideias aristotélicas que consideravam a lua como um corpo perfeito e por isso seria uma esfera lisa. Perceba; um experimento para constatar a realidade e fugir de abstrações. No entanto, o que os professores são obrigados a realizar na maioria esmagadora das nossas salas de aula é justamente o contrário: tratamento de assuntos sem experimentação, alto grau de abstração e, por tanto, distância da realidade.

Os próprios alunos anseiam em conectar realidade com sala de aula. “Isso significa que a educação não deve estar separada da vida nem é preparação para a vida, mas é a própria vida” (ARANHA, 2006, p.32). E o que é realidade para os alunos? Para eles, realidade é o acender de uma lâmpada, o funcionamento de um celular, um ímã atraindo metais, um ventilador oscilando etc. E para que a realidade possa ser simulada em sala de aula, deve-se usar experimentos. Quando há a associação entre o que se ensina em sala de aula

com o que ocorre de fato ao redor dos alunos com experimentações eles começam a perceber a importância da física. A matéria passa a fazer parte da vida deles e contribui para o crescimento intelectual (CORCI, FUSINATO, BLIN, 2009).

No entanto, o ensino de física, na grande maioria das vezes, tem se limitado a exposições teóricas do conteúdo e distância da realidade dos alunos. É necessário que haja um desenvolvimento de uma metodologia envolvendo a experimentação como parte permanente no processo (OLIVEIRA, AGUIAR, 2006).

Em se tratando do eletromagnetismo, pode-se verificar que é uma parte da física altamente dependente de experimentação. O simples fato de se demonstrar as propriedades dos ímãs ou o comportamento de linhas de campo magnético já exigem uma visualização prática. Um simples desenho no quadro não é o bastante. Realmente, a explicação de fundamentos como a regra da mão direita e comportamento de condutores percorridos por corrente elétrica quando imersos em um campo magnético só faz sentido se os alunos puderem perceber a aplicação prática através de uma simulação com experimentos. Neste sentido, uma abordagem envolvendo experimentação torna-se uma grande aliada.

Nesta direção apontamos para elaboração de uma sequência didática experimental da categoria modelizadora qualitativa, onde o professor, com auxílio de dispositivos, introduz aporte teórico para a fenomenologia do eletromagnetismo. Os objetivos destas atividades são a visualização dos elementos (dispositivos) envolvidos e a associação das variáveis eletromagnéticas e suas distribuições espaciais. (MULLER, 2007, p.185)

A literatura é muito rica com relação ao uso de experimentos para o ensino da física em sala de aula. Mas, infelizmente a frequência de uso dessa importante ferramenta ainda é muito pobre na prática. É de extrema importância trazer fatos reais e do cotidiano dos alunos para o ensino de física. O experimento tem esse atributo.

A história da física está repleta de experimentos que serviram para desvendar mistérios naturais e validar teorias, como dito antes. Um experimento também é extremamente instrutivo em sala de aula. Pode-se confirmar essa

afirmativa em duas situações: uma em campo (basta observar o ar de satisfação no rosto dos alunos ao verem um experimento sendo reproduzido e poderem verificar de modo prático um fenômeno mostrado teoricamente); e a outra de modo lógico, pois quem pode o mais (como exemplo, pode-se citar o experimento de Orsted de 1820 em que ele demonstrou que uma corrente elétrica causava a deflexão de uma agulha imantada e como consequência, percebeu-se a relação entre eletricidade e magnetismo) também pode o menos (uso do experimento de Orsted em sala de aula para demonstrar a relação entre eletricidade e magnetismo).

A proposta deste trabalho é a de que todas as aulas de eletromagnetismo sejam executadas com o auxílio de um experimento para que se possa demonstrar aos discentes o fenômeno sendo produzido na íntegra. Claro que deve-se tomar o cuidado de vincular o assunto a ser ensinado com algo que os alunos sempre veem, ou até manipulem, com bastante frequência. Como exemplo, poderíamos citar o experimento de um motor a indução eletromagnética. Neste caso, este experimento serviria para explicar os assuntos de fluxo magnético, lei de Faraday e indução eletromagnética e ao mesmo tempo, é a base de funcionamento de um equipamento que certamente todos os alunos têm em casa, que no caso é o ventilador. Neste sentido, pode-se aproveitar o potencial de se usar fatos do cotidiano dos alunos para se introduzir assuntos de física.

Assim, fica evidente que a construção de um conceito de física deve ser iniciada através de situações reais que possibilitem ao aluno tomar consciência de que já tem algum conhecimento sobre o assunto, podendo usá-lo em sala de aula e em confrontação com o saber organizado do professor, difundir e ampliar a aprendizagem do educando" (GRASSELLI, GARDELLI, 2014 p.18).

Sendo assim, a experimentação tem o grande poder de fazer com que o processo de ensino - aprendizagem de fato torne-se uma atividade dual. Educação só existe quando há dois polos se comunicando (neste caso, o professor explicando os assuntos e os alunos entendendo o que está sendo explicado de modo a haver sempre a retroalimentação do ciclo). A cultura da experimentação faz com que os alunos vejam a simulação do fenômeno

acontecendo e traz a segurança para que eles se sintam à vontade para perguntarem e opinarem. Tal prática faz com que a essência tenha forma, torna o idealizado em real e palpável, mensurável.

Quando falamos em conhecimento, usualmente nos referimos ao conceitual, mediante o qual adquirimos noções, entendimentos e compreensões da realidade. Infelizmente, em nossas escolas esse conhecimento, na maior parte das vezes, tem sido transmitido e assimilado de forma abstrata, desvinculada da vida, contudo, importa que o conhecimento seja integrado à experiência da vida como um todo” (LUCKESI, 2018, p.52).

Destarte, como dito antes, é sabido que nossas escolas, na sua esmagadora maioria, não tem laboratórios de ciências (e muito menos de física). Mas, como alívio, não há a necessidade de se ter um laboratório sofisticado para que haja uma melhor compreensão de assuntos. Os alunos se sentem muito motivados com experimentos construídos de materiais simples e baratos e é justamente aí que se concentra a esperança deste trabalho.

1.1 Objetivo geral

Construir uma sequência didática sobre o assunto de eletromagnetismo de modo que o experimento seja a parte principal dela. Ela será totalmente estruturada em função do experimento e será dividida em quatro momentos. Estes momentos serão mais bem esclarecidos nos objetivos específicos.

1.2 Objetivos específicos

- Perceber o que os alunos já sabem sobre o assunto.

Este será o primeiro momento da sequência e terá o seguinte título: “comentários sobre equipamentos ou eletrodomésticos da vivência dos alunos”. O objetivo neste primeiro momento é ligar o assunto que será objeto de aula com algo que os alunos já conheçam. Como exemplo, serão usados comentários sobre ventiladores, liquidificadores, ímãs de recados de geladeira, motores elétricos de brinquedos, rotores de usinas hidroelétricas, aparelhos de ar –

condicionado etc.

- Realizar o experimento sobre o assunto que será discutido no encontro.

Este será o segundo momento da sequência e terá o seguinte título: “realização do experimento”. Neste momento, será realizado o experimento que usa o mesmo fundamento físico dos equipamentos e/ou eletrodomésticos que serviram como exemplos no primeiro momento da sequência. A intenção deste segundo momento é fazer com que os alunos percebam que o fundamento físico visto em sala de aula, através do experimento, é o mesmo que governa alguns eletrodomésticos ou equipamentos das suas próprias casas. Deste modo, faz-se a aproximação entre realidade dos alunos e sala de aula.

- Explicação teórica do fenômeno.

Este é o terceiro momento da sequência e terá o seguinte título: “explicação teórica”. Somente neste terceiro momento é que haverá a explicação de termos físicos e a aplicação de fórmulas com o intuito de explicar o que está ocorrendo no experimento e conseqüentemente, explicar o funcionamento dos equipamentos e/ou eletrodomésticos que serviram como introdução no primeiro momento da sequência. Somente neste momento é que serão usados os pincéis e o quadro branco.

- Construção de um mapa conceitual.

Este é o quarto momento da sequência e terá o seguinte título: “montagem do mapa conceitual. Neste momento, haverá a construção de um mapa conceitual de modo que o experimento seja a ideia central do mapa. Os demais conceitos serão ligados à ideia central. Pelo fato de este trabalho estar inspirado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, o papel do experimento é ser uma ideia-âncora para os demais conceitos e assim procurar estabelecer uma estrutura cognitiva dos assuntos na mente dos alunos.

1.3 Estrutura da pesquisa e divisão da dissertação.

Neste trabalho, optou-se por uma pesquisa de campo de natureza qualitativa. Queria-se avaliar o grau de satisfação dos alunos quanto ao método usado na aplicação do produto educacional. Para isso, durante a aplicação do

produto, foram realizadas três avaliações. A primeira serviu para ter uma noção quanto ao uso de experimentos nas aulas de física; a segunda foi realizada depois de três encontros e serviu para mostrar a evolução do aprendizado e, também, fazer ajustes; a terceira foi realizada no último encontro e, apesar de ter sido estruturada totalmente por questões objetivas, a função foi a de revelar a eficácia do método.

O primeiro capítulo deste trabalho foi dedicado à introdução. No segundo, fez-se uma digressão pela história do eletromagnetismo tendo como foco a importância de se experimentar para alcançar uma estruturação teórica consistente. No terceiro capítulo, tratou-se de conceitos físicos envolvidos nos experimentos que foram usados durante a aplicação do produto educacional. No quarto capítulo, foi discutido sobre a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, adotando que o experimento seja o subsunçor de maior hierarquia na construção de uma possível estrutura cognitiva. No quinto capítulo, foi descrito a aplicação do produto educacional nos encontros e no sexto e último capítulo, houve a finalização com a discussão e análise dos dados obtidos na pesquisa e considerações finais.

2 CONTRUÇÃO DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA: O PAPEL DECISIVO DE SE EXPERIMENTAR

Nesta secção será visto o papel crucial desempenhado pela prática experimental que fez com que se chegasse ao que hoje é conhecido como eletromagnetismo. Em ciências, experimentar é preciso porque confirma hipóteses que se transformarão em teorias. Em sala de aula, experimentar proporciona a ligação direta entre o teórico e o prático.

2.1 Correntes Filosófica que Culminaram no Clássico Experimento de Orsted.

Antes de Orsted conseguir demonstrar de modo experimental a relação existente entre eletricidade e magnetismo havia duas correntes filosóficas que se empenhavam em explicar os fenômenos naturais, uma delas era o que ficou conhecido como Programa de Pesquisa Laplaciano. Deste, concluía-se que fenômenos elétricos e magnéticos tinham naturezas distintas. A outra corrente era conhecida como Naturphilosophie. Por ela, inferia-se que os fenômenos poderiam se transmutar, ou seja, eletricidade e magnetismo poderiam se interrelacionar e daí surgir um novo tipo de fenômeno.

2.1.1 O Programa de Pesquisa Laplaciano.

Capitaneado por Pierre Simon Laplace (1749 – 1827), considerava que os fenômenos naturais “poderiam ser explicados através de uma força de atração exercida pelas moléculas constituintes da matéria”. (GARDELLI, 2014, p.16). Se inspirou na mecânica newtoniana e reduziram os comportamentos físicos e químicos à linguagem formal matemática, nas palavras de Laplace:

[...] parece, portanto, natural supor, de acordo com minha teoria, esta força de repulsão como a causa da radiação das moléculas dos corpos. Através dessas hipóteses, os fenômenos de expansão do calor e do movimento de vibração dos gases são explicados em termos de força atrativas e repulsivas que são sensíveis somente a distâncias imperceptíveis. Na minha teoria capilar, traduzi os efeitos de

capilaridade a forças semelhantes, todos os fenômenos terrestres dependem de forças deste tipo, assim como os fenômenos celestes dependem da gravitação universal. Parece-me que o estudo destas forças deveria ser agora o principal objetivo da filosofia matemática, eu ainda acredito que seria útil introduzir tal demonstração em mecânica, deixando de lado considerações abstratas sobre linhas flexíveis ou inflexíveis sem massa e de corpos perfeitamente duros, alguns estudos têm me mostrado que ao nos aproximarmos da natureza por este caminho, pode-se fazer estas demonstrações com simplicidade e muito mais clareza do que os métodos até agora. (LAPLACE, 1825, p.98 - 99 apud GARDELLI, 2014, p.17 - 18).

Na área da eletricidade e magnetismo, havia os que adotavam a teoria dos dois fluidos para explicar tais fenômenos. Concebiam que as ações de atração e repulsão só poderiam ocorrer entre os fluidos vítreo (atribuído ao vidro) e resinoso (atribuído ao âmbar) para a eletricidade e austral (polo Sul) e boreal (polo Norte) para o magnetismo. No entanto, jamais poderia ocorrer relações entre fluidos elétricos e magnéticos. (GARDELLI, 2014, p.20).

2.1.2 Dificuldades do Programa de Pesquisa Laplaciano

Os laplacianos começaram a encontrar dificuldades em explicara alguns fenômenos. Como exemplo, Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830) conseguiu modelar a condução de calor em sólidos com a seguinte expressão:

$$\Phi = -k \cdot \nabla T.$$

Neste caso, k é uma constante que depende do material e ∇T é o gradiente de temperatura no material. Em palavras, a expressão diz que o fluxo de calor através de um material é proporcional ao negativo do gradiente de temperatura, ou seja, a troca de calor ocorre com a transferência de energia. Isso tornou-se um empecilho para o modelo baseado em forças intermoleculares de ação a distância. Um outro exemplo ocorreu quando Fresnel (1788 - 1827) conseguiu demonstrar com uma série de experimentos e uma matemática sofisticada que a luz se comporta como onda. Nas palavras de Jear Walker:

Em 1819, a academia, dominada por partidários de Newton e disposta a provar que a teoria ondulatória estava errada, promoveu um concurso no qual fosse premiado o melhor trabalho sobre difração. O vencedor foi Fresnel, os newtonianos, porém, não se deixaram convencer nem se calaram, um deles, S. D. Poisson, chamou atenção para o “estranho fato” de que se a teoria de Fresnel estivesse correta, as ondas luminosas convergiam para a sombra de uma esfera ao passarem pela borda do objeto, produzindo um ponto luminoso no centro da sombra. a comissão julgadora realizou um teste e descobriu que o ponto claro de Fresnel, como é conhecido hoje, realmente existia! Nada melhor para convencer os incrédulos de que uma teoria está correta que a verificação experimental de uma previsão inesperada e aparentemente absurda. (WALKER, 2012, p.107).

Outro fato que ajudou a enfraquecer ainda mais os laplacianos foi a interpretação dada ao experimento de Orsted por Ampère e Faraday. Estes demonstraram experimentalmente que a força magnética ao redor de um condutor sendo percorrido por uma corrente era rotacional. Esta conclusão ia de encontro ao programa laplaciano que considerava somente forças em linha reta ligando dois corpos (GARDELLI, 2014).

2.1.3 Os Seguidores da Naturphilosofie

Os adeptos da corrente filosófica da Naturphilosofie consideram que todos os fenômenos naturais eram provenientes do conflito de duas forças: forças de atração e repulsão. E que as categorias de fenômenos químicos, mecânicos, elétricos, magnéticos etc., dependiam da intensidade desse conflito. Immanuel Kant (1724 – 1804), que foi um dos precursores dessa corrente afirmou que:

Apenas se podem pensar estas duas forças motrizes [de atração e de repulsão] da matéria. Com efeito, todo o movimento que uma matéria pode imprimir à outra, já que a este respeito cada uma delas se considera apenas como um ponto, deve sempre olhar-se como comunicada na linha reta entre dois pontos, mas nesta reta são possíveis apenas duas espécies de movimentos: um é aquele pelo qual esses pontos se afastam um do outro; o segundo é aquele pelo qual eles se aproximam entre si. Mas a força que constitui a causa do

primeiro movimento chama-se força de repulsão, e a força que é causa do segundo denomina-se força de atração. Por conseguinte, apenas se podem conceber estas duas espécies de forças, às quais se devem reduzir todas as forças motrizes da natureza material (KANT, 1796, p. 45 - 46 apud GARDELLI, 2014, p. 21).

Neste caso, se for considerado o conflito de forças como causa primeira dos fenômenos, poder-se-ia muito bem expandir a transmutação de acontecimentos, e foi justamente essa linha de raciocínio que levou Orsted a descobrir a relação entre eletricidade e magnetismo.

Outros cientistas que também se inspiraram no conflito de forças foram Johann Wilhelm Ritter (1776 – 1862), Charles Bernard Desormes (1765 – 1862) e Charles Hachette (1765 – 1847). Ritter conseguiu demonstrar que um fio de ferro imantado combinado com outro não imantado conseguia produzir contrações nos membros de uma rã (GARDELLI, 2014).

Já Desormes e Hachette puseram uma bateria em um bote e colocaram o conjunto para flutuar na água com o intuito de que o bote deveria se alinhar aos polos magnéticos terrestres. No entanto, não obtiveram êxito. (CALUZI, SOUZA, BRAGATO, 2016).

2.1.4 O Experimento de Orsted.

O experimento de Orsted foi um divisor de águas na física experimental do começo do século XIX. A interação entre eletricidade e magnetismo permitiu a implementação de várias tecnologias e o desvendamento de vários outros fenômenos. Porém, para que fosse possível observar a interação entre corrente elétrica e campo magnético de modo satisfatório, era necessária uma boa fonte de eletricidade. Por volta de 1745, os pesquisadores Pieter Van Musschenbroek (1692 – 1761) e Ewald Georg Von Kleist (1700 – 1748) conseguem desenvolver, de modo independente, um dispositivo que seria capaz de armazenar cargas elétricas. Tal dispositivo ficou conhecido como a Garrafa de Leyden e é o precursor dos nossos capacitores atuais. Em 1800, Alexandro Volta (1745 – 1827) anuncia oficialmente a construção de uma pilha que convertia reações químicas em correntes elétricas. Pouco tempo depois, já era possível manter

correntes elétricas por mais tempo graças a dispositivos mais sofisticados. Orsted, então, tinha tudo para demonstrar a sua hipótese.

Orsted era seguidor das ideias da Naturphilosophie, ou seja, ele acreditava ser totalmente possível haver a manifestação de um fenômeno baseado em outro mais elementar. O que era necessário era só haver a manipulação adequada para que isso fosse possível. Em sua obra “Pesquisas Sobre a Identidade das Forças Químicas e Elétricas” de 1813, Orsted faz o seguinte comentário:

Há duas forças opostas que existem em todos os corpos e que nunca podem ser subtraídas deles inteiramente. Cada uma dessas tem uma ação expansiva e repulsiva no volume em que cada uma é dominante; mas se atraem e produzem uma contração, quando elas reagem uma sobre a outra. A livre ação dessas forças produz os fenômenos elétricos. (ORSTED, 1813, p. 248 apud GARDELLI, 2014, p.26)

Pode-se inferir facilmente que Orsted acreditava que fenômenos como calor, luz e magnetismo, por exemplo, resultariam de um conflito permanente de duas forças que sempre procurariam se equilibrar.

Como todo acontecimento científico, para Orsted também não foi fácil chegar à realização plena de suas convicções. O próprio Orsted descreve um pouco dos acontecimentos em um artigo publicado em 1827 pelo Enciclopédia de Edimburgo:

No inverno de 1819, ele (Orsted) apresentou um curso de conferência sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo, diante de uma audiência previamente familiarizada com os princípios da filosofia natural. Ao preparar a conferência na qual versaria sobre a analogia entre magnetismo e eletricidade, conjecturou que se fosse possível produzir algum eleito magnético pela eletricidade, isto não poderia ocorrer na direção da corrente, pois tal havia sido frequentemente tentado em vão, mas que deveria ser produzido por uma ação lateral.

Assim como os efeitos luminosos e caloríficos saem de um condutor em todas as direções, quando este transmite uma grande quantidade de eletricidade, assim imaginou ser possível que o efeito magnético se irradiasse de forma semelhante. As observações registradas acima, de efeitos magnéticos produzidos por raios em agulhas que não foram

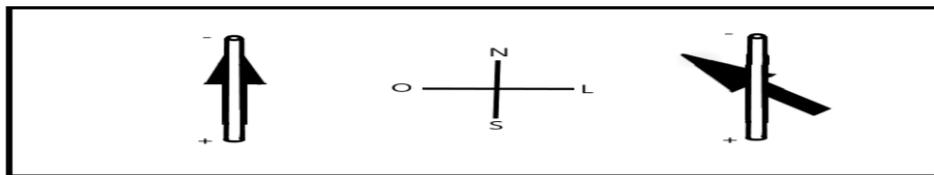
diretamente atingidas, confirmaram-no em sua opinião. Ele estava longe de esperar um grande efeito magnético da pilha galvânica; supôs que poderia ser exigido um poder suficiente para tornar incandescente o fio condutor.

O plano da primeira experiência consistia em fazer a corrente de um pequeno aparelho galvânico de frascos, comumente usados em suas conferências, passar através de um fio de platina muito fino, colocado sobre uma bússola coberta com vidro. A experiência foi preparada, mas como acidentalmente ele foi impedido de ensaiá-la antes da aula, planejou adia-la para outra oportunidade; no entanto, durante a conferência, pareceu-lhe mais forte a probabilidade de seu sucesso, e assim realizou a primeira experiência na presença da audiência. A agulha magnética, embora fechada em sua caixa, foi perturbada; mas, como o efeito era muito fraco, e deveria parecer muito irregular, antes da descoberta de sua lei, a experiência não impressionou fortemente o público. Pode parecer estranho que o descobridor não tenha realizado mais experiências sobre o assunto durante três meses; ele próprio acha difícil concebê-lo; mas pode ter sido levado a postergar suas pesquisas até uma época mais conveniente, pela extrema franqueza e aparente confusão dos fenômenos na primeira experiência, e pela lembrança de numerosos erros cometidos nesse assunto por filósofos anteriores (particularmente seu amigo Ritter) e porque tal assunto tem o direito de ser tratado com atenção e cuidado.

No mês de julho de 1820, ele novamente retomou a experiência, utilizando um aparelho galvânico. O sucesso foi agora evidente, embora os efeitos fossem ainda fracos nas primeiras repetições do experimento, pois empregou apenas fios muito finos, supondo que o efeito magnético não ocorreria quando a corrente galvânica não produzisse calor e luz; mas logo descobriu que condutores de diâmetros maior proporcionam um maior efeito e então descobriu, por experiências continuadas durante alguns dias, a lei fundamental do eletromagnetismo, a saber, que o efeito magnético da corrente tem um movimento circular em torno do fio. (ORSTED, 1827 apud MOURA, 2015, p.248 – 249).

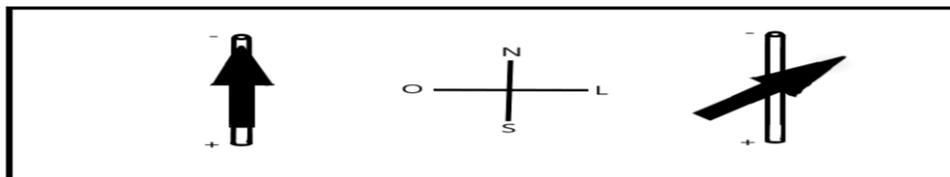
Basicamente, Orsted observou que a agulha da bussola deveria estar de modo paralelo ao fio condutor. E quando havia a passagem de corrente, a agulha sofria uma deflexão que dependia da direção da corrente conforme as figura a seguir.

Figura 1 - Representação de uma agulha imantada sob a influência de uma corrente elétrica em um fio condutor. Neste caso, a agulha está abaixo do fio. Quando há a passagem da corrente do polo positivo para o negativo, a agulha sofre uma deflexão para o Norte



Fonte: O próprio autor, 2021.

Figura 2 - A agulha agora está sobre o fio condutor. Quando há a passagem da corrente do polo positivo para o negativo, a agulha sofre uma deflexão novamente e desvia-se para Leste



Fonte: O próprio autor, 2021.

Em princípio, Orsted, guiado pelo seu espírito filosófico, encarava o fenômeno como sendo um conflito de forças elétricas que ocorria dentro do fio e que se irradiava nas redondezas ocasionando o “empurrão” que fazia com que a agulha da bússola sofresse os desvios. No entanto, após ter contato com os trabalhos de Ampère, passou a usar os termos “atração” e “repulsão” e começou a conceber o efeito magnético como circular ao redor do fio (GARDELLI, 2014).

2.1.5 Ampère dá uma Nova Interpretação ao Experimento de Orsted

Entre 4 e 11 de outubro de 1820, Arago (1786 - 1853) apresenta o experimento de Orsted à academia francesa de ciências. Além de o explicar aos ouvintes, também demonstrou que correntes elétricas poderiam imantar um pedaço de ferro, o que ficou conhecido como o primeiro eletroímã da história. Foi a partir deste evento que André Marie Ampère (1775 – 1836) toma conhecimento dos trabalhos de Orsted. Ampère era seguidor das ideias de Coulomb (1736 – 1806) que era partidário dos laplacianos, ou seja; não poderia haver a relação entre fenômenos de naturezas distintas. No entanto, após os trabalhos de Orsted, as concepções de Coulomb se tornaram insustentáveis para Ampère. Ampère passa a trabalhar intensamente a respeito do novo tema.

Logo estabelece a hipótese de que os fenômenos magnéticos se manifestam a partir de correntes elétricas fundamentais.

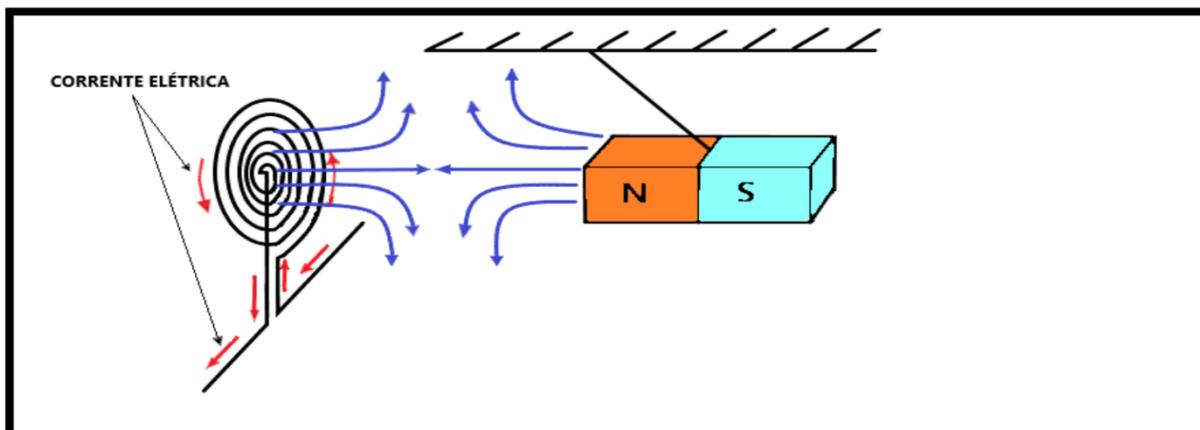
Ele supõe a existência de correntes elétricas no interior dos ímãs e da terra. Interpreta a experiência de Orsted e todos os fenômenos magnéticos já conhecidos em termos de uma interação entre elementos de corrente. Se este fosse o caso, ele poderia explicar a partir de um único princípio (ou seja, a força entre condutores com corrente) tanto os fenômenos já conhecidos há séculos de interação entre ímãs, quanto o fenômeno descoberto por Orsted do torque exercido por um fio com corrente sobre um ímã. E mais, a partir desta hipótese previu um fenômeno novo ainda não observado por ninguém antes dele, a saber, a interação direta entre dois condutores com corrente. (CHAIB, 2009, p. 26).

Ampère postulou que no interior de um condutor a corrente elétrica era estabelecida por cargas positivas e negativas deslocando-se em sentidos contrários. No entanto, Ampère considerou a corrente como sendo o sentido tomado do polo positivo para o negativo (no caso, o polo zinco como positivo e o polo cobre como negativo). Hoje em dia, tal sentido é o que é considerado como sentido convencional da corrente.

Baseado, então, na sua hipótese, Ampère realizou vários experimentos para comprová-la e os apresentou à academia de ciências francesa entre 18 e 25 de setembro de 1820 (aproximadamente uma semana depois da apresentação de Arago nesta mesma instituição).

Considerando que se uma corrente cruzasse um condutor, então este se comportaria como um ímã, Ampère simulou um polo magnético com um fio em forma de espiral e o colocou próximo a um ímã como na figura abaixo (CHAIB, 2009).

Figura 3 - Representação de uma espira percorrida por uma corrente e um ímã. Apesar de existirem as setas indicando a repulsão, Ampère entendia que repulsões e atrações ocorriam sem a intermediação de "linhas de força"



Fonte: O próprio autor, 2021.

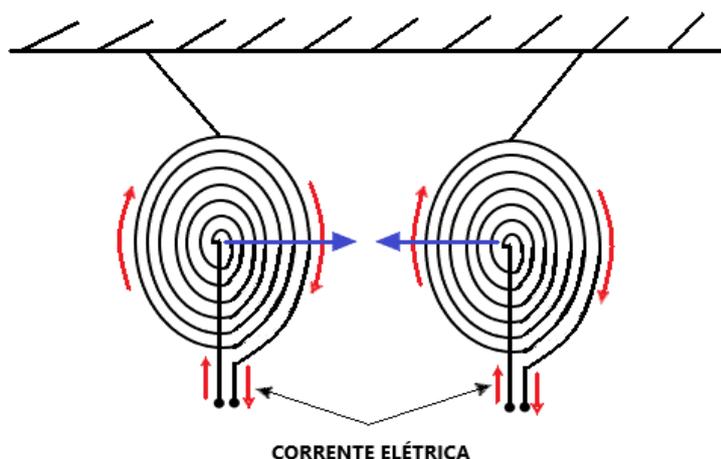
Após a comprovação de que a corrente circulando em uma espira fazia surgir polos magnéticos, Ampère realizou uma das mais importantes experiências da física. Ele usou duas espiras para mostrar os fenômenos de atração e repulsão magnética. A importância dessa demonstração estava no fato de que não havia a necessidade de se usar ímãs para reproduzir os efeitos magnéticos.

Ampère descreve tal fenômeno da seguinte maneira:

Substitui o ímã por outra espira, cuja corrente no mesmo sentido que o seu [ou seja, no mesmo sentido que a corrente do ímã], tem-se as mesmas atrações e repulsões. Foi assim que descobri que duas correntes elétricas atraíam-se quando fluíam no mesmo sentido e repeliam-se no caso contrário. (AMPÈRE, 1820, p. 20 apud CHAIB, 2014, p.59).

Ampere realizou a experiência de acordo com a figura a seguir.

Figura – 4 Representação da experiência de Ampère demonstrando a atração entre duas espiras quando são percorridas por correntes elétricas. A importância desse experimento está no fato de que não há a necessidade de se ter materiais imantados para se obter fenômenos magnéticos.

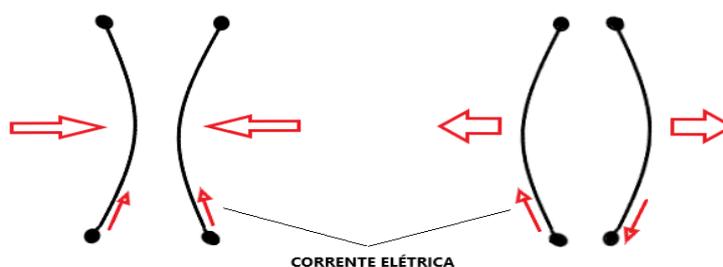


Fonte: O próprio autor (2022).

Após essa constatação, Ampère realizou a experiência com dois fios paralelos e a apresentou à academia de ciências francesa em 2 de outubro de 1820, mostrando que correntes no mesmo sentido faziam com que os fios se atraíssem e em sentidos contrários, se repelíssem.

Abaixo está uma representação desta importante experiência.

Figura 5 – Simplificação do experimento apresentado por Ampère à academia francesa de ciências. Quando a corrente elétrica percorre os fios no mesmo sentido, eles se atraem. Quando a corrente percorre os fios em sentidos contrários, eles se repelem.



Fonte: O próprio autor (2022).

Em 30 de outubro de 1820, Ampère apresentou à academia francesa um experimento que imitava a agulha de uma bússola e se alinhava aos polos magnéticos terrestres. Consistia basicamente em uma espira de raio de 20 cm de diâmetro que era percorrida por uma corrente elétrica. Com isso, mais uma vez Ampère consegue reproduzir fenômenos magnéticos usando somente efeitos elétricos.

2.1.6 As Observações de Biot e Savart

Jean-Batist Biot (1774 – 1862) e Félix Savart (1791 – 1841) também passaram a fazer estudos sobre o experimento de Orsted. Assim como Ampère com sua agulha Astática (instrumento criado por Ampère que conseguia anular totalmente o magnetismo terrestre sobre a agulha imantada tornando possível observar a posição ortogonal que a agulha assumia quando posta próxima de um fio com corrente), eles também conseguiram demonstrar experimentalmente que uma agulha imantada tomava a posição ortogonal quando estava próxima a um fio condutor sendo percorrido por uma corrente. Basicamente, eles colocaram uma agulha imantada na posição horizontal próxima a um fio que estava na vertical. Ao mesmo tempo havia um ímã próximo ao aparato para anular os efeitos magnéticos terrestres na agulha. Nas palavras de Biot:

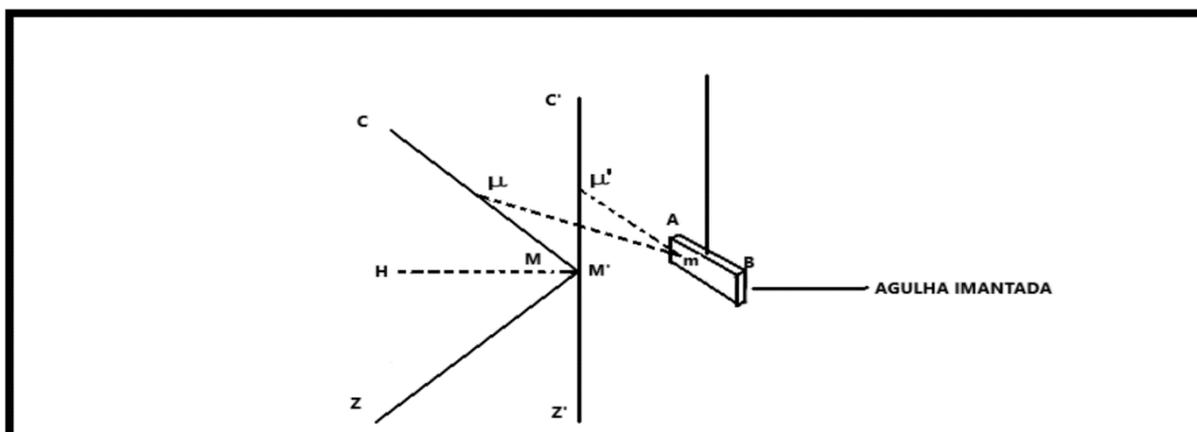
Com o auxílio destes procedimentos os Srs. Biot e Savart foram conduzidos ao resultado seguinte que exprime rigorosamente a ação experimentada por uma molécula de magnetismo austral ou boreal [isto é, por um polo magnético Norte ou Sul] colocada a uma distância qualquer de um fio cilíndrico muito fino pela corrente voltaica. Trace uma perpendicular ao eixo do fio pelo ponto onde se localiza esta molécula. A força que atua sobre a molécula é perpendicular a esta linha e ao eixo do fio. (BIOT, 1824, p. 707 apud CHAIB, 2014 p.98 – 99).

Biot e Savart também constataram que a ação sofrida por uma agulha imantada próximo a um condutor era proporcional ao inverso do quadrado da distância entre eles. Em 1824, Biot comenta em sua obra *Précis Élémentaire de Physique*:

Encontrei assim que, tanto para o fio oblíquo quanto para o fio retilíneo, a ação era recíproca à distância; mas a intensidade absoluta era mais fraca para o fio oblíquo do que para o fio reto, na proporção do ângulo ZMH em relação à unidade. Este resultado, analisado pelo cálculo, me parece indicar que a ação de cada elemento μ do fio oblíquo sobre cada molécula m de magnetismo austral ou boreal é inversamente proporcional ao quadrado de sua distância μm a esta molécula, e proporcional ao seno do ângulo $\mu m M$ formado pela distância μm com o comprimento do fio. (BIOT, 1824, p.93 apud CHAIB, 2014, p.102).

Uma aproximação do experimento ao qual Biot se refere se encontra abaixo.

Figura 6 - Experiência de Biot e Savart (ilustração totalmente baseada na figura da tese do professor Chaib). Os pontos M e M' estão isolados um do outro. A corrente vai de Z' a C. A agulha AB é livre para oscilar no plano horizontal



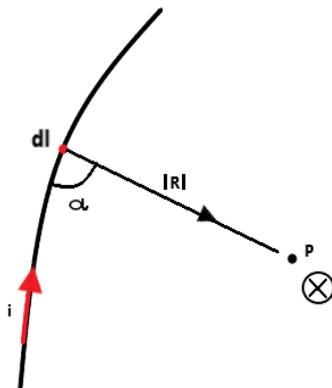
Fonte: O próprio autor, 2021.

Biot e Savart colocavam a agulha para oscilar a uma distância constante dos fios e depois calculavam o ângulo ZMC. Atualmente sabe-se que a intensidade do campo magnético de um elemento de carga é dada por:

$$dB = \left(k \frac{idl \times a_R}{R^2} \right) a_R.$$

No caso, k é uma constante de proporcionalidade que vale no S.I de: $k = \frac{1}{4\pi.R}$.
 R é o módulo da distância entre o ponto desejado e o condutor e α_R é o unitário dado por $\frac{R}{|R|}$ e aponta na direção do ponto desejado.

Figura 7 – Intensidade magnética no ponto P. A orientação de dB no ponto P é dada pela regra da mão direita.



Fonte: O próprio autor (2022).

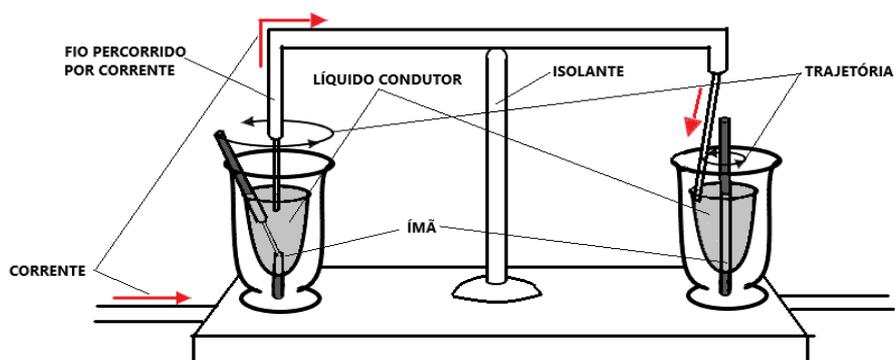
Essa expressão leva o nome de Lei de Biot-Savart. Com ela é possível determinar a intensidade do campo magnético em um ponto qualquer para condutores retilíneos, espiras, solenoides etc.

2.1.7 Descobertas de Faraday a Partir do Experimento de Orsted.

Michael Faraday (1791 - 1867) também toma conhecimento dos trabalhos de Orsted e passa a reproduzi-los e chegar a algumas conclusões. Faraday entende que já que a corrente elétrica causa um torque em uma agulha imantada, então levanta a hipótese de que se um único polo magnético fosse solto próximo ao condutor, este passaria a descrever trajetórias circulares em torno do fio. Entendeu também que o inverso seria possível, ou seja, um fio condutor também passaria a descrever trajetórias circulares em torno de um ímã.

Em 1821, Faraday executou o clássico experimento da rotação eletromagnética. Conforme a figura abaixo, na taça da direita o ímã sofre rotações em torno do condutor. Na esquerda, o ímã está fixo e o condutor sofre rotações. Nas taças cheias havia um líquido condutor.

Figura – 8 Ilustração do aparato inventado por Faraday para mostrar que o “magnetismo” ocorria de modo circular ao redor do fio condutor e não por ação à distância como pensavam os laplacianos.



Fonte: O próprio autor (2022).

Faraday observou ainda que as rotações mudavam de sentido ao se inverter a corrente.

Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Orsted que, ao invés de descrever atrações e repulsões, descrevia os movimentos de rotações da agulha magnética, ou seja, estava preocupado com questões de direcionamento e não de forças. (DIAS, MARTINS, 2004, p. 6).

Faraday introduziu o conceito de linhas de força para o estudo das atrações e repulsões eletromagnéticas. À época, o conceito que era aceito por muitos filósofos experimentais, inclusive Ampère, era o de ação à distância. Este era inspirado na teoria gravitacional de Newton.

Faraday entendia que partículas elétricas e magnéticas se comunicavam através de linhas que podiam curvar-se, comprimir-se ou estender-se. No seu livro “*Experimental Reseaches in Electricity*” de 1839, Faraday faz demonstrações utilizando limalhas de ferro e ímãs. Com isso, ele obtém as

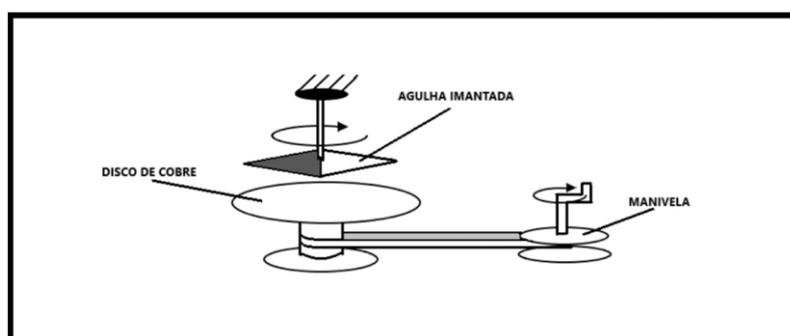
trajetórias feitas pelas limalhas ligando os polos opostos e se opondo a polos de mesmo nome. Com o conceito de linhas de força, Faraday estabeleceu o termo “campo de força”. Tais conceitos são aceitos atualmente e por convenção, considera-se que as linhas “saem” do polo Norte e “entram” no polo Sul.

Assim como Orsted, Faraday também acreditava em uma “força” única que dava origem aos demais fenômenos naturais. Guiado também por questões de simetria, ele procurou confirmar o inverso da descoberta de Orsted, ou seja; como poderia ser possível fazer com que um campo magnético pudesse gerar corrente elétrica? Faraday, então, seguiu realizando alguns experimentos para confirmar a sua hipótese. Em 1825, Faraday faz o seguinte comentário:

Como a corrente elétrica [...] afeta poderosamente um ímã, tendendo a fazer seus polos passarem ao redor do fio [...] a esperança era, por várias razões, que a aproximação de um polo de um poderoso ímã diminuiria a corrente de eletricidade [...]. (FARADAY, 1825, p. 338 apud DIAS, MARTINS, 2014, p.8).

Em 1824, Arago realizou o experimento do disco de cobre giratório. Consistia em um disco de cobre que era ligado por uma correia a uma manivela, conforme a figura abaixo.

Figura - 9 Ilustração do aparato de Arago. Ao se girar a manivela, o disco de cobre também entra em rotação que faz com que a agulha imantada acompanhe o disco



Fonte: CRUZ, 2015.

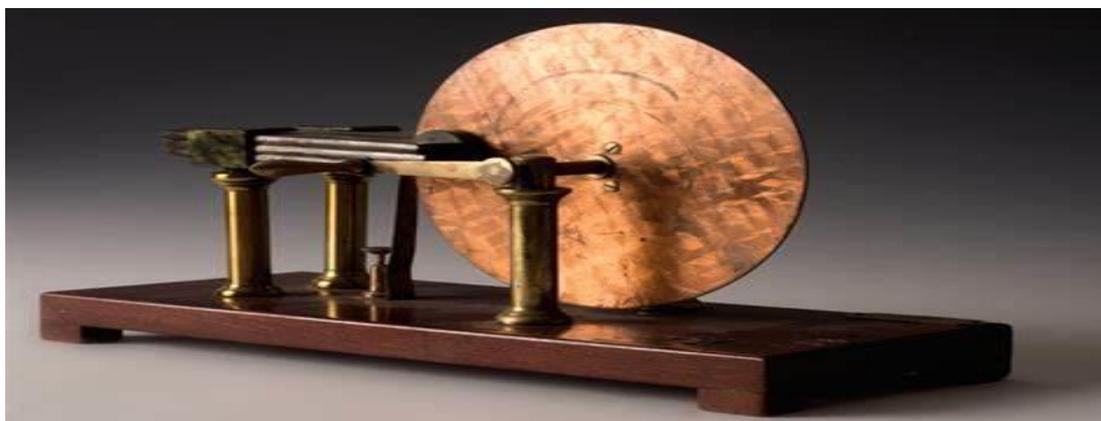
Quando a manivela era acionada e fazia o disco girar, a agulha imantada também começava a acompanhar o disco. Se a manivela fosse ligada à bússola e começasse a girar, o disco a acompanhava. Este experimento impressionou a

todos da época, pois o cobre não é um material magnético. Alguns estudiosos procuraram explicar o fenômeno à luz da teoria de Ampère, dizendo que havia no disco correntes elétricas circulares e que estas eram as responsáveis por causar a rotação na agulha. No entanto, eles não souberam explicar por que as correntes não causavam o mesmo efeito com o disco. Faraday, então, explica o fenômeno considerando que o ímã ou o movimento do disco fazia com que as cargas livres do disco condutor interceptassem as linhas de força magnéticas. Por tanto, isso induzia o surgimento de correntes circulares no disco que por sua vez geravam campos magnéticos que interagiam com o ímã resultando no efeito de arrasto observado (CRUZ, 2014).

Perceba que Faraday explica o experimento se usando dos conceitos de linhas de força e campo magnético. Atualmente, sabe-se que os elétrons livres é que são os responsáveis pela corrente elétrica. No caso do disco em movimento, os elétrons livres do cobre também estarão em movimento e inseridos no campo magnético gerado pela agulha imantada.

Para comprovar sua explicação, Faraday modificou o experimento de Arago fazendo com que um disco de cobre girasse entre os polos de um ímã conforme a figura abaixo.

Figura - 10 Aparato de Arago 1831



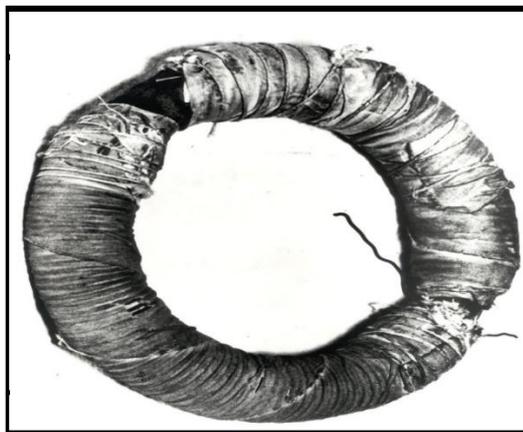
Fonte: Site enroquedaciencia.com, 2022.

Enquanto estava girando, o equipamento acusava a passagem de corrente. Faraday chamou a corrente gerada de “corrente induzida”.

Diante deste fato, Faraday estava convencido de que campos magnéticos em movimento poderiam resultar em correntes elétricas. Logo depois de realizar

seu experimento, Faraday consegue demonstrar a indução eletromagnética se usando somente de correntes elétricas. Para isso, ele enrolou fios de cobre em uma metade de um anel de ferro doce, isolou com barbante de algodão e continuou a enrolar a outra metade do anel finalizando novamente com o isolamento de barbante de algodão, conforme a figura abaixo.

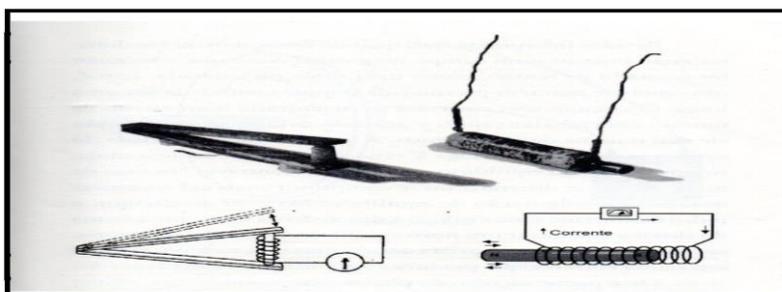
Figura - 11 Anel de indução construído por Faraday



Fonte: DIAS, MARTINS, 2014.

A explicação de Faraday era a de que a corrente que circulava no condutor ligado à bateria gerava um campo magnético. Este, por sua vez, induzia uma corrente elétrica no outro condutor. No entanto, Faraday só detectava a corrente quando ligava ou desligava o circuito. Ele concluiu que o campo magnético deveria ser variável. Com este raciocínio, ele, então, criou alguns outros experimentos.

Figura - 12 Experimentos inventados por Faraday para verificar sua hipótese de que uma corrente elétrica pode ser induzida por um campo magnético variável



Fonte: CRUZ, 2015.

Com estes experimentos, Faraday pode concluir que a variação das linhas de força magnéticas eram cruciais para os fenômenos eletromagnéticos.

O trabalho realizado por Faraday no final de 1831 complementou a descoberta do eletromagnetismo por Orsted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas. (DIAS, MARTINS, 2014, p.12)

2.1.8 A Lei da Indução de Faraday

A corrente elétrica induzida que surge no condutor é consequência de uma diferença de potencial resultante da variação das linhas de força magnéticas. A estas variações, chama-se fluxo magnético (RALIDAY, RESNICK, 1994) e se escreve de modo matemático como:

$$\Phi_B = \int B \cdot dA.$$

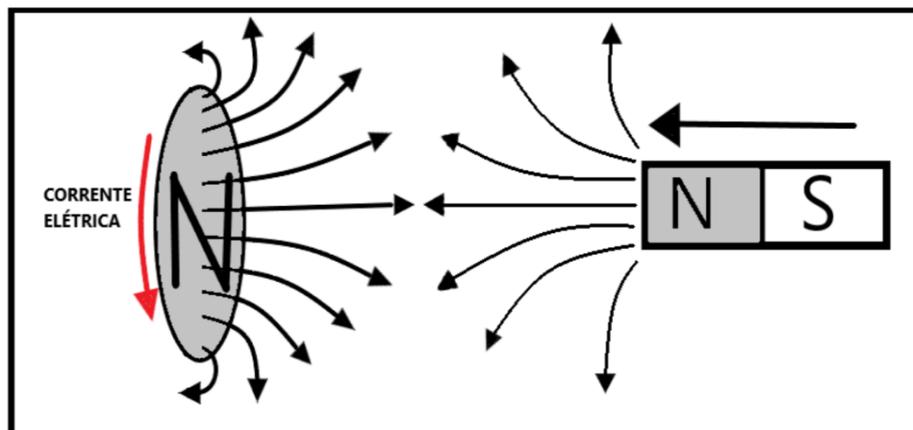
Onde dA é um elemento diferencial de uma superfície qualquer.

Sabendo então que tal fluxo deve estar variando no tempo, enuncia-se a lei da indução de Faraday como: “a fem induzida numa espira condutora é igual ao negativo da taxa em que o fluxo magnético através da espira está variando com o tempo”.(RALIDAY, RESNICK, 1994, p.209).

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

O sinal negativo que aparece na expressão é em respeito à regra de Heinrich Friedrich Lenz (1804 - 1865) que estabelece que: “uma corrente induzida surgirá numa espira fechada com um sentido tal que ela se oporá à variação que a produziu”. (RALIDAY, RESNICK, WALKER, 1994, p.211). A lei se refere ao sentido da corrente induzida que surgirá de modo que na “face” da espira que esteja de “frente” ao que lhe dá causa apareça um polo magnético que ofereça resistência.

Figura - 13 Na face da espira surge um polo Norte para se opor ao polo Norte do ímã que se aproxima



Fonte: O próprio autor, 2021.

A lei de Faraday é o princípio de funcionamento de todos os motores elétricos usados atualmente. Desde rotores de hidroelétricas até o sistema de vibração dos celulares. Deste modo, pode-se perceber a importância dos estudos de Faraday.

2.1.9 Maxwell dá um Tratamento Matemático às Ideias de Faraday

Os trabalhos de Faraday haviam atingido um grande reconhecimento, no entanto, muitos ainda os viam com descrédito. O grande motivo era porque não existia um formalismo matemático nas leis. À época, uma teoria sem estrutura matemática era tratada como incompleta. O outro motivo era que Faraday concebia as interações elétricas e magnéticas intermediadas por campos de força. Isso ia de encontro às ideias newtonianas de ação à distância entre partículas. Coube a James Clerk Maxwell (1831 – 1879) confirmar as ideias de Faraday através de uma estrutura matemática sofisticada e prever que a luz era realmente uma onda eletromagnética, fato esse que era um velho sonho de Faraday.

Com relação aos campos de força, Maxwell escreveu:

Na medida em que eu prosseguia meus estudos sobre Faraday, percebi que seus métodos de conceber os fenômenos eram também matemáticos, embora não fossem exibidos na forma matemática

convencional. Descobri também que esses métodos podiam ser expressos na forma convencional de símbolos matemáticos e então ser comparados com os resultados dos denominados matemáticos. Por exemplo, Faraday, em sua concepção, vê linhas de força atravessarem todo o espaço, enquanto os matemáticos veem centros de força atraindo à distância; Faraday vê um meio onde eles nada veem além da distância; Faraday enxerga a base dos fenômenos na ação real que ocorre no meio; eles estão satisfeitos por terem encontrado isso numa força de ação à distância impressa nos fluidos elétricos. (MAXWELL, 1873, apud CRUZ, 2015, p. 183 – 184).

Era da natureza de Maxwell construir modelos mecânicos para depois expressá-los por meio de leis matemáticas. Em 1857 ele ganhou o Prêmio Adams instituído pelo ST. John's College por ter conseguido explicar a estabilidade dos anéis de saturno. Maxwell supôs que os anéis seriam formados de pequenas partículas que formavam uma espécie de poeira ao invés de ser todo polido ou líquido. E concluiu que essa seria a única forma que resistiria às forças gravitacionais. “As conclusões de Maxwell foram corroboradas em 1981 quando a sonda espacial Voyager 1 tirou fotografias detalhadas dos anéis”. (FARDON, 2015, p.113).

Figura - 14 Modelo construído por Maxwell para explicar os anéis de Saturno. Ao girar, as partículas em translação mostravam uma simulação do que acontecia nos anéis



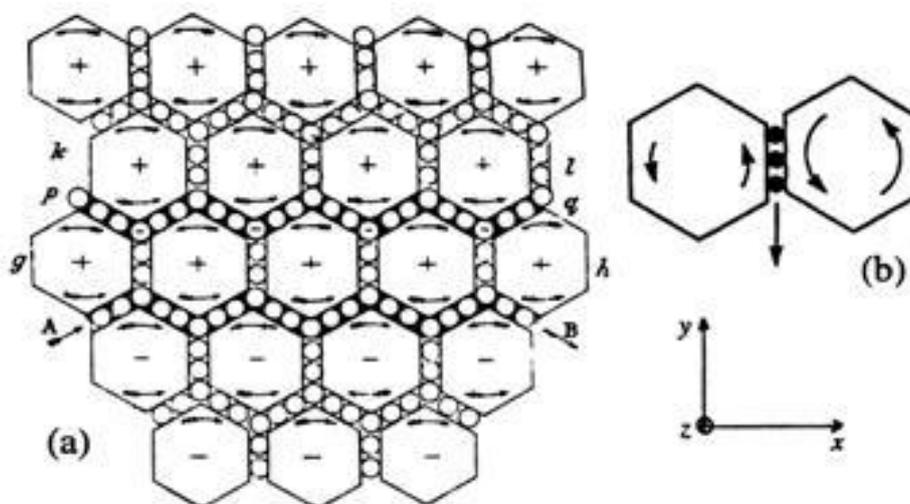
Fonte: FARDON, 2015.

A metodologia de Maxwell é bastante peculiar. Em primeiro lugar ele constrói um modelo que não pretende ser a explicação final para os fenômenos, mas sim, um conjunto de analogias que vão ajudá-lo a matematizar e chegar a determinadas leis (CRUZ, 2015). Maxwell conjecturou que as linhas de força se comportariam como vórtices de paredes rugosas com uma determinada

velocidade de rotação. À medida que o vórtice girasse com mais velocidade, as suas paredes se alargariam e haveria uma diminuição no seu comprimento. Se usando desse subterfúgio, Maxwell pôde associar as características do campo magnético à rede de vórtices, ou seja, a velocidade rotacional dos vórtices era encarada como sendo a intensidade do campo magnético.

Maxwell concebeu, ainda, que entre os vórtices existiriam esferas que ficariam livres para rotacionarem ou transladarem.

Figura – 15 Vórtices imaginados por Maxwell para representar as linhas de força de Faraday. Em a) têm-se as esferas entre os vórtices representando a corrente elétrica em movimento. Em b), dois vórtices em rotação no mesmo sentido fazendo com que as esferas entre eles apenas tenham rotações e, por esse motivo, permaneçam no mesmo lugar.



Fonte: LIMA, 2019.

Às esferas, Maxwell associou as correntes induzidas por campos magnéticos. Quando os vórtices têm rotações no mesmo sentido, as esferas apenas sofrem rotações permanecendo no mesmo lugar. Quando os vórtices rotacionam em sentidos opostos, as esferas se deslocam resultando em correntes induzidas. À época, esse modelo mental constituído por vórtices e esferas apresentado por Maxwell sofreu algumas críticas, mas era necessário para poder fazer uma analogia às linhas de força. A este respeito, escreveu Maxwell:

A concepção de uma partícula que tem seu movimento conectado com aquele de um vórtice através de um contato rolante perfeito pode

parecer um tanto estranho. Eu não levo à frente essa concepção como em modo de conexão existente na natureza, nem mesmo como uma hipótese elétrica com a qual eu concordaria de bom grado. No entanto, é um modo de conexão que é mecanicamente concebível e facilmente investigável, e serve para trazer à tona as conexões reais entre os fenômenos eletromagnéticos conhecidos: assim, eu ousou dizer que qualquer um que entenda o caráter provisório e temporário desta hipótese se sentirá mais auxiliado do que atrapalhado por ela em sua busca pela verdadeira interpretação do fenômeno. (MAXWELL, 1873 apud CRUZ, 2015, p.200 - 201).

De posse de seu modelo, Maxwell pôde associar as grandezas elétrica e magnéticas às componentes mecânicas: à velocidade rotacional dos vórtices, ele entendeu como intensidade do campo magnético; à força tangencial dos vórtices aplicada nas esferas, ele entendeu como força eletromotriz ou campo elétrico; às esferas em movimento de translação, ele entendeu como corrente elétrica induzida. Neste sentido, Maxwell finalmente estava em condições de aplicar conceitos matemáticos como integração em superfícies, produtos escalares e vetoriais, divergentes e rotacionais para deduzir o que hoje chamamos de equações de Maxwell.

Tabela – 1 Equações de Maxwell

EQUAÇÕES DE MAXWELL		
	FORMA INTEGRAL	FORMA DIFERENCIAL
Lei de Gaus (Eletricidade)	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{\mathbf{E}} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gaus (Magnetismo)	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	$\nabla \cdot \vec{\mathbf{B}} = 0$
Lei de Faraday	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$
Lei de Ampère - Maxwell	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \frac{\mu_0 \epsilon_0 d\phi_E}{dt} + \mu_0 \mathbf{j}$	$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = \frac{\mu_0 \epsilon_0 \partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t} + \mu_0 \vec{\mathbf{j}}$

Fonte: SADIKU, 2012.

Em seu trabalho original, Maxwell não escreveu suas equações como são conhecidas hoje. Neste sentido, Resnick faz o seguinte comentário:

Maxwell descreve sua teoria eletromagnética num longo tratado denominado *Treatise on Electricity and Magnetism*, publicado em 1873, seis anos antes de sua morte. Esse tratado é de difícil leitura e, na verdade, não apresenta as quatro equações sob a forma em que o fazemos. Foi Oliver Heaviside (1810 – 1925), físico inglês, quem muito contribuiu para o esclarecimento da teoria de Maxwell apresentando-a, na década de 1970, sob a forma das quatro equações conhecidas hoje em dia. (RESNICK et al, 1994, p.314).

Maxwell, com base em suas equações, fez a previsão de que a luz, assim como as ondas de rádio e o raio x, seriam ondas eletromagnéticas. No entanto, à sua época, não houve a demonstração experimental dessas previsões.

Em 29 de novembro de 1888, o físico alemão e professor da Escola Politécnica Karlsruhe, Heinrich Hertz (1857 – 1894) consegue demonstrar experimentalmente as ondas eletromagnéticas. Descobriu também que tais ondas se comportavam como ondas luminosas, ou seja, a luz era de fato uma onda eletromagnética; comprovando as previsões de Maxwell.

Os trabalhos de Maxwell são os guias até hoje nas transmissões de ondas eletromagnéticas pelo ar e espaço. No entanto, o experimento foi o juiz que o validou definitivamente, mostrando mais uma vez que na evolução do conhecimento, experimentar é condição necessária. Em sala de aula, experimentos são edificações para o ensino de ciências naturais.

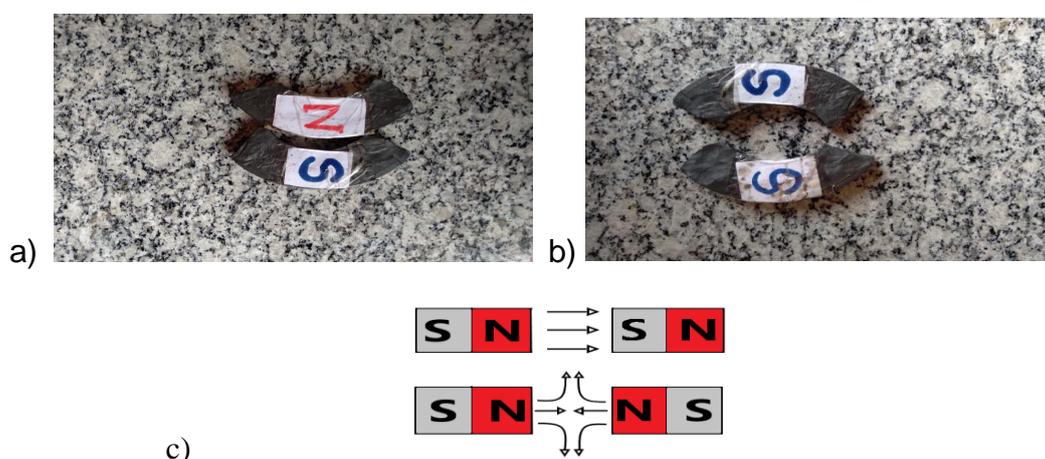
3 CONCEITOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção será abordado os conceitos físicos envolvidos na sequência didática. A sequência está dividida em 4 passos bem definidos que são eles: comentários sobre equipamentos ou eletrodomésticos da vivência dos alunos, realização do experimento que tem o mesmo fundamento físico dos equipamentos ou eletrodomésticos discutidos na primeira parte, discussão teórica dos fundamentos físicos que estão presentes no experimento e confecção de um mapa conceitual. Neste caso, a concentração será no terceiro passo da sequência didática (discussão teórica dos fundamentos físicos que estão presentes no experimento).

3.1 O Experimento dos Ímãs

A importância do experimento com ímãs é mostrar aos alunos a ação dos polos magnéticos se atraindo e se repelindo. Também foi mostrado conceitos como linhas de força magnéticas, convenção padrão de entrada e saída das linhas de força nos ímãs (polo Norte como “saída” das linhas de força e polo Sul como “entrada” das linhas de força) e a questão de que o ímã é um dipolo natural, ou seja, se um ímã for continuamente partido ao meio, os pedaços serão novos ímãs.

Figura – 16 Em a) e b), ímãs retirados de uma caixa de som velha e que serviram para realizar o experimento. Em c), representação das linhas de campo magnético.

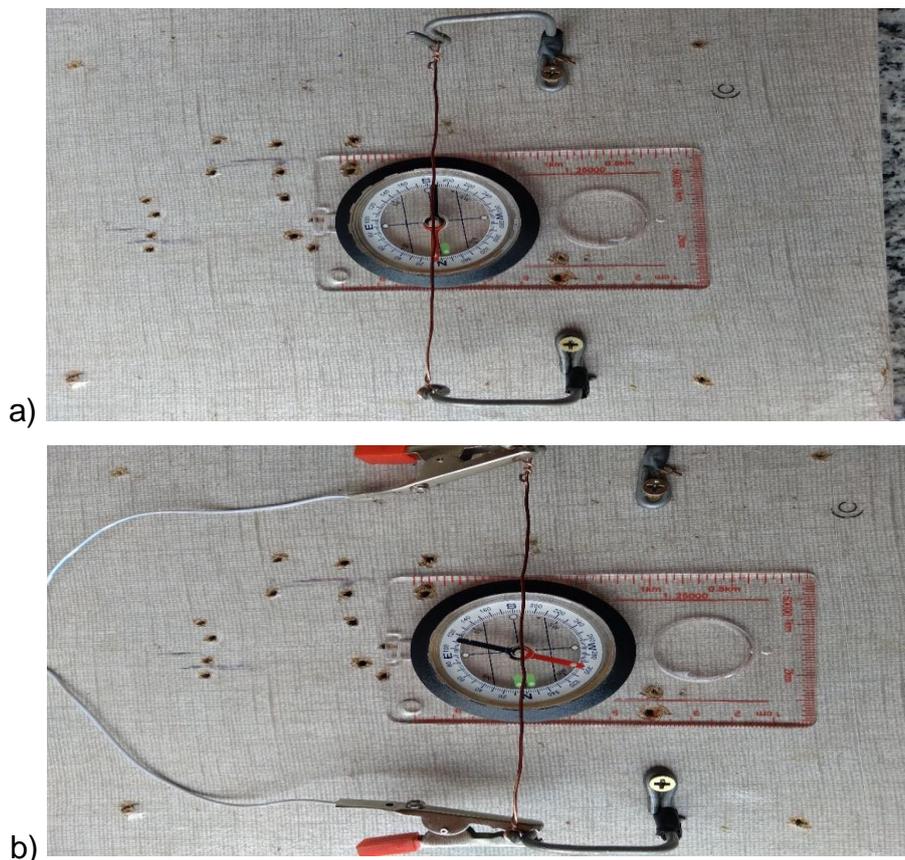


Fonte: O próprio autor (2022)

3.2 O Experimento de Orsted

Neste experimento, mostra-se a interação entre campos elétricos e magnéticos. Foi explicado, a partir do experimento, que os elétrons livres em movimento, que constituem a corrente elétrica quando são submetidos a uma diferença de potencial, fazem surgir um campo magnético em torno do condutor. Tal campo interage com a agulha imantada da bússola fazendo com que ela sofra uma deflexão.

Figura – 17 O experimento clássico de Orsted. Em a), não está havendo a passagem de corrente pelo condutor. Em b), o condutor é submetido a uma diferença de potencial. Neste caso, a agulha sofre uma deflexão.



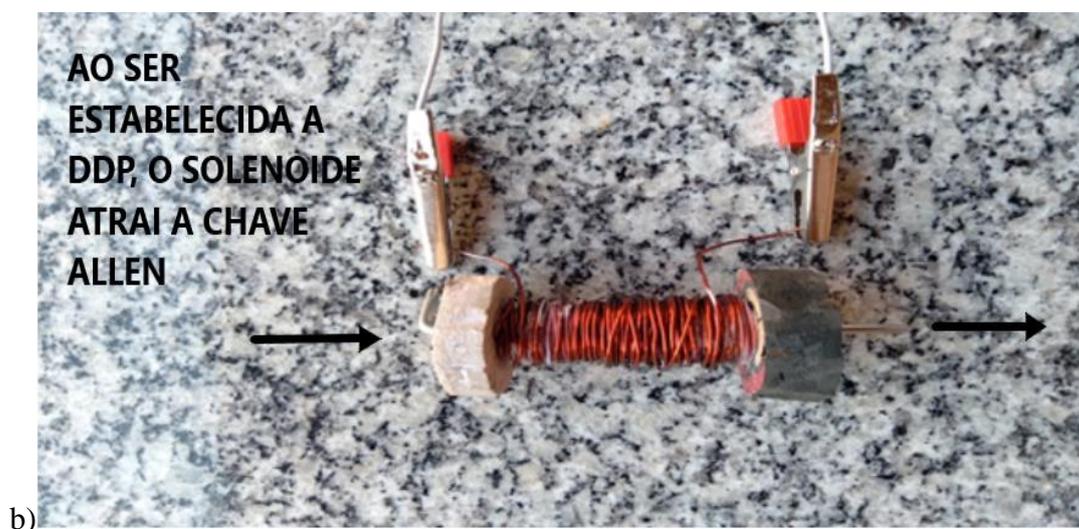
Fonte: O próprio autor, 2022.

3.3 O Experimento do Solenoide.

Neste experimento, mostra-se que um fio moldado em espiral e sendo percorrido por uma diferença de potencial torna-se um ímã cuja intensidade do

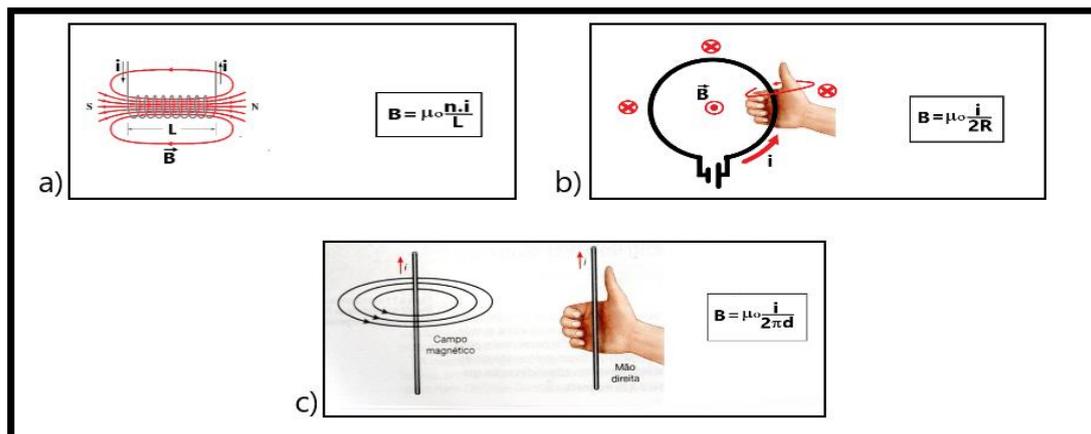
seu campo magnético depende do seu comprimento, número de espiras e intensidade da corrente elétrica. Com base neste experimento, introduz-se os conceitos de natureza circular do campo magnético, regra da mão direita, intensidade do campo magnético próxima a um condutor retilíneo, intensidade do campo magnético no centro de uma espira circular e intensidade do campo magnético no centro de um solenoide.

Figura – 18 Solenoide rudimentar que foi usado nos encontros. Em a), não há passagem de corrente. Em b), o solenoide é percorrido por uma corrente e atrai a chave allen.



Fonte: O próprio autor, 2022.

Figura – 19 Representação teórica de um solenoide em a), bobina circular em b) e condutor retilíneo em c) com as suas respectivas expressões.

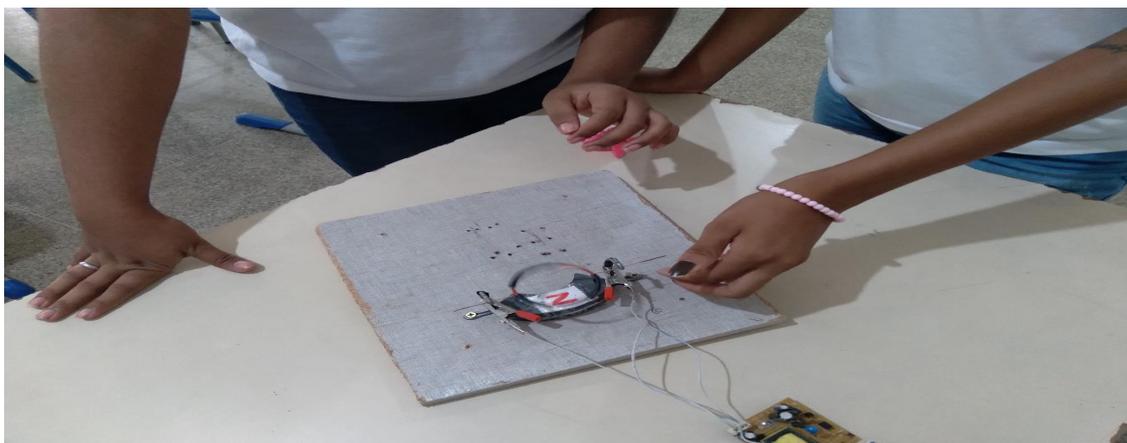


Fonte: O próprio autor, 2022.

3.4 Experimento do Motor Rudimentar

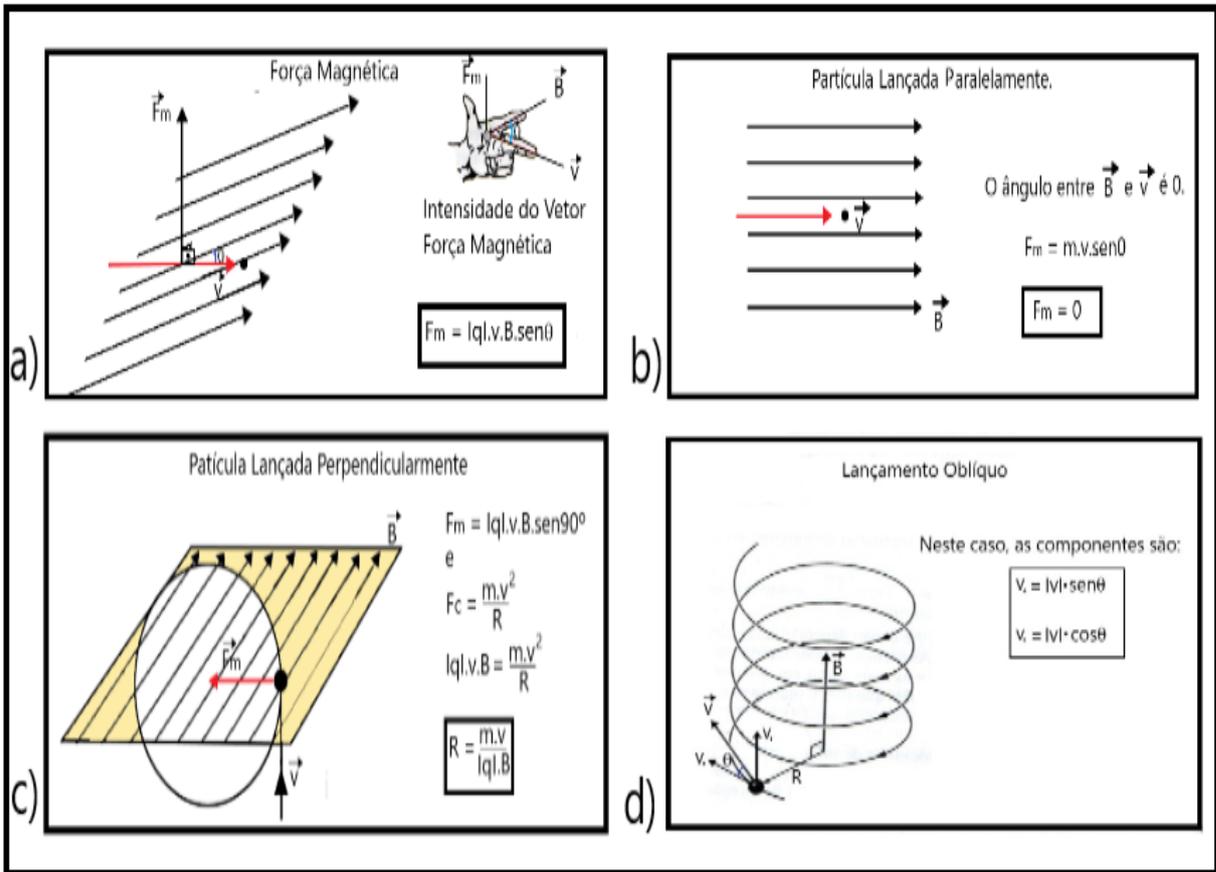
Neste experimento, o objetivo é introduzir e explicar o fenômeno da força magnética causada em uma partícula que esteja em deslocamento imersa em um campo magnético. Explicar os tipos de trajetórias que a partícula experimenta e a dependência do ângulo de imersão. Após tais explicações, mostrar de modo teórico como ocorre o torque que faz com que a espira do motor rudimentar comece a entrar em rotação. Também houve a discussão da regra da mão esquerda para verificar a direção do vetor força magnética.

Figura – 20 Alunos manipulando um motor elétrico rudimentar feito com espiras de cobre e ímãs retirados de caixa de som. A fonte de alimentação foi retirada de um aparelho de DVD velho.



Fonte: O próprio autor, 2022.

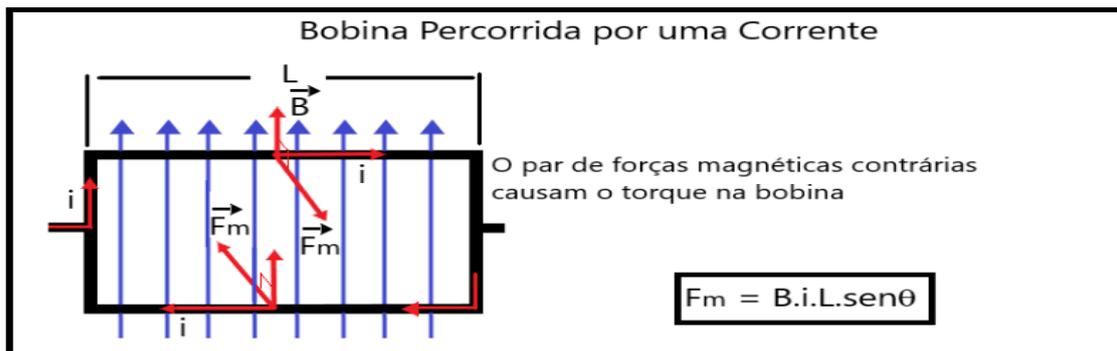
Figura – 21 Representação teórica da regra da mão esquerda em a) e trajetórias assumidas pela partícula quando é lançada de modo paralelo em b), perpendicular em c) e oblíquo em d).



Fonte: O próprio autor, 2022.

Depois de todos os conceitos explicados com a partícula carregada em movimento em um campo magnético, passa-se a explicação de o que faz com que ocorra o torque que causa o movimento no motor rudimentar.

Figura – 22 Representação de uma bobina chata sendo submetida a um campo magnético enquanto é percorrida por uma corrente. Esta gravura foi usada como modelo para explicar o torque que faz com que o motor elétrico funcione.



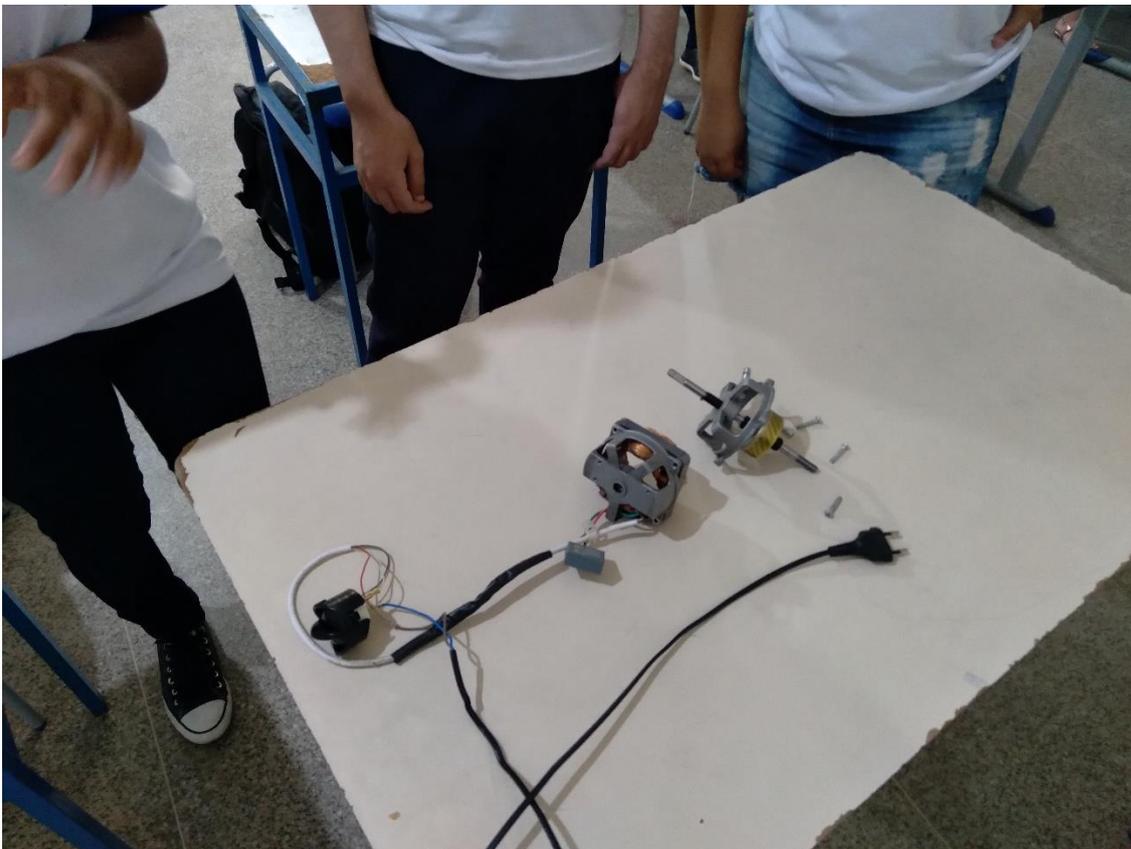
Fonte: O próprio autor, 2022.

Na figura 22, a bobina quadrada está imersa em um campo magnético e é percorrida por uma corrente elétrica. O par de forças contrárias causam o torque que faz com que ela entre em rotação. A interação entre a corrente elétrica que percorre o condutor de comprimento L e o campo magnético faz com que surja a força magnética F_m . A força é ortogonal ao campo e faz com que o condutor entre em movimento. No caso da bobina, pelo fato de as forças serem em sentidos contrários, ocorre a rotação.

3.5 Experimento com o Motor de Ventilador

Este experimento serve para mostrar o fenômeno da indução magnética. Como se sabe, um motor de ventilador funciona totalmente em função da indução. Não há nenhuma armadura feita com ímãs, somente bobinas de cobre.

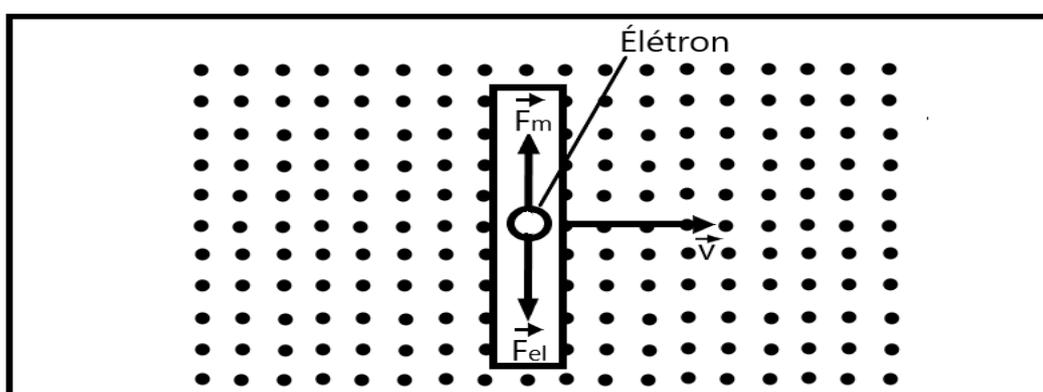
Figura – 23 Alunos observam as partes que compõem o motor de indução de um ventilador. Não há nenhum ímã na armadura externa.



Fonte: O próprio autor, 2022.

Par que o entendimento do motor de indução seja compreendido, deve-se explicar o fenômeno da indução eletromagnética. De fato, se uma barra condutora em movimento estiver imersa em um campo magnético, surgirá uma polarização devido ao deslocamento dos elétrons livres para uma das extremidades da barra, de acordo com a regra da mão esquerda.

Figura - 24 Condutor em movimento num campo magnético. A direção do vetor força magnética deve ser invertida porque a carga do elétron é negativa



Fonte: O próprio autor, 2021.

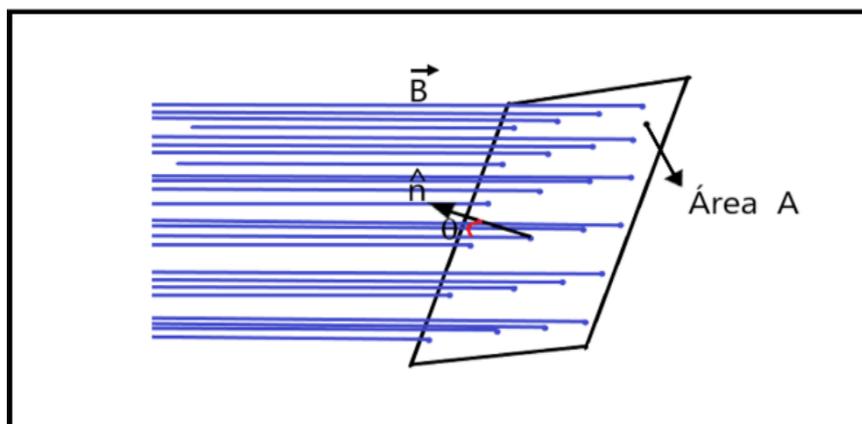
A polarização faz com que ocorra uma diferença de potencial no condutor. A esta diferença de potencial, chama-se força eletromotriz induzida.

$$\varepsilon = B \cdot |v| \cdot L.$$

Vencida a etapa da indução magnética, passa-se à explicação do fluxo magnético, que como se sabe, considerando uma área qualquer estando sujeita a interceptar um fluxo magnético qualquer, têm-se a seguinte expressão:

$$\phi_B = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

Figura - 25 Representação do Fluxo magnético sendo interceptado por uma área retangular



Fonte: O Próprio autor, 2021.

Depois da explicação dos fenômenos de força eletromotriz induzida e fluxo magnético, passa-se à explicação da lei de Faraday que diz o seguinte:

“A força eletromotriz induzida (femi) em uma espira qualquer é igual à taxa de variação do fluxo magnético ($\Delta\Phi$) em uma determinada variação de tempo (Δt)”.

De modo matemático,

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}.$$

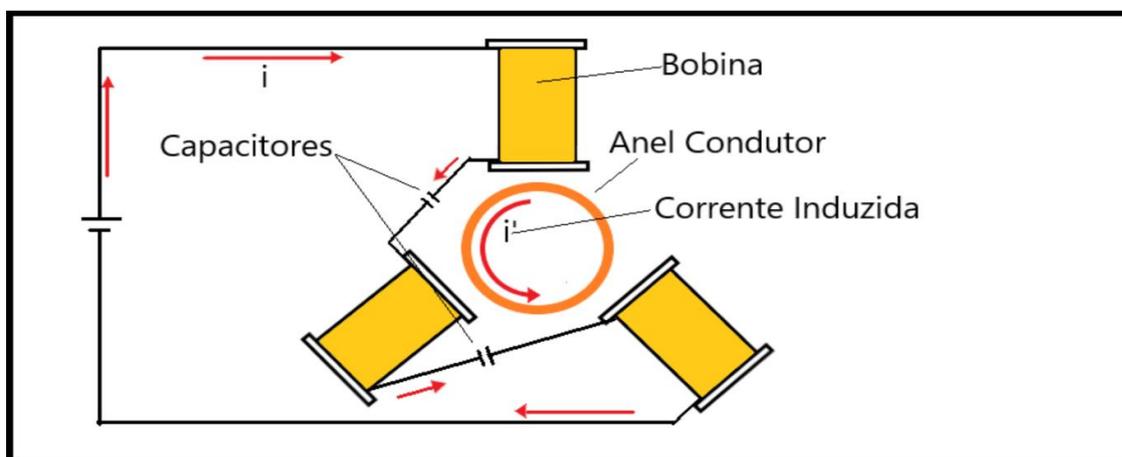
O sinal de menos na expressão é em função da lei de Lenz que diz que: “o sentido da corrente elétrica induzida em um circuito é tal que ela deve gerar um campo magnético que se opõe à variação de fluxo magnético que induziu essa corrente” (MARTINI et al, 2015).

Sabendo, então, dos conceitos de força eletromotriz induzida e fluxo magnético, está-se em condições de explicar o funcionamento do motor de ventilador.

O motor de ventilador é o que se chama de motor a indução. Tais motores são compostos de uma parte móvel (rotor) e uma parte fixa (estator). Basicamente, no estator existem bobinas feitas com fios de cobre. No rotor, existe um anel feito de um condutor (geralmente também é de cobre). A ideia é a seguinte: as bobinas que estão no estator criam um campo magnético quando

são percorridas por corrente elétrica. Cada bobina deve receber a corrente elétrica de modo defasado, ou seja, não podem ser alimentadas pela corrente elétrica ao mesmo tempo. Cada bobina faz surgir um campo magnético e dessa forma, têm-se o que se chama de campo magnético girante, por causa da defasagem.

Figura - 26 Esquema de um motor de indução



Fonte: O próprio autor, 2021.

Os capacitores garantem que ocorra a defasagem na corrente elétrica original.

Com o surgimento do campo magnético girante, ocorre uma corrente induzida no anel condutor. Esta corrente faz com que surja um campo magnético induzido no condutor de modo que ele procura sempre se alinhar ao campo magnético girante produzido pelas bobinas do estator. No entanto, este alinhamento nunca ocorre. O resultado desta busca pelo alinhamento é que causa a rotação no rotor, ou seja, a transformação de energia elétrica em mecânica. Deste modo, pode-se concluir que o segredo do ventilador (e outros equipamentos que se usam deste tipo de aparato) é a indução eletromagnética.

4 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E O EXPERIMENTO COMO ANCORAGEM.

Nesta secção será desenvolvida um pouco da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e, com base nela, será montada uma sequência didática tendo o experimento como ancoragem. O ideal é que essa sequência didática possa auxiliar ao máximo na formação de uma estrutura cognitiva eficiente para os alunos (conjunto de conhecimentos que têm significados). Será visto que os assuntos tratados em aulas de física podem ser encarados como ideias potencialmente relevantes (subsunçores) que podem ser ligadas à conhecimentos que os aprendizes já têm em sua mente. De acordo com o próprio David Ausubel (1918 – 2008) o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. De posse disso, pode-se passar a ensiná-lo adequadamente (KUBRUSLY et al, 2007).

Será proposto, também, a técnica de construção de mapas conceituais como modo de externalização da estrutura cognitiva construída a partir dos conhecimentos apresentados aos alunos.

4.1 Conceito de Aprendizagem Significativa

De acordo com o professor Marco Antônio Moreira (2012), a definição de Aprendizagem Significativa é a seguinte:

A aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2012, p.13).

Da definição, pode-se inferir que para que haja uma aprendizagem com significado é necessário que o novo conhecimento a ser apreendido pelo sujeito tenha significado e que possa ser, de alguma forma, transformado em uma ramificação de um outro conceito que já exista na mente do próprio aprendiz.

Fazendo, então, uma analogia com uma situação em sala de aula para que o conceito de aprendizagem significativa se torne mais claro. Imagine que um professor, enquanto ministra uma aula sobre teoria eletromagnética, simplesmente comente que há uma relação entre eletricidade e magnetismo e que logo depois mostre o modo de como se calcula a intensidade do campo magnético próximo a um condutor e comece a fazer exemplos matemáticos de situações-problema. Neste caso, os alunos simplesmente foram surpreendidos com um conhecimento de baixíssimo potencial significativo e sem nenhuma relação prática para a vida deles. Os discentes treinarão com os exemplos e aplicaram o que aprenderam (quando aplicam) em um teste se esquecendo logo depois. Aqui é o clássico exemplo de aprendizagem mecânica. Infelizmente é uma prática extremamente corriqueira nas escolas brasileiras.

Por outro lado, considere a mesma aula sobre teoria eletromagnética, porém, desta vez, o professor fale antes de equipamentos da vivência dos alunos que se usam do fenômeno físico objeto da aula para funcionar e logo depois o professor execute um experimento mostrando aos alunos o fenômeno acontecendo na íntegra e só por último explique a modelagem matemática do fenômeno. Neste exemplo, a aprendizagem é significativa porque cumpriu os dois fundamentais requisitos: o conhecimento é relevante (faz parte da vida dos alunos) e interage com conhecimentos anteriores (o fenômeno, objeto da aula, é a base de funcionamento de equipamentos do convívio dos alunos).

Com a aprendizagem significativa ocorre a construção da estrutura cognitiva.

4.2 A Estrutura Cognitiva

Antes de se discutir o conceito de estrutura cognitiva é necessário que se saiba antes sobre o conceito de subsunção.

Subsunções são conhecimentos já existentes no conjunto de saberes do sujeito. (MOREIRA, 2012). Neste caso, deve-se fazer uso desses conhecimentos para que se possa introduzir novos conceitos. Dentre esses conhecimentos, sempre haverá alguns de maior relevância de modo que os demais possam ser atrelados a eles. Daí, vem também a nomenclatura de “ideias-âncora” para esses subsunções que servem de referências e são de

definição mais geral em relação aos outros. De fato, é importante “que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material” (AUSUBEL, 2000, p.17).

De posse, então, do conceito de subsunçor, diz-se que estrutura cognitiva é “um conjunto hierarquizado de subsunçores dinamicamente interrelacionados”. (MOREIRA, 2012, p.17). Sempre haverá um subsunçor que servirá de ancoragem para os demais subsunçores, no entanto, tal hierarquia não é rígida e depende da evolução intelectual do aprendiz.

Suponha o conceito de força. Em um dado momento da vida, força é entendida simplesmente com “puxões” ou “agarrões”. Em outro momento, será entendida como o resultado do contato entre dois corpos. Mais adiante (no ensino médio), a força será reclassificada como uma interação entre corpos que também pode ser remota, de modo a formar campos de força de ação à distância. Se o aprendiz for mais além, verá que existem forças de natureza nuclear, ou seja, o subsunçor força vai sendo enriquecido e sofrendo readaptações na estrutura cognitiva do indivíduo.

4.3 Organizadores Prévios

Para que a aprendizagem significativa possa ser satisfatória é necessário que o aprendiz apresente uma predisposição para aprender. Para motivar essa vontade nos alunos, é importante o uso dos organizadores prévios. De acordo com MOREIRA (2012), o conceito de organizador prévio é o seguinte:

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação – problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este. (MOREIRA, 2012, p.30).

Basicamente, o organizador prévio é um meio que servirá para a introdução de novos subsunçores.

Existem os organizadores prévios expositivos, que servem para fazer a ligação de um subsunçor mais formal a um subsunçor mais elementar que esteja na estrutura cognitiva do aprendiz (exemplo é a questão de se introduzir o conceito de força nas leis de Newton buscando a ancoragem com o conceito de força que o aluno ainda entende como “agarrões” ou “puxões”); e também, os organizadores prévios comparativos que servem para ligar subsunçores de definições mais formalizadas cientificamente. Neste último caso, pode-se ter como exemplo a ligação entre o subsunçor força e o subsunçor força de ação à distância que no caso poderia ser o campo gravitacional ou elétrico.

Às vezes, o organizador prévio pode suprir a falta de um subsunçor, um exemplo seria o caso em que o professor usa um equipamento, como um ventilador, para introduzir uma aula de indução eletromagnética. O ventilador, neste caso, torna-se uma ancoragem para os demais assuntos relacionados à indução eletromagnética.

4.4 Aprendizagem Significativa Subordinada

Diz-se que a aprendizagem significativa é subordinada quando o novo conhecimento a ser apreendido pelo indivíduo ancora-se em um subsunçor de definição mais geral. Como exemplo, podemos considerar o caso em que o sujeito já sabe que energia é uma forma geral de realização de trabalho e logo depois lhe seja apresentado o conceito de energia cinética como sendo um subconjunto da definição geral de energia.

Esta modalidade é a que ocorre com mais frequência. Geralmente, parte-se de uma definição mais geral para se chegar em um conceito mais particular.

4.5 Aprendizagem Significativa Superordenada

Nesta modalidade, o sujeito adquire um subsunçor que será mais geral e servirá de ancoragem para subsunçores já existentes em sua estrutura cognitiva, mas, que têm definições mais particulares. Seria o caso do aprendiz que já tem conhecimento das leis do movimento de Newton, mas, logo depois, lhe seja

apresentado que as leis de Newton são um caso particular da teoria da relatividade restrita de Einstein aplicada a baixas velocidades.

4.6 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

Como dito antes, a estrutura cognitiva do sujeito não é estática, ela vai sofrendo adaptações e isso faz com que haja deslocamentos e aquisições de outros subsunçores, dependendo da evolução intelectual do indivíduo.

Essa maturação na estrutura intelectual do aprendiz ocorre sempre por diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Na diferenciação progressiva o subsunçor vai sendo lapidado ao longo do tempo. É o caso do conceito de força. Como já citado antes, o jovem entende força como “agarrões” ou “puxões”. Nas aulas de ciências, ele aprende que força é o resultado da interação entre corpos. Mais tarde, numa série mais avançada, lhe é apresentado que a força pode agir remotamente, como é o caso da gravitacional, elétrica e magnética. Mais adiante, ele aprende que um conjunto de forças podem formar um campo de forças de ação à distância. Pode-se perceber que o subsunçor força foi se tornado cada vez mais cientificamente elegante com o passar do tempo, ou seja, foi sofrendo diferenciações progressivas.

A reconciliação integradora é a capacidade de diferenciar conceitos, integrá-los ou superordená-los. Este é o caso de o aluno entender que há várias formas de energias e que ele pode identificá-las em uma dada situação específica, como é o caso da análise da observação de um caixote sendo arrastado numa superfície com atrito. De posse, então, dos conhecimentos sobre energia, ele consegue perceber que existe uma força de atrito que oferece resistência ao movimento do caixote, e que essa força se desdobra em energia térmica, que aquece o conjunto superfície-caixote; e energia sonora, que é o barulho feito.

É importante observar que os dois processos ocorrem de modo simultâneo, e que a diferenciação progressiva está mais atrelada à aprendizagem significativa subordinada e a reconciliação integradora tem mais a ver com a aprendizagem significativa superordenada (MOREIRA, 2012).

4.7 O Experimento Funcionando como Ancoragem

Como já foi explanado na seção anterior, a estrutura cognitiva é hierarquizada, porém, não rígida. Os subsunçores são enriquecidos (pelos processos de diferenciação progressivas e reconciliação integradora) ao longo do tempo e dando espaço para novos subsunçores de modo que haja uma ampliação no conhecimento do indivíduo.

Sabendo, então, que a estrutura cognitiva tem natureza hierárquica, consegue-se inferir que ao se considerar um determinado momento da aprendizagem, haverá um subsunçor que terá uma hierarquia maior que os demais. Com base nisso, deve-se se concentrar em eleger um bom e relevante subsunçor para que os outros lhe possam ser ancorados.

Para que um subsunçor seja bom e relevante, ele deve fazer parte da vivência do aprendiz e ser de fácil acesso mental. “O subsunçor deve estar disponível na estrutura cognitiva do aluno ou, caso contrário, deve ser formado no aluno por meio dos organizadores”. (MIYATA, 2018).

No ensino aprendizagem - aprendizagem de física, um dos maiores causadores do fracasso escolar é o tratamento abstrato seguido de ideias desconexas da realidade. Como exemplo, é a apresentação de uma fórmula para os alunos decorarem e depois a aplicarem em situações – problema hipotéticas e distantes da vida real deles.

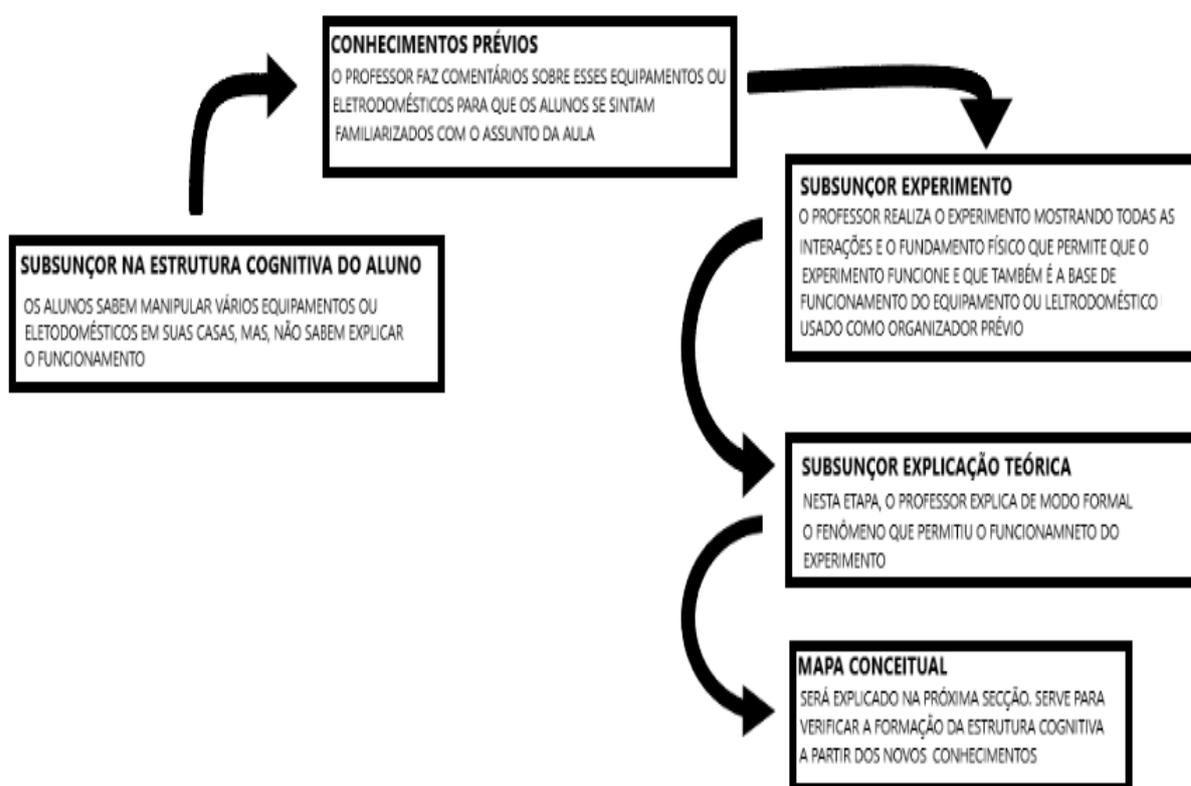
Neste contexto é que deve entrar o experimento. Claro, ele deve reproduzir um fenômeno que faz parte da vida dos alunos e não deve ser de construção sofisticada. Sendo de fácil construção e de custo extremamente baixo, ele se torna muito acessível, inclusive para os próprios alunos que podem construí-los em casa. A este respeito:

Diante da análise sobre as possíveis contribuições do projeto em questão para a educação, entende-se que as experiências construídas e aplicadas com materiais recicláveis e de baixo custo é uma excelente alternativa para professores em qualquer contexto educacional, respeitando cada cultura e realidade escolar, mostrando que mesmo sem muitos recursos é possível desenvolver um processo pedagógico de ensino e aprendizagem onde professor e aluno tenham prazer em construí-lo juntos. (ROSÁRIO, ROSÁRIO, 2019, p.12).

Destarte, o experimento deve ser o subsunçor de maior hierarquia em uma determinada sequência didática. Como organizadores prévios, faz-se comentários sobre equipamentos ou eletrodomésticos que os alunos têm em casa ou que veem com bastante frequência (ventilador, liquidificador, termômetro, forno de micro-ondas etc.). Logo depois, executa-se o experimento mostrando a definição geral do fenômeno que serve de base para o funcionamento do equipamento ou eletrodoméstico que foi usado como organizador prévio. Depois desenvolve-se a parte teórica e matematizada que serão os demais subsunçores que se ancorarão no subsunçor experimento.

Em uma situação esquemática, o procedimento seria o seguinte:

Figura – 27 Mapa conceitual da sequência didática.



Fonte: O próprio autor, 2022.

Deste modo, o professor consegue criar uma estrutura cognitiva junto aos alunos a partir de subsunçores que estavam na estrutura cognitiva deles. O mapa conceitual servirá para uma melhor internalização dos conhecimentos.

4.8 O Mapa Conceitual como Externalização da Estrutura Cognitiva

Por definição, mapas conceituais “são diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais.” (KUBRUSLY et al, 2007, p.3).

“São representações gráficas do conhecimento organizado. O conhecimento organizado é composto por uma estrutura de proposições; estas são afirmações compostas por conceitos e palavras”. (JÚNIOR, 2014, p.3).

Trata-se de uma técnica desenvolvida pelo professor norte-americano Joseph Novak e seus colaboradores em meados na década de 1970 nos Estados Unidos. Tal técnica nunca foi citada nos trabalhos de Ausubel, no entanto, seu fundamento foi totalmente inspirado na teoria da aprendizagem significativa.

Pode-se dizer que os mapas conceituais são uma forma de externalizar o que o aprendiz compreendeu de modo significativo. Eles são compostos de uma informação (âncora) de maior hierarquia da qual as demais informações lhe são ligadas.

Na medida em que os alunos utilizam mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos, capítulos de livros, romances, experimentos de laboratório e outros materiais educativos do currículo, eles estarão usando o mapeamento conceitual como um recurso de aprendizagem.

Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se, basicamente, de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. (MOREIRA, 2012, p.129).

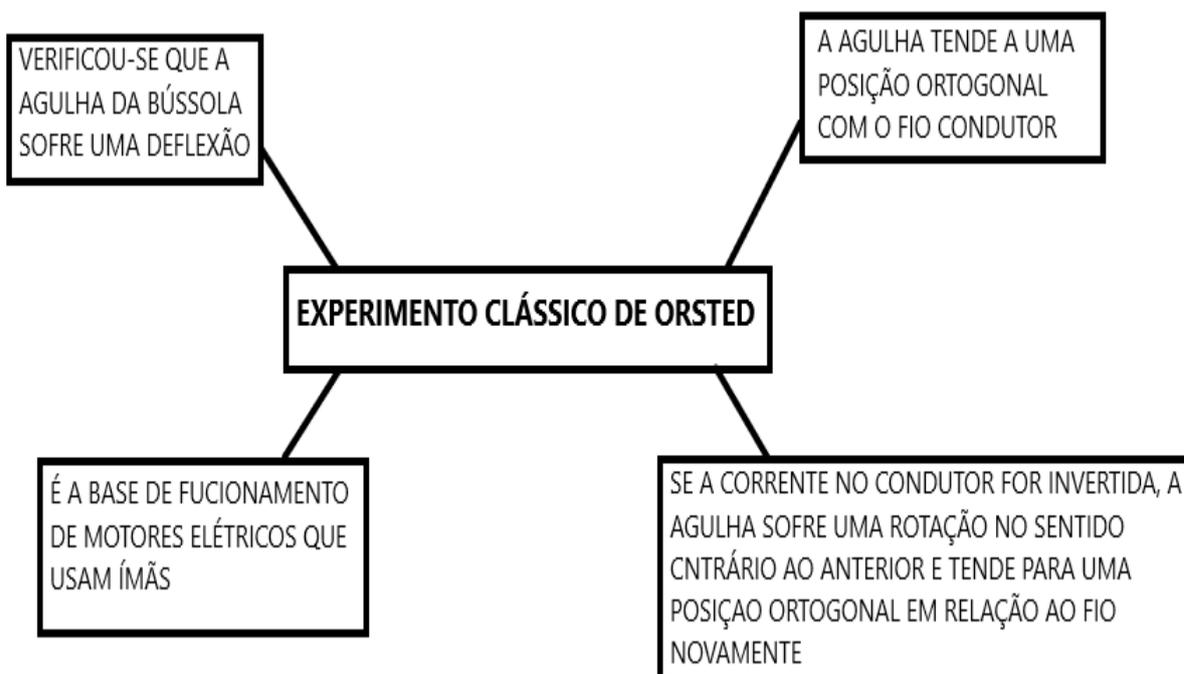
Pelas definições, pode-se perceber que um mapa conceitual é uma construção pessoal, ou seja, só faz sentido para quem o constrói. No entanto, isso não quer dizer que o professor não possa auxiliar os alunos nessa

construção. Devemos indicar quais são os subsunçores – âncora para que a partir destes eles possam sentir segurança em construir os seus próprios mapas.

O mapa conceitual também é um poderoso aliado do professor para averiguar o nível de aprendizagem dos alunos. Isso porque o mapa mostra exatamente como foi entendido o assunto por cada um deles. É uma forma de organização do pensamento. Ao se ter acesso ao modo de como os aprendizes estão apreendendo o conteúdo, através do mapa conceitual, pode-se fazer ajustes ou sugestões. É uma ferramenta de avaliação muito mais poderosa do que os testes ou provas, porque é organizado.

Por fim, será feito um modelo de construção de um mapa conceitual sobre o clássico experimento de Orsted. Será procurado fazê-lo o mais direto e objetivo possível com a finalidade de facilitar a aprendizagem.

Figura – 28 Exemplo de um mapa conceitual para o experimento de Orsted.



Fonte: O próprio autor, 2022.

Percebe-se que o experimento é a ideia de maior hierarquia e ocupa o centro do mapa, em conformidade com a estrutura cognitiva adquirida.

5 METODOLOGIA USADA NA PESQUISA

Nesta secção será tratado do tipo de pesquisa, ou seja, qual sua finalidade e qual o procedimento adotado. Metodologia se origina da palavra “método” que vem do latim “*methodus*” que significa “caminho para a realização de algo”. É uma intervenção lógica na realidade para entendê-la melhor e apresentar uma solução específica se usando de regras para a coleta e interpretação dos dados obtidos. Por ser um modo de entender e interpretar um determinado fenômeno, consequentemente traz uma riqueza para o meio social, pois permite que outros interessados possam expandir ou adaptar o fenômeno em estudo.

Coletar dados se usando de determinadas técnicas é de fundamental importância em uma sociedade. É uma soma de conhecimento social, em que vários homens e mulheres passam a boa parte da vida se empenhando em contribuir e melhorar o meio em que se vive. Apesar da finitude da vida orgânica, o conhecimento sempre é crescente e é organizado para gerações futuras graças aos métodos adotados. Descartes (1595 – 1650) fez o seguinte comentário sobre a importância em adotar métodos de organização do conhecimento:

Mas não temerei dizer que penso ter tido muita felicidade de me haver encontrado, desde a juventude, em certos caminhos, que me conduziram a considerações e máximas, de que formei um método, pelo qual me parece que eu tenha meio de aumentar gradualmente meu conhecimento, e de alçá-lo, pouco a pouco, ao mais alto ponto, a que a mediocridade de meu espírito e a curta duração de minha vida lhe permitam atingir. (DESCARTES, 1673, p.3).

O método é importante não só pessoalmente, mas, socialmente.

5.1 Caracterização da Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa qualitativa quanto à finalidade e de campo quanto ao procedimento.

A intenção era a de averiguar o grau de satisfação dos alunos quanto à aplicação da sequência didática proposta nesse trabalho. Neste sentido, esse tipo de “medição” é totalmente subjetiva. “A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares” (MINAYO, 2001, p.6). Apesar de ser um trabalho em volto de experiências objetivas em eletromagnetismo, a importância aqui é somente a prática e aplicação na vida diária sem se preocupar com parâmetros de medições nos experimentos.

Quanto à finalidade, justifica-se ser de campo porque este trabalho foi aplicado em sala de aula, junto aos alunos. Os fatos e dados foram observados e coletados da maneira como ocorre na realidade de uma escola.

5.2 Campo Empírico da Pesquisa

A pesquisa ocorreu na escola Centro de Ensino Eugênio Barros, localizada na rua Manuel Gonçalves, nº 760 em Caxias – MA. É uma escola pública. Infelizmente não existe laboratório de ciências para se trabalhar os experimentos. As salas de aula têm ar – condicionado, o que é um alívio e ajuda no processo de ensino – aprendizagem. A internet da escola é precária, pois o sinal de acesso remoto não chega em todas as salas, prejudicando assim em uma possível pesquisa. A turma que participou do trabalho foi o pessoal do terceiro ano B, vespertino. O total de participantes foram 30 alunos.

A aplicação do produto ocorreu entre os dias 6/10 e 24/11 de 2021, perfazendo um total de 7 encontros. Foram usados dois horários de 45 minutos cada um (normalmente a duração dos horários são 50 minutos, mas, a redução ocorreu devido à pandemia).

Os encontros aconteceram de modo presencial, tudo registrado conforme a tabela abaixo:

Tabela 2: Esboço dos encontros formativos/aulas e suas ações, datas e carga horária da pesquisa de campo.

Encontros/ Aulas	Data	Carga horária	Ações
1º	06/10/2021	2 h/a	Questionário de verificação prévia e experiências com ímãs para demonstrar os fenômenos de atração e repulsão magnéticas
2º	13/10/2021	2 h/a	Demonstração do experimento clássico de Orsted
3º	20/10/2021	2 h/a	Experimento com eletroímã
4º	03/11/2021	2 h/a	Avaliação de verificação
5º	10/11/2021	2 h/a	Experimento do motor elétrico
6º	17/11/2021	2h/a	Experimento do motor de indução eletromagnética
7º	24/11/2021	2h/a	Avaliação de verificação

Fonte: O próprio autor, 2021

5.3 Primeiro Encontro: Questionário de Verificação Prévia e Experiências com Ímãs para Demonstrar de Atração e Repulsão Magnéticas (06/10/2021)

No primeiro encontro foi feito um questionário inicial para apurar conhecimentos prévios. As perguntas eram simples e foi dado um tempo de 20 minutos. O teste segue abaixo.

TESTE DE VERIFICAÇÃO INICIAL

1 Você acha que os assuntos ministrados de física refletem algo da sua realidade?

2 Você já teve aulas de física usando como apoio algum tipo de aparato experimental?

3 Você é capaz de explicar o funcionamento de algum equipamento existente em sua casa que se use de algum fundamento eletromagnético

4 Você está satisfeito com o estilo atual de se ensinar física, ou seja, apenas o professor com pincéis e o quadro para explicar os assuntos?

5 Você gostaria que o professor demonstrasse na prática o que é explicado em aula?

Como se observa, o teste inicial foi composto por perguntas simples e objetivas. Não era a intenção apurar conhecimentos aprofundados sobre eletromagnetismo logo no começo. O que se queria era saber se o que é ensinado reflete na realidade deles.

Depois de recolhido o questionário, foi dada continuidade à aplicação do produto. Seguiu-se, então, a ordem da sequência didática, conforme planejado.

1 - Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Foi feito comentários sobre equipamentos ou eletrodomésticos que se usam do fenômeno físico que foi objeto da aula (atração e repulsão magnética e propriedade dos ímãs). O objetivo dessa primeira parte da sequência é ativar um subsunçor na mente dos alunos para que possa servir de ligação para os demais subsunçores que formarão a estrutura cognitiva da aula. Os comentários usados foram sobre ímãs de recados de geladeira, ímãs das portas dos Bancos e ímãs de brinquedos.

2 - Aplicação do Experimento

Após os comentários, foi realizada a experiência com dois ímãs retirados do alto-falante de uma caixa de som velha.

Figura – 16 ímãs de caixa de som (figura já citada anteriormente).



Fonte: O próprio autor, 2022.

O objetivo da segunda parte é que o experimento sirva de ancoragem para a estrutura cognitiva. Foi mostrado os ímãs se repelindo e se atraindo.

3 – Explicação Teórica

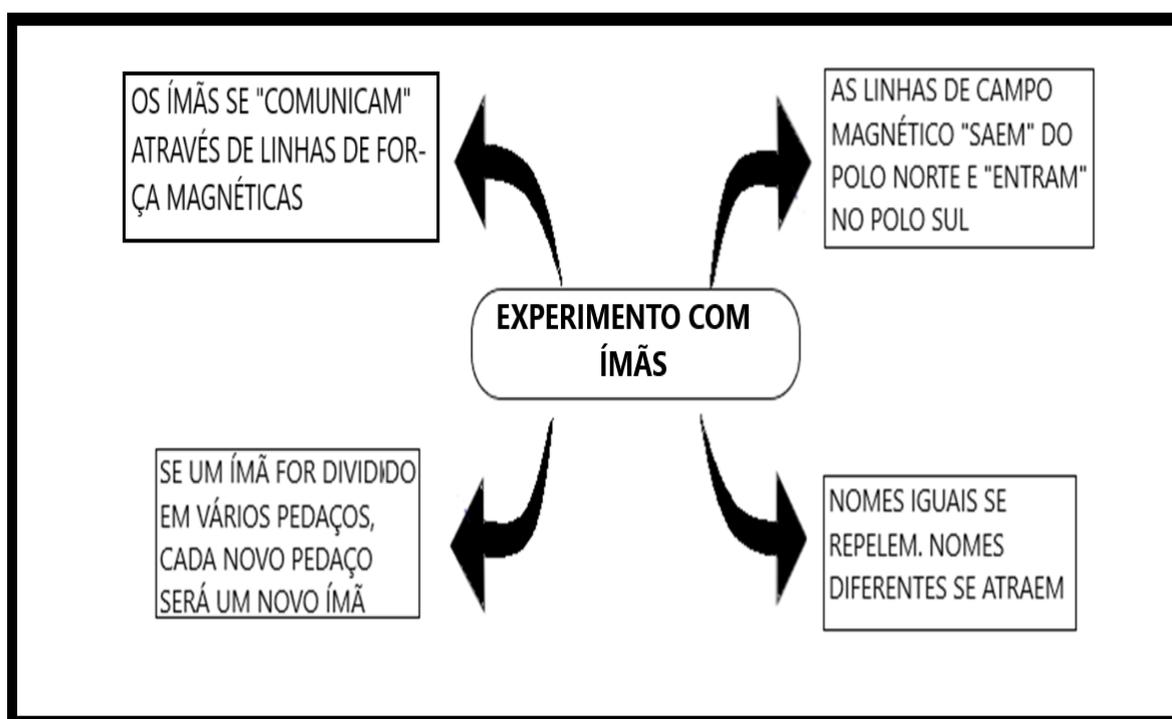
Na terceira parte, foi explicado que os ímãs sempre têm dois polos que foi convencionalizado como polo Norte e polo Sul, que os ímãs se “comunicam” através de linhas invisíveis que são chamadas de “linhas de força magnéticas”, que a

soma de todas essas linhas recebem o nome de “campo magnético”, que a comunidade científica convencionou que as linhas “saem” do polo Norte e “entram” no polo Sul e que se um ímã for partido em pedaços, os novos pedaços sempre serão novos ímãs, ou seja, não existe polo magnético isolado.

3 – Montagem do Mapa Conceitual

O objetivo do mapa conceitual é ter uma visualização da estrutura cognitiva formada na mente dos alunos e para servir de um acesso mental rápido para informações que foram passadas nas aulas. O mapa foi confeccionado tendo o experimento como ideia (âncora) de maior hierarquia. Foi uma construção conjunta (professor e alunos). O resultado da construção segue abaixo.

Figura – 29 Mapa conceitual do primeiro encontro



Fonte: O próprio autor, 2021.

5.4 Segundo Encontro: O experimento Clássico de Orsted (13/10/2021)

No segundo encontro, houve a discussão da relação que existe entre eletricidade e magnetismo. A ancoragem adotada para este encontro foi o clássico experimento de Orsted. A sequência foi seguida conforme abaixo.

1 – Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

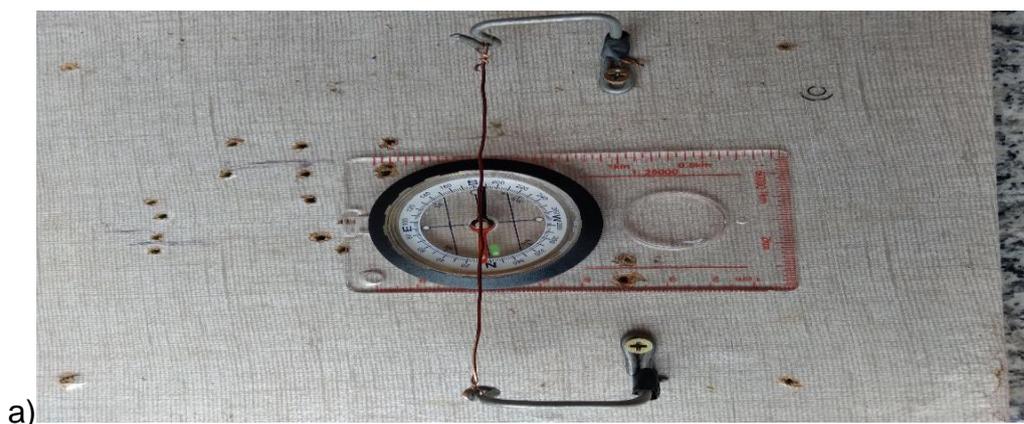
Desta vez, a aula foi iniciada com comentários sobre máquinas de cortar cabelo, campainhas antigas e abridores automáticos de portão. A ideia, mais uma vez, é sempre ativar um subsunçor na mente dos alunos para que se possa construir uma possível estrutura cognitiva.

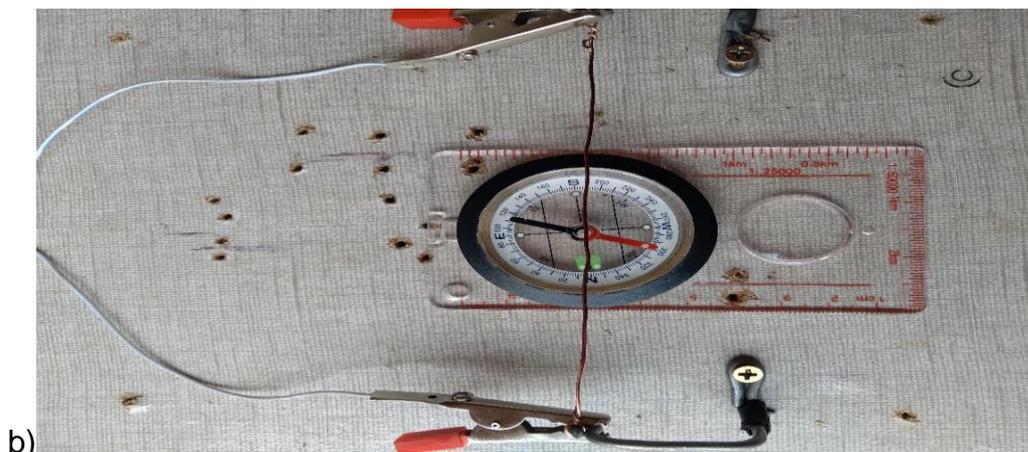
Logo depois dos comentários, foi perguntado se todos já teriam visto esses dispositivos. A resposta foi positiva. Então, começou-se a falar sobre qual é o fundamento físico que permite que esses aparelhos funcionem.

2 – Aplicação do Experimento

Foi montado um modelo do experimento clássico de Orsted para que eles pudessem observar.

Figura – 17 Simulação do experimento clássico de Orsted (figura já citada anteriormente).





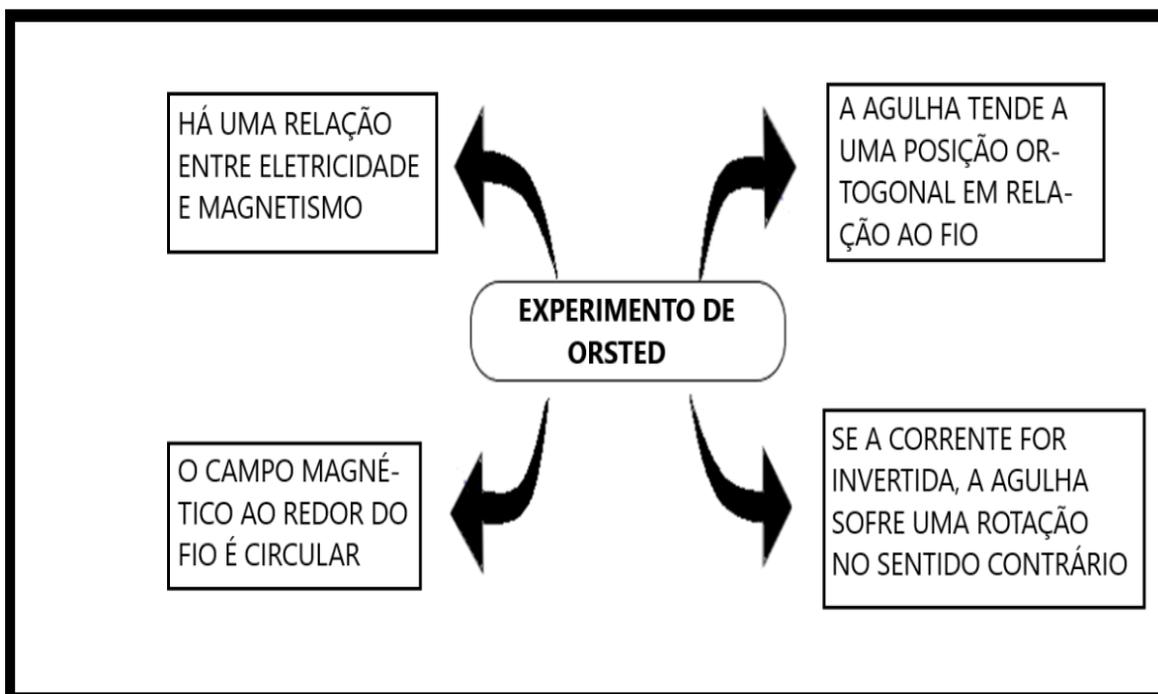
Fonte: O próprio autor, 2022.

3 – Explicação Teórica

A partir do experimento, foi explicado que a corrente elétrica causa uma deflexão na agulha imantada da bússola porque há uma relação entre eletricidade e magnetismo; que a agulha tende a uma posição ortogonal com o fio e que por esse motivo, a agulha deve ser colocada em uma posição que não seja ortogonal com o fio senão não será possível perceber o fenômeno; que o magnetismo terrestre influencia no experimento, daí não ser possível que a agulha atinja um ângulo de 90° com o fio ocorrendo somente a aproximação para este ângulo; que se a corrente for invertida, a agulha da bússola sofre uma rotação no sentido contrário e tende novamente para a posição ortogonal; que o campo magnético gerado ao redor de um condutor é circular.

4 – Montagem do Mapa Conceitual

Na última parte do segundo encontro passou-se para a parte da construção do mapa conceitual da aula. Novamente, enfatiza-se que tal montagem ocorreu de maneira conjunta com os alunos. A única preocupação era em adotar o experimento como ideia – âncora.

Figura – 30 Mapa conceitual do segundo encontro

Fonte: O próprio autor, 2021.

5.5 Terceiro Encontro: Experimento com Eletroímã (20/10/2021)

No terceiro encontro, foi realizado o experimento com um eletroímã, de modo a respeitar a sequência didática proposta.

1 - Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Foi iniciada comentando sobre os grandes eletroímãs que são usados em ferros velhos e costumam ser mostrados em filmes norte-americanos. Também foi comentado sobre a possibilidade de um eletroímã substituir os pistons dos motores a combustão usados atualmente.

2 – Aplicação do Experimento.

Realizou-se o experimento do eletroímã rudimentar.

Figura – 18 Solenoide rudimentar sendo mostrado aos alunos (figura já citada anteriormente).



Fonte: O próprio autor, 2021.

3 – Explicação Teórica.

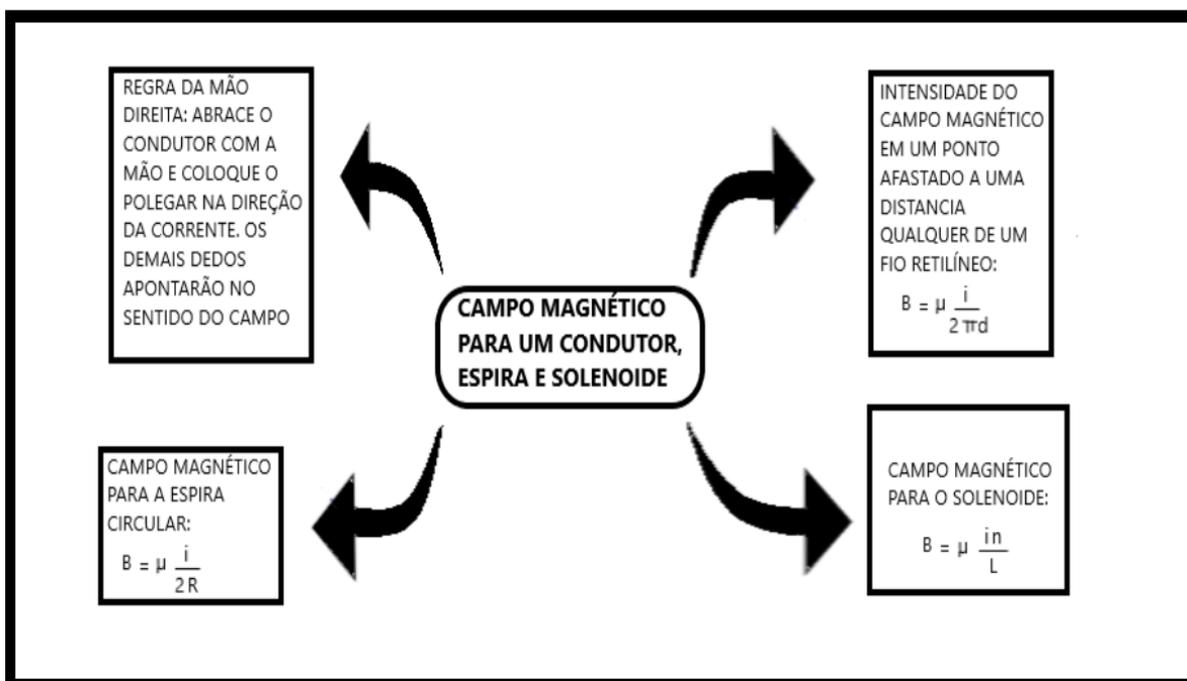
Passou-se, então, às explicações dos fundamentos físicos por trás do funcionamento do eletroímã.

Foi explicado que a corrente elétrica faz com que surja um campo magnético ao redor de um condutor e como calcular a intensidade deste campo; explicou-se sobre a regra da mão direita para saber a orientação do campo magnético; mostrou-se que há um campo magnético no centro de uma espira circular e como usar a regra da mão direita para saber a orientação dele e por fim, explicou-se sobre o campo magnético no centro do solenoide e como saber a orientação dele usando a regra da mão direita.

4 – Montagem do Mapa Conceitual.

Foi montado novamente o mapa conceitual do encontro com o objetivo de haver formado uma estrutura cognitiva, conforme abaixo.

Figura – 31 Mapa conceitual do terceiro encontro



Fonte: O próprio autor, 2021.

5.6 Quarto Encontro: Avaliação de Verificação (03/11/2021)

No quarto encontro foi feita uma avaliação para verificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos e servir para possíveis ajustes na sequência didática. A avaliação foi composta por questões subjetivas e objetivas, conforme abaixo.

SEGUNDA AVALIAÇÃO

1 Você consegue compreender o conceito de campo magnético?

2 Cite três equipamentos que se usam de fenômenos magnéticos para funcionar.

3 De 0 a 10, qual sua nota quanto ao que foi entendido nas aulas?

4 Você é capaz de explicar o que seria o campo magnético para alguém?

5 (Enem/ 2017) Um guindaste eletromagnético de um ferro-velho é capaz de levantar toneladas de sucata, dependendo da intensidade da indução magnética em seu eletroímã. O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, sendo geralmente construído enrolando-se um fio condutor ao redor de um núcleo de material ferromagnético (ferro, aço, níquel, cobalto).

Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

- A) Diâmetro do fio condutor.
- B) Distância entre as espiras.
- C) Densidade linear de espiras.
- D) Corrente que circula pelo fio.
- E) Permeabilidade relativa do núcleo.

6 (Enem/2017) Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- Um fio de cobre de diâmetro d enrolado em n espiras circulares de área a ;
- Dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade b ;

- Um sistema de engrenagens que lhe permite girar em torno de um eixo com uma frequência f ;

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima v e uma corrente de curto-circuito i .

Para dobrar o valor da tensão máxima v do gerador mantendo constante o valor da corrente, o estudante deve dobrar $a(o)$

- A) Número de espiras.
- B) Frequência de giro.
- C) Intensidade do campo magnético.
- D) Área das espiras.
- E) Diâmetro do fio.

7 (Enem/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerado energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontramos um ímã e uma bobina.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região
- B) Bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica
- C) Bobina em atrito com o campo magnético fechado gera uma corrente elétrica
- D) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
- E) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético

8 (Enem/2011) O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo

padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- A) Isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- B) Varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- C) Apresenta uma magnetização desprezível sob ação do ímã permanente.
- D) Induz corrente elétrica na bobina mais intensamente que a capacidade do captador.
- E) Oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

5.7 Quinto Encontro: Experimento do Motor Elétrico (10/11/2021)

No quinto encontro houve a realização do experimento do motor rudimentar elétrico. Como de praxe, foi iniciado com a aplicação da sequência didática.

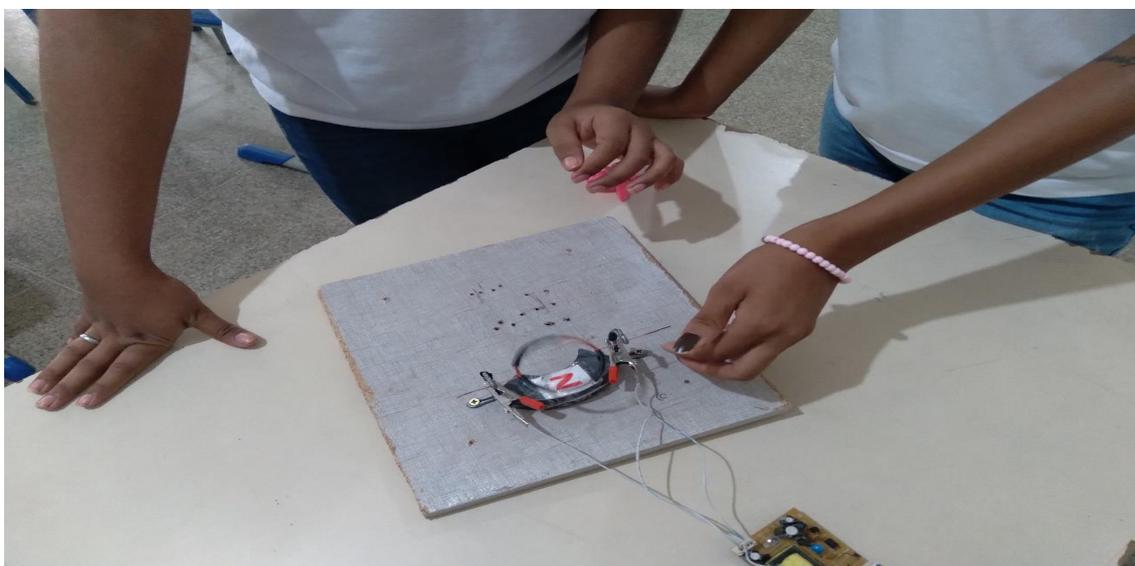
1 – Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Antes da aplicação do experimento, foram feitos comentários sobre os motores elétricos de brinquedos em geral, motores que existem dentro de computadores, pequenos motores que fazem com que o celular possa vibrar quando está no modo silencioso e motores de impressoras. Todos esses casos são de fácil observação e todos os alunos já tiveram contato com os motores comentados nessa primeira parte. Isso dá a garantia de ter um subsunçor para que possa servir de ligação com uma possível estrutura cognitiva.

2 – Aplicação do Experimento.

Foi realizado, então, o experimento junto aos alunos.

Figura – 20 Alunos manipulando o motor rudimentar elétrico (figura já citada anteriormente).



Fonte: O próprio autor, 2021.

O motor é constituído de peças de fácil acesso. As 10 espiras de cobre em forma de círculo estando sujeitas a um ímã de caixa de som velha e sendo alimentados por uma fonte de 5 volts retirada de um parêlo de DVD velho.

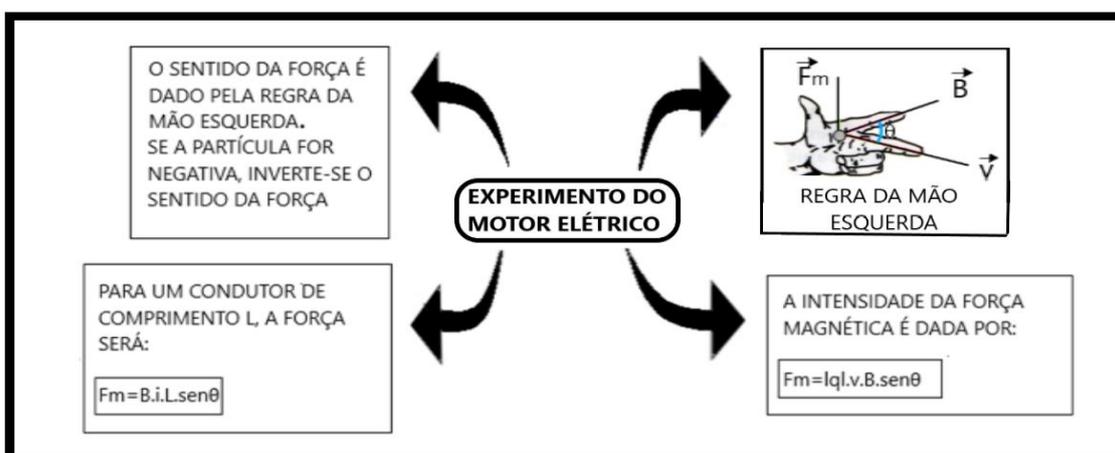
3 – Explicação Teórica

Depois de aplicado o experimento, passou-se às explicações teóricas. Foi explicado que uma partícula carregada quando está em movimento e imersa em um campo magnético fica sujeita a uma força magnética; que a intensidade dessa força depende do ângulo entre a direção da partícula e a direção do campo magnético; que existe a regra da mão esquerda para indicar a orientação da força que agirá na partícula; que um condutor de tamanho qualquer que esteja imerso em um campo magnético e esteja sendo percorrido por uma corrente elétrica também fica sujeito a uma força magnética e que, por último, foi explicado que é essa força magnética que causa o torque na bobina do motor elétrico fazendo-o entrar em rotação.

4 – Montagem do Mapa Conceitual.

Depois de explicado toda a parte teórica, foi montado o mapa conceitual junto com os alunos, sempre levando em consideração o experimento como ancoragem.

Figura – 32 Mapa conceitual do quinto encontro



Fonte: O próprio autor, 2021.

5.8 Sexto Encontro: Experimento do Motor de Indução Eletromagnética (17/11/2021)

No sexto encontro, foi feito o experimento do motor de indução eletromagnética. Iniciou-se com os comentários e depois passou-se para os demais passos.

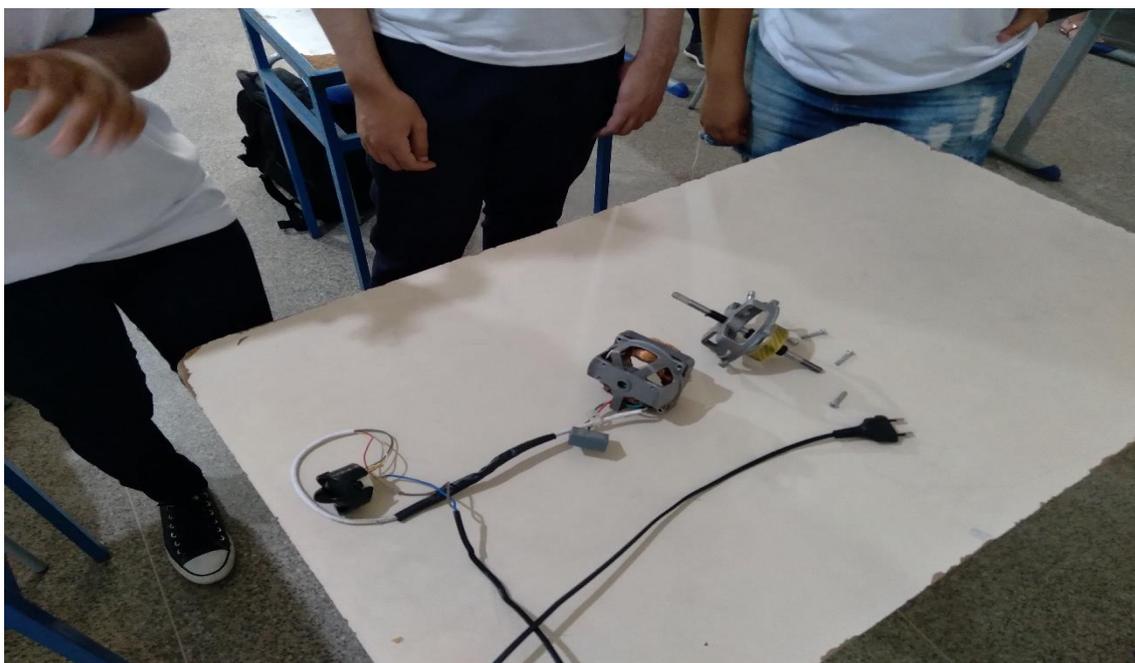
1 – Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Começou-se fazendo comentários sobre motores de ventiladores, motores de portões, motores de furadeiras elétricas e rotores de hidroelétricas.

2 – Aplicação do Experimento

Executou-se o experimento junto com os alunos de modo que eles observassem que dessa vez não havia nenhum ímã nas armaduras do motor.

Figura – 23 Alunos observam os componentes de um motor de indução de ventilador (figura já citada anteriormente).



Fonte: O próprio autor, 2021.

Este experimento tratava-se de um motor de ventilador velho. Foi mostrado que havia um grupo de bobinas que estavam fixas às armaduras externas (estatores) e que no eixo central havia um anel de cobre (rotor). Mostrou-se também que não havia nenhum ímã fixo às armaduras externas, como foi o caso dos motores elétricos citados no encontro anterior. Desta vez, somente o professor operou o experimento, pois se tratava de uma ligação com risco de choque elétrico.

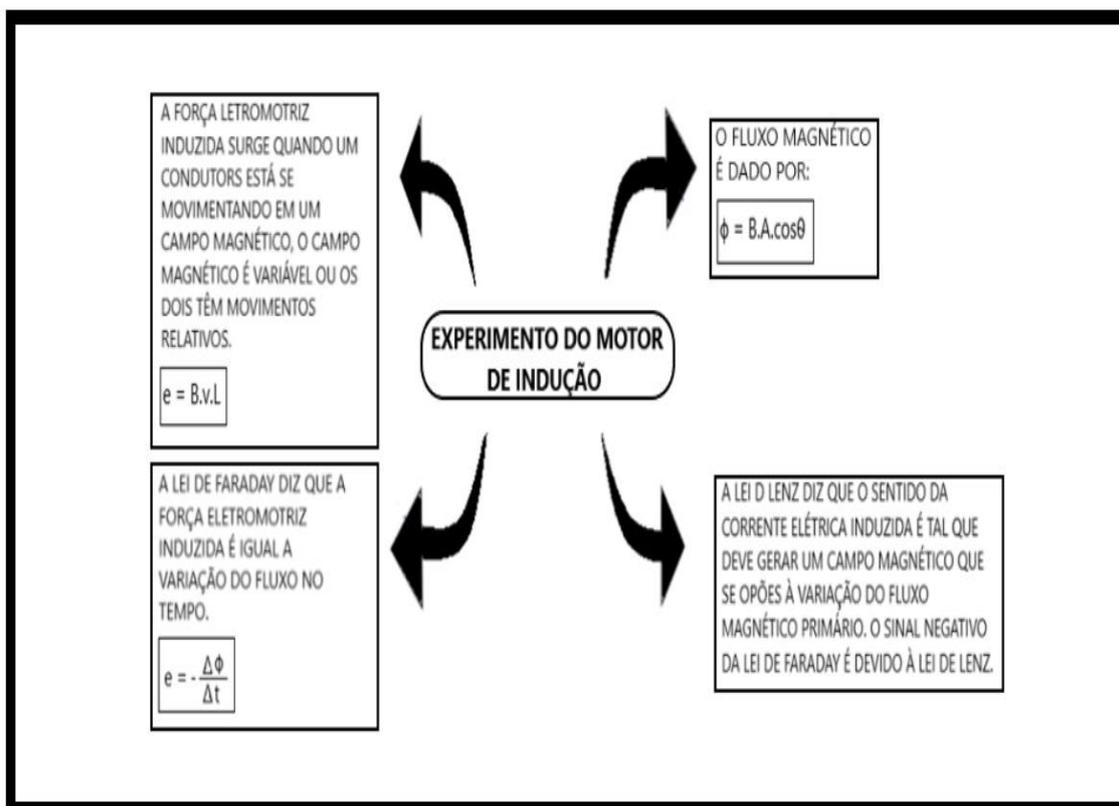
3 – Explicação Teórica

Após a realização do experimento, passou-se a explicar os fundamentos físicos envolvidos. Explanou-se que se um fio condutor estiver imerso e em movimento em um campo magnético, surgirá uma polarização nas extremidades do fio o que ocasiona uma Diferença De Potencial que leva o nome de força eletromotriz induzida (femi) e que tal grandeza depende do ângulo entre o fio e a direção do fluxo magnético; que o fluxo magnético pode ser calculado em função da medida de uma determinada área multiplicada pelo cosseno que a face desta área faz com a direção do fluxo magnético; que a femi pode ser calculada em função do fluxo magnético variando no tempo (lei de Faraday) e que o fluxo magnético secundário sempre se opõe ao fluxo primário (lei de Lenz); que a explicação para o motor de indução é que uma bobina sendo percorrida por uma corrente elétrica induz a uma corrente secundária em uma outra bobina que esteja próxima de modo a surgir também um campo magnético secundário e que no caso do motor de indução eletromagnética, este campo magnético secundário sempre tenta acompanhar o campo magnético primário, mas, isso nunca ocorre resultando, então, na rotação do eixo central.

4 – Montagem do Mapa Conceitual

Por fim, montou-se o mapa conceitual do encontro.

Figura – 33 Mapa conceitual do sexto encontro



Fonte: O próprio autor, 2021.

5.9 Sétimo Encontro: Avaliação dos Conhecimentos Adquiridos (24/11/2021)

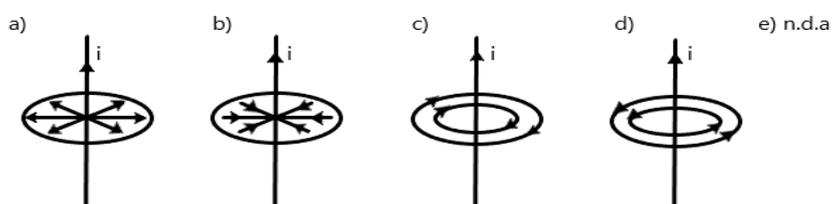
No sétimo e último encontro foi feita a avaliação dos conhecimentos adquiridos. Desta vez, as questões foram todas objetivas. Ela foi composta por 10 questões retiradas de livros didáticos e do ENEM.

ÚLTIMA AVALIAÇÃO

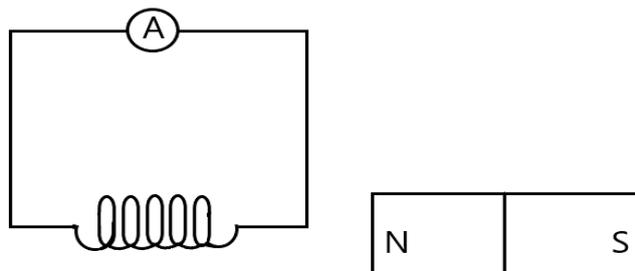
1 - (OSEC – SP) Quem mostrou pela primeira vez, experimentalmente, que as correntes elétricas geravam campos magnéticos, foi:

- a) Einstein
- b) Newton
- c) Orsted
- d) Arquimedes
- e) Ampère

2 - (FATEC – SP) Um condutor reto e longo é percorrido por corrente elétrica invariável i . As linhas de indução de seu campo magnético seguem o esquema:



3 - (UFMG) A figura mostra um ímã próximo a um circuito constituído por uma bobina e um medidor sensível de corrente.



Colocando-se a bobina e o ímã em determinados movimentos, o medidor poderá indicar passagem de corrente na bobina.

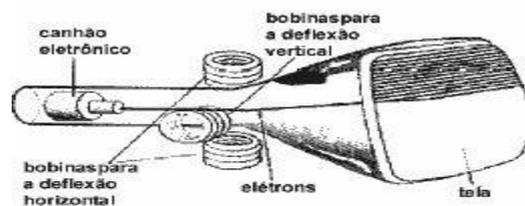
Não haverá indicação de passagem de corrente pelo medidor quando:

- a) O ímã e a bobina se movimentam, aproximando-se.
- b) A bobina se aproxima do ímã, que permanece parado.
- c) O ímã se desloca para a direita e a bobina, para a esquerda.
- d) O ímã e a bobina se deslocam ambos para a direita, com a mesma velocidade.
- e) O ímã se aproxima da bobina e esta permanece parada.

4 - (FATEC – SP) Indução eletromagnética é:

- a) Magnetização por influência.
- b) Geração de força eletromotriz graças à variação de fluxo magnético no decurso do tempo.
- c) Criação de campo magnético por efeito de corrente elétrica.
- d) Processo que não ocorre em transformador magnético.
- e) N.d.a.

5 - (ENEM / 2001) A figura mostra o tubo de imagem dos aparelhos de televisão usados para produzir as imagens sobre a tela. Os elétrons do feixe emitidos pelo canhão eletrônico são acelerados por uma tensão de milhares de volts e passam por um espaço entre bobinas onde são defletidos por campos magnéticos variáveis, de forma a fazerem a varredura da tela.



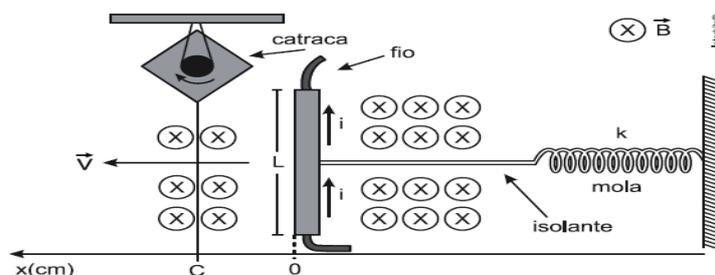
Nos manuais que acompanham os televisores é comum encontrar, entre outras, as seguintes recomendações:

- I. Nunca abra o gabinete ou toque as peças no interior do televisor
- II. Não coloque seu televisor próximo de aparelhos domésticos como motores elétricos ou ímãs.

Estas recomendações estão associadas, respectivamente, aos aspectos de

- a) riscos pessoais por alta tensão / perturbação ou deformação de imagem por campos externos
- b) proteção dos circuitos contra manipulação indevida / perturbação ou deformação de imagens por campos externos
- c) riscos pessoais por alta tensão / sobrecarga dos circuitos internos por ações externas.
- d) proteção dos circuitos contra a manipulação indevida / sobrecarga da rede por fuga de corrente.
- e) proteção dos circuitos contra manipulação indevida / sobrecarga dos circuitos internos por manipulação externa.

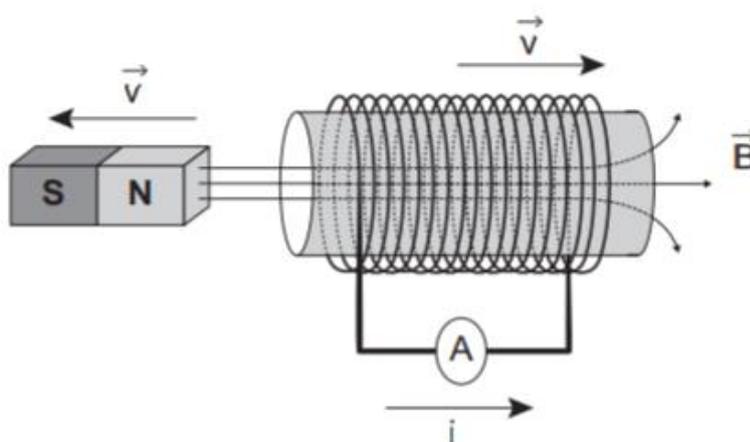
6 - (ENEM / 2013) Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6\text{A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5\text{cm}$, cuja ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-12} \text{ N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.



A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-1} \text{ T}$
- b) $5 \times 10^{-2} \text{ T}$
- c) $5 \times 10 \text{ T}$
- d) $2 \times 10^{-2} \text{ T}$
- e) $2 \times 10^0 \text{ T}$

7 - (ENEM / 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michel Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura:



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a:

- a) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.

- b) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- c) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- d) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- e) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

8 - (ENEM / 2014) As cercas elétricas instaladas nas zonas urbanas são dispositivos de segurança planejados para inibir roubos e devem ser projetadas para, no máximo, assustar as pessoas que toquem a fiação que delimita os domínios de uma propriedade. A legislação vigente que trata sobre as cercas elétricas determina que a unidade de controle deverá ser constituída, no mínimo, de um aparelho energizador de cercas que apresente um transformador e um capacitor, ela também menciona que o tipo de corrente elétrica deve ser pulsante.

Considere que o transformador supracitado seja constituído basicamente por um enrolamento primário e outro secundário e que este último está ligado indiretamente à fiação. A função do transformador em uma cerca elétrica é:

- a) reduzir a intensidade de corrente elétrica associada ao secundário.
- b) amplificar potência elétrica associada ao secundário.
- c) amplificar a energia elétrica associada a este dispositivo.
- d) proporcionar perdas de energia do primário ao secundário.
- e) provocar grande perda de potência elétrica no secundário.

9 - (ENEM / 2016) A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e conseqüente aquecimento das células.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque

- a) o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.

- b) O campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- c) As nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- d) O campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- e) As nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferindo calor.

10 - (ENEM / 2020) Em uma usina de energia elétrica, seja através de uma queda d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas.

Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do (a)

- a) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
- b) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
- c) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
- d) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
- e) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Agora será apresentado os resultados da pesquisa através das respostas dadas pelos alunos às avaliações que foram aplicadas ao longo da implementação do produto educacional. O primeiro teste, somente para recapitular, foi para verificar se as aulas ministradas de física que eles tinham, correspondiam com algum fato ou acontecimento da realidade. Nas questões, os alunos poderiam escolher entre as alternativas sim, não ou talvez. Neste primeiro momento, não houve a preocupação em saber se os alunos tinham algum conhecimento mais aprofundado sobre a teoria eletromagnética.

6.1 Resultados e Discussões da Primeira Avaliação

- Para a questão 1 (Você acha que os assuntos ministrados de física refletem algo da sua realidade), as respostas foram:

Sim – 5

Não – 10

Às vezes – 15

Percebe-se que os que responderam “não” somam 10, ou seja, 33% dos participantes. Isso significa que aproximadamente 1/3 deles consideram a física ensinada na escola muito distante do que realmente acontece ao seu redor. Tal constatação é muito preocupante, pois para que possa haver aprendizagem significativa os conhecimentos adquiridos devem ter algum significado real e útil. Sem correspondência com a realidade só resta as abstrações. Os alunos, mesmo que aprendam algo, logo se esquecem.

Os que responderam “às vezes”, que somam 15, ou seja, 50%, também é preocupante. As teorias físicas devem ter total respaldo experimental e serem aplicadas, de alguma forma, no cotidiano. Existem muitos exemplos de aplicação. Até mesmo a teoria da relatividade de Einstein, que exige um alto grau de abstração para entendê-la, tem aplicação prática. Todos os assuntos de física devem ter correspondência com a realidade.

- Para a questão 2 (Você já teve aulas de física usando como apoio algum tipo de aparato experimental?), as respostas foram:

Sim – 2

Não – 28

Às vezes – 0

Neste caso agora, 28 dos participantes, ou seja, 93%, responderam que não. Isso reflete, infelizmente, o estilo brasileiro de se ensinar física em que somente se leva em consideração quadros e pincéis para prática escolar. Tratamento só com teoria leva ao ensino mecânico.

- Para a questão 3 (Você é capaz de explicar o funcionamento de algum equipamento existente em sua casa que se use de algum fundamento eletromagnético?), as respostas foram:

Sim – 0

Não – 30

Às vezes – 0

Não houve surpresa neste resultado. Pelas respostas dos dois primeiros itens, pode-se inferir facilmente que eles não estavam acostumados com aulas práticas, muito menos com casos específicos, como seria uma prática em eletromagnetismo.

- Para a questão 4 (você está satisfeito com o estilo atual de se ensinar física, ou seja, apenas o professor com pincéis e o quadro para explicar os assuntos?), as respostas foram:

Sim – 0

Não – 30

Às vezes – 0

Ou seja, 100% dos participantes não estão satisfeitos com aulas em que ocorrem somente explicações teóricas. De fato, o tratamento teórico tendo como aplicação somente exercícios de situações – problema para resolver levam a um total descrédito e visão distorcida da física.

- Para a questão 5 (você gostaria que o professor demonstrasse na prática o que é explicado em aula?), as respostas foram:

Sim – 30

Não – 0

Às vezes – 0

O item 5 confirma o item 4, ou seja, 100% dos participantes gostariam de ter aulas com práticas.

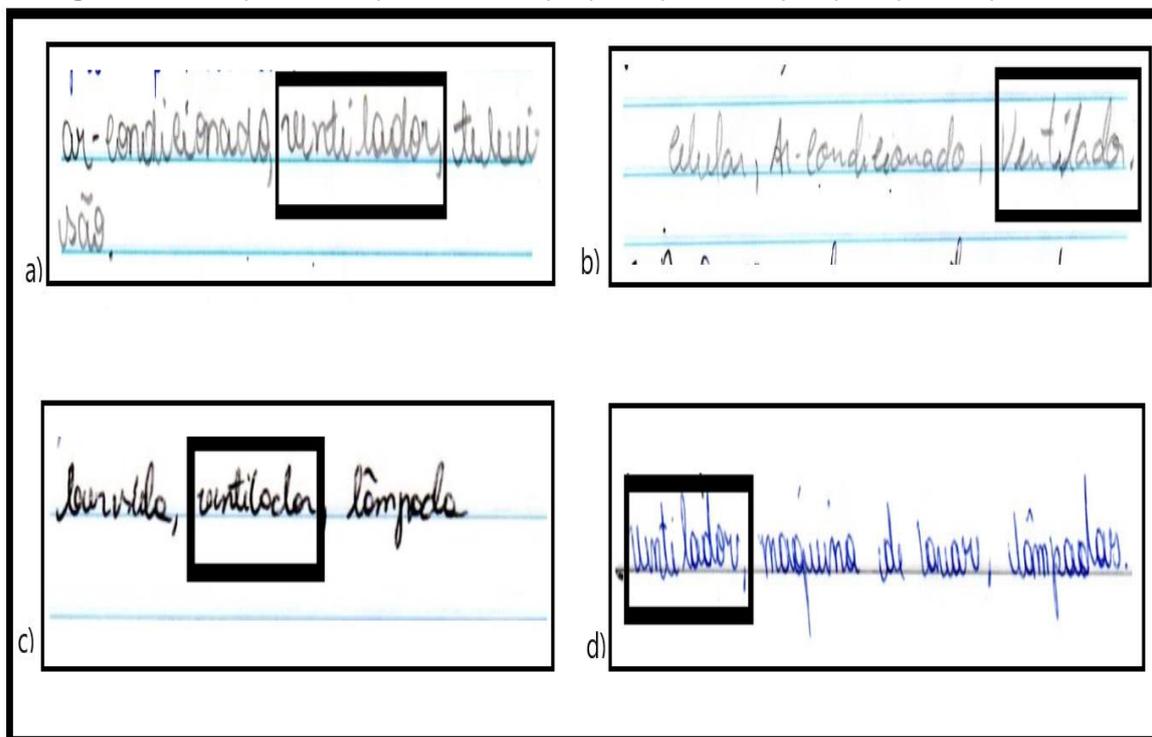
Como se observa, o teste inicial foi composto por perguntas simples e diretas. Não era intenção apurar conhecimentos aprofundados sobre eletromagnetismo logo no começo. Queria-se saber se o que é ensinado reflete na realidade deles. Este “refletir - na - realidade” é a viga mestra em um contexto ausubeliano.

6.2 Análise do Segundo Teste (Avaliação Ocorrida no Terceiro Encontro)

O segundo teste foi composto de 4 perguntas subjetivas e 4 perguntas objetivas de vestibular (ENEM). A intenção era fazer uma comparação com o primeiro teste e verificar a eficácia do método aplicado nos encontros para podermos fazer os ajustes necessários.

- Para a questão 1 (Você consegue compreender o conceito de campo magnético?), todos eles responderam que sim. Nesta primeira questão, não se queria saber, ainda, que eles discorressem de modo mais técnico.
- Para a questão 2 (Cite três equipamentos que se usam de fenômenos magnéticos para funcionar.), todos eles também foram capazes de responder. A evolução é com relação aos equipamentos citados. Houve variedades. Isso mostra que eles passaram a observar fundamentos eletromagnéticos em suas próprias casas ou outros lugares, como a escola, por exemplo. Como foram várias as respostas, foram colocadas somente algumas delas aqui sem citar nomes.

Figura – 34 Respostas de quatro alunos que participaram da pesquisa para a questão 2



Fonte: O próprio autor, 2022.

Destacou-se a palavra “ventilador” porque foi uma constante em todas as respostas. Isso mostra mais uma vez que eles realmente começaram a fazer observações ao redor sobre equipamentos ou eletrodomésticos que se usam de princípios eletromagnéticos para funcionar e o ventilador é um item que está em todos os lugares.

- Para a questão 3 (De 0 a 10, qual sua nota quanto ao que foi entendido nas aulas?), a preocupação era com o método que estava sendo aplicado. Assim, eles julgaram a eficácia atribuindo uma nota. As notas foram dadas da seguinte forma:

19 deles atribuíram nota 8,00 ao que foi entendido na aula;

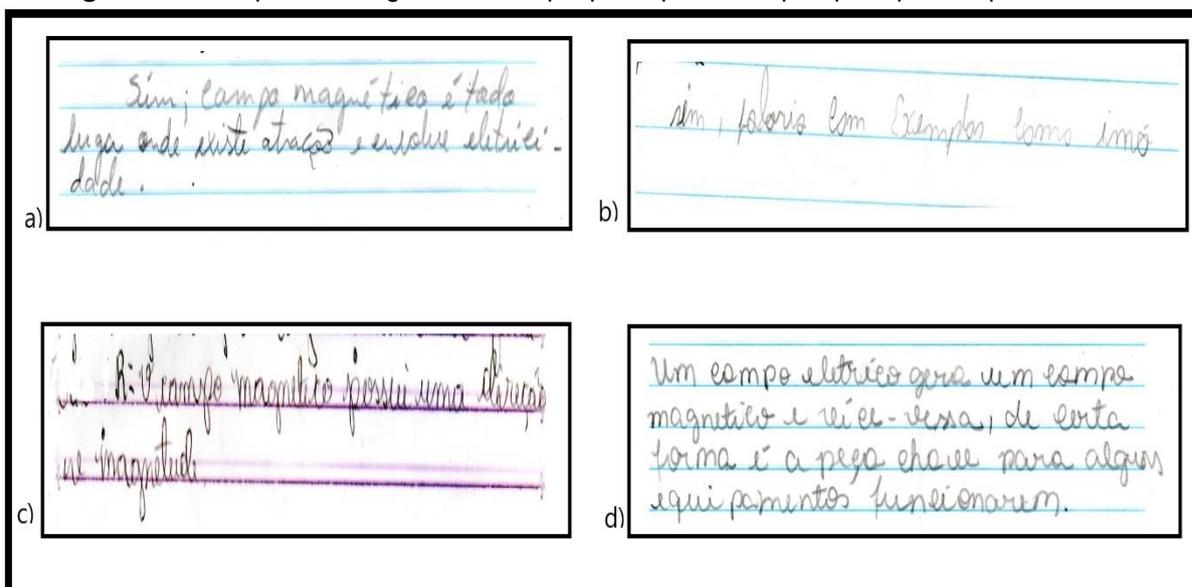
6 deles atribuíram nota 7,50 ao que foi entendido na aula e

5 deles atribuíram nota 7,00 ao que foi entendido na aula.

Neste caso, 19 deles (63% dos participantes) atribuíram a nota mais alta. Isso significa que a maioria estava indicando que o método usado estava no caminho certo. Ademais, o restante também avaliou de modo satisfatório.

- Para a questão 4 (Você é capaz de explicar o que seria o campo magnético para alguém?), houve a separação de algumas respostas. Mais uma vez, sem citar nomes, as respostas de alguns alunos foram as seguintes:

Figura – 35 Resposta de alguns alunos que participaram da pesquisa para a questão 4



Fonte: O próprio autor, 2021.

São respostas singelas, no entanto, a importância é que houve a capacidade de se fazer vínculos entre equipamentos e a física que está por trás do funcionamento de tais equipamentos.

- As demais questões (5,6,7 e 8) eram objetivas. Todos os 30 alunos acertaram o item correto. As questões foram selecionadas de modo a tratar de equipamentos que se usam dos fenômenos tratados nos encontros até aquele momento. Eles foram capazes de perceber a relação entre o que a questão estava pedindo e o assunto discutido em aula. Em termos ausubeliano, houve a formação de uma estrutura cognitiva.

6.3 Resultado e Discussão da Terceira Avaliação (Último Encontro)

No último encontro foi aplicada uma avaliação com 10 questões objetivas de um nível um pouco mais elevado. Mesmo assim foi obtido ótimos resultados. A estatística foi a seguinte:

11 alunos acertaram todas as questões.

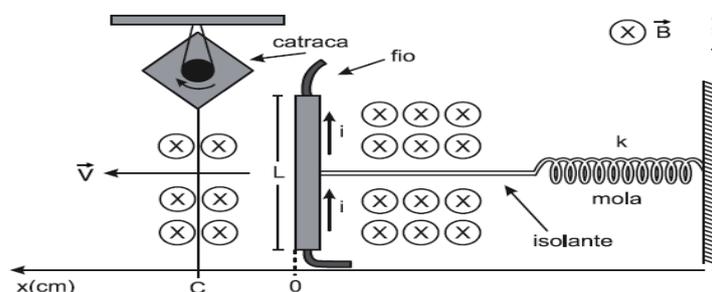
8 alunos acertaram 9 das 10 questões (erraram a questão 6).

12 alunos acertaram 8 das 10 questões (erraram a questão 6 e 9).

A questão 6, que era a mais difícil, exigia um conhecimento mais profundo de matemática. No entanto, os alunos que erraram disseram que estavam compreendendo totalmente qual era o fenômeno eletromagnético envolvido.

Para recapitular, a questão segue abaixo.

6 - (ENEM / 2013) Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6\text{A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5\text{cm}$, cuja ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-12}\text{ N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.



A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-1}\text{T}$
- b) $5 \times 10^{-2}\text{T}$
- c) $5 \times 10\text{T}$
- d) $2 \times 10^{-2}\text{T}$
- e) $2 \times 10^0\text{T}$

Percebe-se que para resolvê-la, realmente era necessário ter um domínio um pouco mais sofisticado de matemática e de transformação de energia. Abaixo estão as respostas de alguns dos alunos que acertaram.

Figura – 36 Em a), b) c) e d); respostas de alguns dos alunos

6 - (ENEM/2013)

Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6A$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5cm$, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2} N/cm$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de $5m/s$ e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.

Handwritten calculations:

$$F_m = F_{el}$$

$$F_m = B \cdot i \cdot L$$

$$F_{el} = k \Delta x$$

$$i = 6A$$

$$L = 5cm = 5 \times 10^{-2} m$$

$$k = 5 \times 10^{-2} N/cm$$

$$v = 5 m/s$$

$$\Delta t = 6 \text{ miliseg}$$

$$\Delta x = \frac{v \cdot \Delta t}{2} = \frac{5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{2} = 15 \cdot 10^{-3} = 30 \times 10^{-3}$$

$$B \cdot (6) \cdot (5 \times 10^{-2}) = (5 \times 10^{-2}) \cdot (30 \times 10^{-3})$$

$$B \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 15 \cdot 10^{-2}$$

$$B = 5 \cdot 10^{-2} T$$

A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-1} T$.
- b) $5 \times 10^{-2} T$.
- c) $5 \times 10^1 T$.
- d) $2 \times 10^{-2} T$.

a)

5 - (ENEM/2013)

Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6A$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5cm$, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2} N/cm$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de $5m/s$ e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.

Handwritten calculations:

$$F_m = F_{el}$$

$$F_m = B \cdot i \cdot L$$

$$F_{el} = k \cdot \Delta x$$

$$i = 6A$$

$$L = 5cm = 5 \times 10^{-2} m$$

$$k = 5 \times 10^{-2} N/cm$$

$$v = 5 m/s$$

$$\Delta t = 6 \text{ miliseg}$$

$$\Delta x = \frac{v \cdot \Delta t}{2} = \frac{5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{2} = 15 \cdot 10^{-3} = 30 \times 10^{-3}$$

$$B \cdot (6) \cdot (5 \times 10^{-2}) = (5 \times 10^{-2}) \cdot (30 \times 10^{-3})$$

$$B \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 15 \cdot 10^{-2}$$

$$B = 5 \cdot 10^{-2} T$$

A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

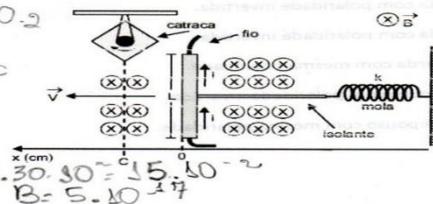
- a) $5 \times 10^{-1} T$.
- b) $5 \times 10^{-2} T$.
- c) $5 \times 10^1 T$.
- d) $2 \times 10^{-2} T$.

b)

06 - (ENEM/2013)

Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6\text{A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5\text{cm}$, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2}\text{N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.

$$\begin{aligned} \Delta C &= v_m \cdot t \\ \Delta C &= 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2} \\ \Delta C &= 3 \text{ cm} \\ F_{el} &= k \cdot x_{\text{máx}} = k \cdot \Delta C \\ F_{el} &= 5 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \\ F_{el} &= 15 \cdot 10^{-2} \\ F_{\text{mag}} &= B \cdot i \cdot L \\ F_{el} &= B \cdot 6 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \\ F_{\text{mag}} &= F_{el} \\ B \cdot 30 \cdot 30 &= 15 \cdot 10^{-2} \\ B &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ T} \end{aligned}$$



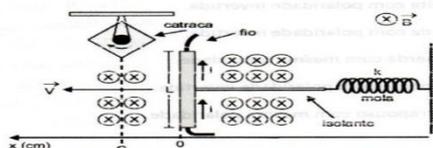
A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-4}\text{T}$.
 b) $5 \times 10^{-2}\text{T}$.
 c) $5 \times 10^3\text{T}$.
 d) $2 \times 10^{-2}\text{T}$.

c)

06 - (ENEM/2013)

Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6\text{A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5\text{cm}$, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2}\text{N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.



A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

$$\begin{aligned} \Delta C &= v_m \cdot t \\ \Delta C &= 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2} \\ \Delta C &= 3 \text{ cm} \\ F_{el} &= k \cdot x_{\text{máx}} = k \cdot \Delta C \\ F_{el} &= 5 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \\ F_{el} &= 15 \cdot 10^{-2} \\ F_{\text{mag}} &= B \cdot i \cdot L \\ F_{el} &= F_{\text{mag}} \\ 15 \cdot 10^{-2} &= B \cdot 6 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \\ B &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ T} \end{aligned}$$

- a) $5 \times 10^{-4}\text{T}$.
 b) $5 \times 10^{-2}\text{T}$.
 c) $5 \times 10^3\text{T}$.
 d) $2 \times 10^{-2}\text{T}$.

d)

Fonte: O próprio autor, 2021.

Realmente, não era uma questão fácil. Mas, um dos objetivos foi alcançado, que foi o de fazer com que eles percebessem o fenômeno físico aplicado em uma situação prática. Com certeza, quando eles virem em algum lugar, um tipo de fechadura como essa que serviu de modelo para a questão, saberão dizer o processo de funcionamento.

Os que erraram a questão 9 relataram que não conseguiram vincular o campo magnético variável com a temperatura. Para recapitular, a questão segue abaixo.

9 – (ENEM/2016) A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento,

nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e conseqüente aquecimento das células.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque

- a) o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
- b) O campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- c) as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- d) o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- e) as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferindo calor.

No entanto, apesar do erro, mais uma vez pode-se afirmar que o principal objetivo do trabalho foi alcançado, que foi o de perceber o fenômeno físico envolvido no funcionamento do equipamento.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi aplicada uma sequência didática em uma turma de terceiro ano do ensino médio com o intuito de constituir uma estrutura cognitiva na mente dos alunos em relação aos conteúdos do programa de eletromagnetismo. Foi tomado como guia o fato de que nossa sequência tinha que ter elementos do dia-dia dos alunos para que eles sempre pudessem lembrar-se dela com facilidade. A intenção foi a de fugir o máximo possível de abstrações, ou seja, tratar o ofício de ensinar física como algo a mais do que a prática de se usar somente um quadro, pincéis e situações-problemas desconectadas da realidade.

Foram usados materiais encontrados em casa para construir os experimentos. Tais experimentos serviram para mostrar os fenômenos físicos envolvidos em alguns equipamentos e eletrodomésticos que se tem em casa. Desta forma, conseguiu-se fazer a ligação entre o que é ensinado na escola e o que acontece no mundo real ao redor dos alunos.

Foi usada a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel como base teórica. O experimento foi o subsunçor de maior hierarquia na sequência didática, ou seja, ele foi a ideia-âncora. Sempre, ao final de cada encontro, foram construídos, junto com os alunos, um mapa conceitual para que se pudesse visualizar a estrutura cognitiva construída a partir dos conhecimentos adquiridos. Tal estrutura foi orientada a ser o mais objetiva possível, de modo a facilitar a aprendizagem.

No decorrer dos encontros, foram realizadas avaliações com o objetivo de apurar a eficácia da sequência e fazer ajustes. A segunda e a terceira avaliação mostraram um bom desempenho dos alunos.

Conclui-se, por tanto, este trabalho com a lição de que o ensino - aprendizagem de física deve ter duas vertentes que são muito importantes: deve sempre haver experimentações e os fundamentos ensinados em sala de aula devem ser sempre aproximados das vidas diárias dos alunos.

REFERÊNCIAS

- LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2013.
- GALILEI, G. **O Ensaíador**. São Paulo, SP: Nova Cultura, 2004.
- ARANHA, M. L. A. **Filosofia da Educação**. 3. ed. São Paulo, SP: Moderna, 2006.
- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLIN, R. Reflexão sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Universidade Estadual de Maringá**. Maringá. Vol. 31, n. 1, out. 2009, p. 43-49, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307325328006>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- SILVA, P. A. da.; BASTOS, A. G. de L. Dificuldades de aprendizagem no ensino de Física: uma revisão de literatura. **VII ENALIC (ENCONTRO NACIONAL DAS LITERATURAS)**. 5 a 7, ago. 2018. Fortaleza, CE. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enalic/2018>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- OLIVEIRA, D. R.; AGUIAR, O. Ensino de Física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. **Revista ponto de vista**. Viçosa. Vol. 3, n.1, 3, dez. 2020, p. 68-81. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RPV/article/9743>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- PAZ, A. M. da. **Atividades experimentais e informatização: contribuições para o ensino de eletromagnetismo**. 2007. 288f. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação Científica) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Florianópolis, 2007.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. Vol. 4. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012.
- POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 2. ed. São Paulo, SP: Cultrix, 2013.
- GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. **O Ensino da Física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, vol. 1. Santa Helena, PR, 2014.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. dos S. atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista brasileira de Ensino de Física**. São Paulo. Vol. 25, n. 2, jun. 2003, p. 176-194. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5kjmXkgDsXwSDy4R>. Acesso em 22 nov. 2021.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem componente do ato pedagógico**. 1. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2011.

GARDELLI, D. **Experimento de Orsted: subsídios para uma abordagem histórica do assunto no ensino médio**. 2007f. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá – Centro de Ciências Exatas, Maringá, 2014.

CALUZI, J.; FILHO, M. P de S.; BOSS, S. L. B. **A história hipotética na Física: distorções da história da ciência nos livros didáticos sobre o experimento de Orsted**. 2014. 12f. artigo na área de ensino de física – universidade estadual paulista (UNESP) – faculdade de ciências, são Paulo, 2014.

ROCHA, J. F. M. *et al.* **Origem e Evolução da Ideais Físicas**. 2. ed. Salvador, BA: EDUFBA, 2015.

CHAIB, J. P. M de C. **Análise do significado e da evolução do conceito de força de Ampère juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica**. 2009. 386f. Tese de Doutorado (Doutorado em Física) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Instituto de Física ‘Gleb Wataghim’, São Paulo, SP, 2009.

DIAS, V. S.; MARTINS, R de A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Revista Ciência e Educação**. São Paulo. Vol. 10, n. 3, jul.2004, p. 517-530. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/i/2004.v10n3/>. Acesso em 30 nov. 2021.

CRUZ, F, F de S. **Faraday e Maxwell: luz sobre os campos**. 1. ed. São Paulo, SP: Odysseus, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 4 ed. Vol. 4. Rio de Janeiro, RJ: LTC. 2009.

FARDON, J. **A história da ciência por seus grandes nomes**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro, 2015.

LIMA, M. C de. O surgimento das equações de Maxwell. **Revista brasileira de ensino de física**. Belém. Vol. 41, n. 4, abr. 2019, p. 06-26. Disponível em: <http://www.dx.doi.org/101590/1806-9126-RBEF-2019-0079>. Acesso: 25 nov. 2021.

SADIKU, M. N. O. **Elementos de eletromagnetismo**. 5 ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2012.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1 ed. Lisboa, Portugal: Paralelo, 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1 ed. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2012.

MYATA, E. S. A teoria da aprendizagem significativa. **Ausubel e Bruner: questões sobre aprendizagem**. Curitiba, SC. 2018, p. 51-58.

ROSÁRIO, S. A. S do.; ROSÁRIO, J. P. S do. O ensino de física através de experiências científicas com materiais recicláveis s de baixo custo. **Universidade federal de Itajubá**. Brasil. Vol. 8, n. 7, jun. 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560662198007>. Acesso em 25 nov. 2021.

KUBRUSLY, M. *et al.* **Guia de elaboração de mapa conceitual**. Fortaleza, CE: Unichristus, 2005.

JUNIOR, W. A. Mapas conceituais: instrumentos para a compreensão de textos. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. 2015. Disponível em: http://www.cead.ufjf.br/wp-content/uploads/2015/os/media_biblioteca_mapas_conceituais.pdf. Acesso em 28 nov. 2021.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. 3 ed. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2001.

VECTOR, I. **Italigado no enem**. Disponível em: <http://www.italovector.com.br>. acesso em 02 out. 2021.

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

MARCOS AURÉLIO ALMEIDA VIEIRA

**PRODUTO EDUCACIONAL
(UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SIGNIFICATIVA SOBRE
ELETROMAGNETISMO MEDIADA POR EXPERIMENTOS DE BAIXO
CUSTO)**

TERESINA

2021

MARCOS AURÉLIO ALMEIDA VIEIRA

**PRODUTO EDUCACIONAL
(UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SIGNIFICATIVA SOBRE
ELETROMAGNETISMO MEDIADA POR EXPERIMENTOS DE BAIXO
CUSTO)**

TERESINA

2021

RESUMO

O presente produto educacional trata-se de uma sequência didática que se usa de experimentos como meio necessário ao ensino-aprendizagem. A área de concentração é o programa de eletromagnetismo, tema este que é tratado no terceiro ano do ensino médio. O ponto central é que o experimento possa funcionar como ideia âncora e que, também, possa mostrar aos alunos que a Física não se trata apenas de uma disciplina abstrata onde se discute sobre situações inimagináveis. A sequência didática é dividida em quatro partes. 1 – comentários sobre equipamentos ou eletrodomésticos da vivência dos alunos: nesta primeira parte, a preocupação é realizar comentários sobre equipamentos e/ou eletrodomésticos que os alunos tenham em suas casas ou vejam com facilidade na rua ou na escola. No entanto, os equipamentos e/ou eletrodomésticos que servirem para a introdução da aula devem ter como base de funcionamento o mesmo princípio físico que será discutido em aula. 2 – execução do experimento: o experimento servirá para mostrar aos alunos o fenômeno físico que faz com que os equipamentos e/ou eletrodomésticos, que foram usados para a introdução do assunto, funcionem. 3 – discussão teórica: nesta parte, discute-se de modo mais técnico e matemático o fenômeno físico que foi mostrado no experimento e, ao mesmo tempo, explica-se como o equipamento e/ou eletrodoméstico, que foi usado na parte 1, funciona. 4 – montagem do mapa conceitual: na última parte, monta-se um mapa conceitual que auxiliará na possível estrutura cognitiva que será formada com os assuntos da aula. Como dito acima, o experimento será a ideia central do mapa (ancoragem). Este produto foi aplicado na Escola Eugênio Barros na cidade de Caxias no Maranhão. A turma escolhida foi do terceiro ano B vespertino. Para isso, foram usados dois horários de 45 minutos. A turma era composta de 30 alunos e foram necessários 8 encontros. Foram aplicadas três avaliações de modo escalonado para verificar o nível de aprendizagem dos alunos. Ao final, de fato, verificou-se um bom desempenho dos alunos. Tal verificação foi revelada pelos números de acerto das questões objetivas e respostas das questões subjetivas que foram colhidas e que serviram de base para a análise de dados da dissertação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Experimento com ímãs	08
Figura 2 – Modelo de mapa conceitual para a primeira aula	09
Figura 3 – Experimento de Orsted	10
Figura 4 – Modelo de mapa conceitual para a segunda aula	11
Figura 5 – Experimento do solenoide	12
Figura 6 – Modelo de mapa conceitual para a quarta aula	13
Figura 7 – Motor elétrico rudimentar	17
Figura 8 – Modelo de mapa conceitual para quinta aula	18
Figura 9 – Motor de ventilador desmontado	19
Figura 10 – Modelo de mapa conceitual para a sexta aula	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 PRIMEIRA AULA: APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO SIMPLES DE O EXPERIMENTO COM ÍMÃS PARA DEMONSTRAR A REPULSÃO E ATRAÇÃO MAGNÉTICAS	08
2.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos	09
2.2 Execução do Experimento	09
2.3 Explicação Teórica	10
2.4 Confecção do Mapa Conceitual	10
3 SEGUNDA AULA: EXPERIMENTO CLÁSSICO DE ORSTED	10
3.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos	11
3.2 Execução do Experimento	11
3.3 Explicação Teórica	12
3.4 Confecção do Mapa Conceitual	12
4 EXPERIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO COM ÍMÃ	13
4.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos	13
4.2 Execução do Experimento	13
4.3 Explicação Teórica	14
4.4 Confecção do Mapa Conceitual	14
5 AVALIAÇÃO DE VERIFICAÇÃO	15
6 QUINTA AULA: EXPERIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO RUDIMENTAR ..	18
6.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos	18
6.2 Execução do Experimento	18
6.3 Explicação Teórica	19

6.4 Construção do Mapa Conceitual	19
7 SEXTA AULA: EXPERIMENTO DO MOTOR A INDUÇÃO	20
7.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos	20
7.2 Execução do Experimento	20
7.3 Explicação Teórica	21
7.4 Confeção do Mapa Conceitual	21
8 AVALIAÇÃO DE VERIFICAÇÃO	22
9 CONCLUSÃO	28

1 INTRODUÇÃO

Analisando-se a história da evolução científica, pode-se concluir um fato que é considerado como sendo uma constante universal: toda a ciência é baseada em experimentos comprobatórios. Sendo assim, a Física também sempre dependeu de comprovações experimentais para que se desenvolvesse e amadurecesse como ciência confiável. Em sala de aula, experimentos também são extremamente relevantes no processo de ensino-aprendizagem. No entanto, nas escolas, em sua esmagadora maioria, apenas dispõe-se de quadros e pincéis. O experimento, que é trivial para que haja a demonstração de fato do fenômeno, não fica à disposição. Deste modo, o professor se sente forçado a explicar os assuntos de modo abstrato. Tal comportamento leva ao desinteresse dos alunos, eles não veem sentido em algo sem importância prática na vida deles. Por tanto, se faz necessária uma sequência didática na qual o experimento seja tratado como parte fundamental e obrigatória. Neste trabalho este princípio foi seguido. Os experimentos, que são parte da sequência, são muito simples e fáceis de serem montados, pois se usa de equipamentos que se pode encontrar em casa. Ao longo do trabalho, todos os materiais são descritos e todos os passos são explicados em detalhes.

2 PRIMEIRA AULA: APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO SIMPLES E O EXPERIMENTO COM ÍMÃS PARA DEMONSTRAR A REPULSÃO E ATRAÇÃO MAGNÉTICAS

A aula começa com a aplicação de um questionário simples para verificar conhecimentos prévios.

TESTE DE VERIFICAÇÃO INICIAL

1 Você acha que os assuntos ministrados de física refletem algo da sua realidade?

2 Você já teve aulas de física usando como apoio algum tipo de aparato experimental?

3 Você é capaz de explicar o funcionamento de algum equipamento existente em sua casa que se use de algum fundamento eletromagnético

4 Você está satisfeito com o estilo atual de se ensinar física, ou seja, apenas o professor com pincéis e o quadro para explicar os assuntos?

5 Você gostaria que o professor demonstrasse na prática o que é explicado em aula?

Pode-se observar que são questões simples e não exigem nenhum conhecimento mais aprofundado da teoria eletromagnética. A intenção é justamente saber se os alunos já tiveram a oportunidade de ter aulas com aparatos experimentais e se tais aulas corresponderam com a realidade. O tempo usado neste trabalho para a resolução desse questionário foram 20 minutos.

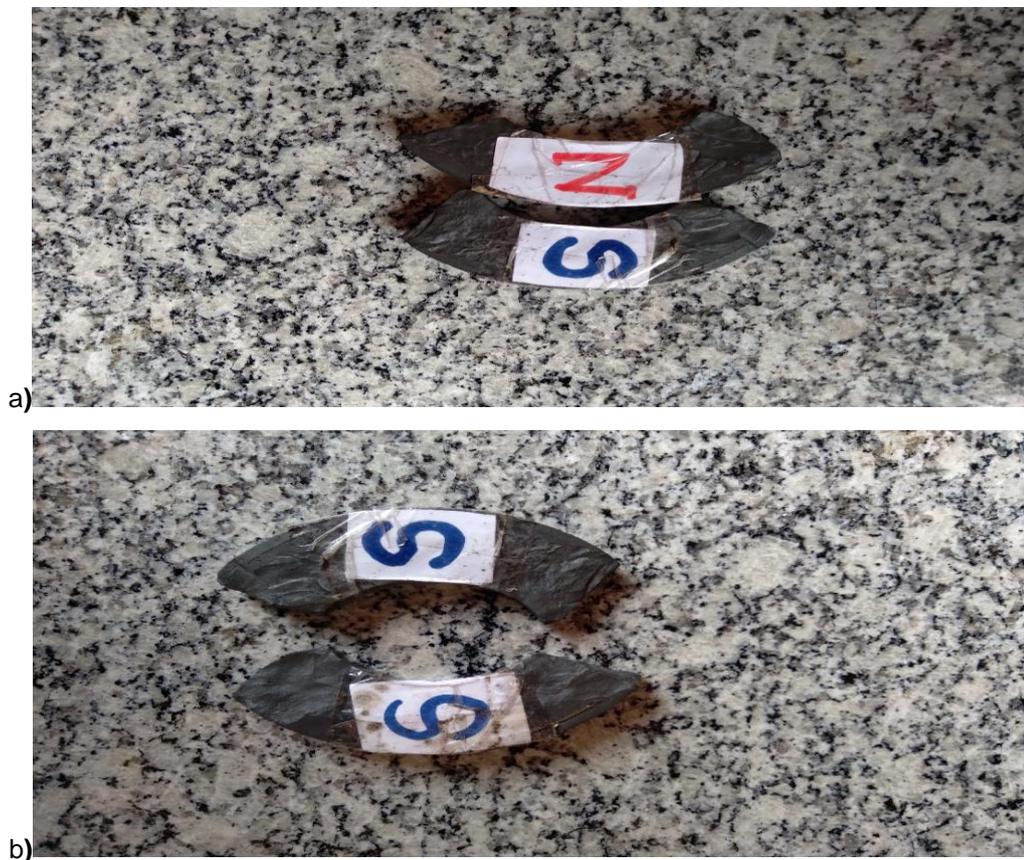
2.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Os comentários usados foram sobre ímãs de recados de geladeira, ímãs usados em portas de Bancos e ímãs de brinquedos.

2.2 Execução do Experimento

Na segunda parte da aula executa-se o experimento com ímãs.

Figura – 1 Experimento simples com ímãs. Em a), tem-se a demonstração de atração magnética. Em b), tem-se a repulsão



Fonte: O próprio autor, 2021.

Neste experimento, foram utilizados ímãs retirados de uma caixa de som velha. Com isso, mostrou-se a eles os processos de atração e repulsão magnéticas acontecendo.

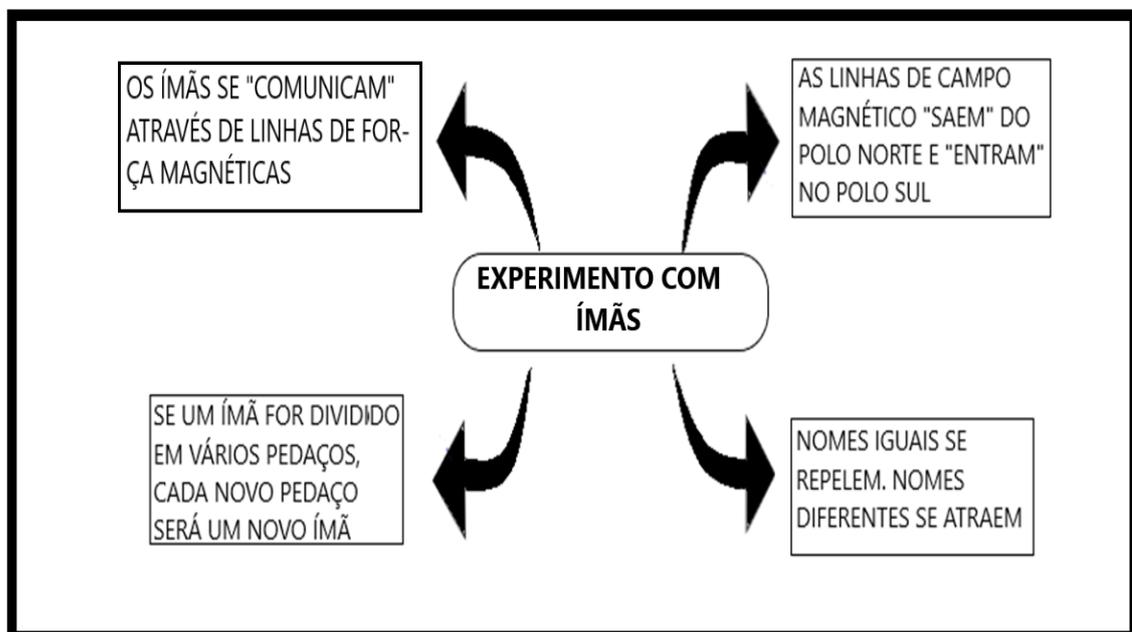
2.3 Explicação Teórica

O experimento é usado para a introdução dos assuntos de repulsão e atração magnéticas, linhas de força magnéticas, polos magnéticos com suas respectivas convenções de entrada e saída, propriedade dos ímãs e campo magnético terrestre.

2.4 Construção do Mapa Conceitual

Após as explicações teóricas, monta-se o mapa conceitual tendo como subsunçor de maior hierarquia o experimento. No encontro, foi montado o modelo conforme abaixo.

Figura – 2 Mapa conceitual para a primeira aula



Fonte: O próprio autor, 2021.

Na orientação para a construção do mapa, procurou-se ser o mais objetivo e simples possível. Isso tudo com o intuito de facilitar a aprendizagem.

3 SEGUNDA AULA: O EXPERIMENTO CLÁSSICO DE ORSTED.

Na segunda aula, começa-se a explicação normal da sequência didática.

3.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

O objetivo do primeiro passo é familiarizar os alunos com os assuntos que serão mostrados em aula. Com isso, busca-se um subsunçor na mente deles para que se possa fazer a ligação com a possível estrutura cognitiva que será construída em aula.

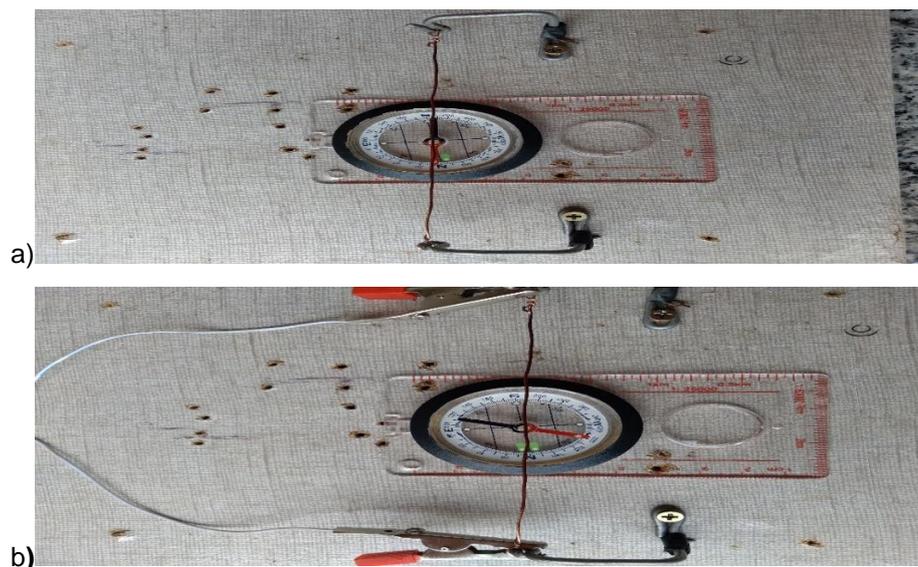
Os comentários foram sobre máquinas de cortar cabelos, campainhas antigas e abridores automáticos de portão.

Percebe-se, mais uma vez, que os equipamentos usados são de fácil observação no dia a dia.

3.2 Execução do Experimento.

Logo após os comentários, executa-se o experimento.

Figura – 3 Simulação do experimento clássico de orsted. Com este experimento. Em a), a bússola está na sua posição padrão. Em b), a agulha da bússola sofre uma deflexão devido à passagem de corrente no condutor



Fonte: O próprio autor, 2021.

Ao se submeter o condutor a uma diferença de potencial, a agulha sofre uma deflexão mostrando a relação que existe entre eletricidade e magnetismo. A bússola usada neste experimento foi o único material que foi comprado dentre todos os que foram usados no produto educacional. O custo da bússola foi de R\$ 40,00.

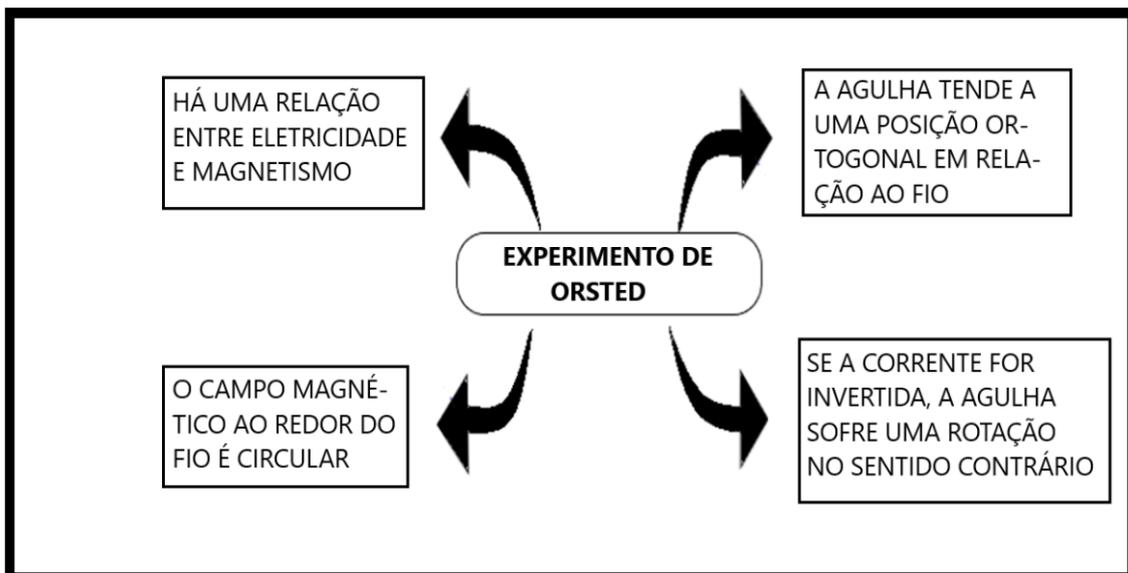
3.3 Explicação Teórica

Após a demonstração do experimento, explica-se de modo teórico o que de fato estava acontecendo em termos físicos. Explica-se sobre a questão do campo magnético gerado por uma partícula carregada em movimento, comentando que os elétrons livres que constituem a corrente elétrica a partir do estabelecimento de uma diferença de potencial no condutor estavam gerando um campo magnético. Tal campo magnético interfere na agulha imantada da bússola. Esta, por sua vez, sofre uma deflexão.

3.4 Construção do Mapa Conceitual

Na última parte da aula, constrói-se um mapa conceitual. Para esta aula, o modelo feito foi conforme abaixo.

Figura – 4 Modelo de mapa conceitual para a segunda aula



Fonte: O próprio autor, 2021.

4 TERCEIRA AULA: EXPERIMENTO DO SOLENOIDE

Segue-se normalmente com a sequência didática.

4.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Inicia-se comentando sobre os grandes eletroímãs que são usados em ferros velhos e costumam ser mostrados em filmes norte-americanos. Também foi comentado sobre a possibilidade de um eletroímã substituir os pistons dos motores a combustão usados atualmente.

4.2 Execução do Experimento

No segundo momento, mostra-se o experimento.

Figura – 5 Experimento do eletroímã. Em a), o eletroímã rudimentar ainda não foi submetido a uma DDP. Em b), há a passagem de corrente e o aparato atrai a chave allen.



Fonte: O próprio autor, 2021.

4.3 Explicação Teórica

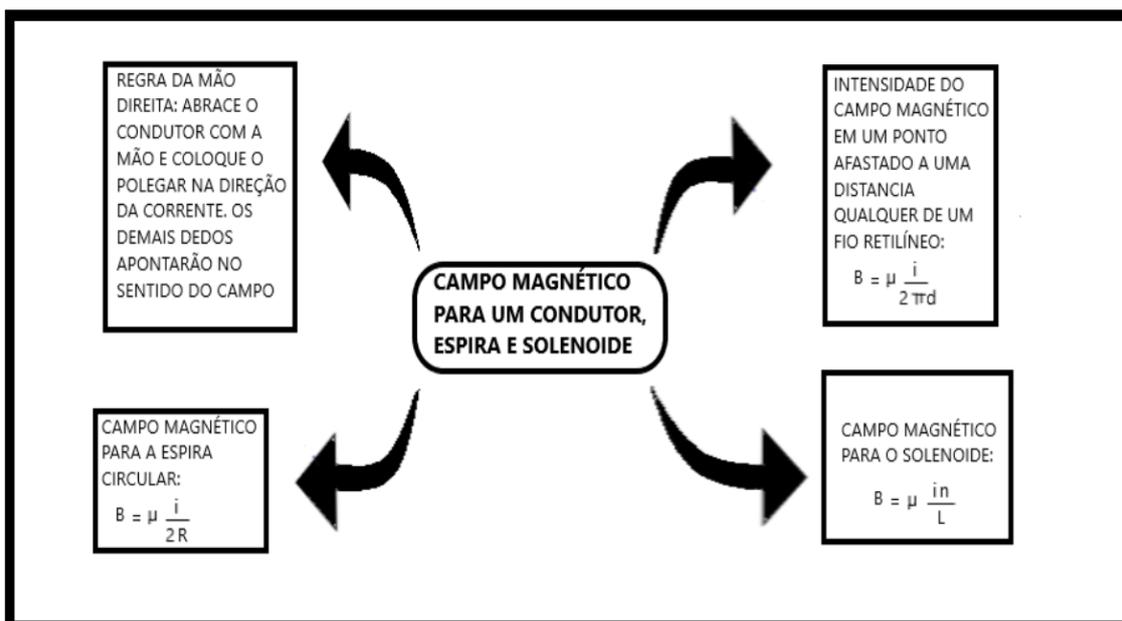
Depois da execução do experimento, passa-se, às explicações dos fundamentos físicos por trás do funcionamento do eletroímã.

Neste caso, explica-se que a corrente elétrica faz com que surja um campo magnético ao redor de um condutor e mostra-se como calcular a intensidade deste campo; explica-se sobre a regra da mão direita para saber a orientação do campo magnético; explica-se sobre o campo magnético no centro de uma espira circular e como usar a regra da mão direita para saber a orientação do campo e por fim, explica-se sobre o campo magnético no centro do solenoide e como saber sua orientação usando a regra da mão direita.

4.4 Construção do Mapa Conceitual

Por fim, constrói-se o mapa conceitual, nunca esquecendo que o experimento é a “ideia-âncora”.

Figura – 6 Mapa conceitual da terceira aula



Fonte: O próprio autor, 2021.

5 QUARTA AULA: AVALIAÇÃO DE VERIFICAÇÃO

Na quarta aula, faz-se uma avaliação para verificar se o método está tendo eficácia e para realizar possíveis ajustes. A avaliação que foi usada neste produto está abaixo.

SEGUNDA AVALIAÇÃO

1 Você consegue compreender o conceito de campo magnético?

2 Cite três equipamentos que se usam de fenômenos magnéticos para funcionar.

3 De 0 a 10, qual sua nota quanto ao que foi entendido nas aulas?

4 Você é capaz de explicar o que seria o campo magnético para alguém?

5 (Enem - 2017) Um guindaste eletromagnético de um ferro-velho é capaz de levantar toneladas de sucata, dependendo da intensidade da indução magnética em seu eletroímã. O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, sendo geralmente construído enrolando-se um fio condutor ao redor de um núcleo de material ferromagnético (ferro, aço, níquel, cobalto).

Para aumentar a capacidade de carga do guindaste, qual característica do eletroímã pode ser reduzida?

- a) Diâmetro do fio condutor.
- b) Distância entre as espiras.
- c) Densidade linear de espiras.
- d) Corrente que circula pelo fio.
- e) Permeabilidade relativa do núcleo.

6 (Enem - 2017) Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- Um fio de cobre de diâmetro d enrolado em n espiras circulares de área a ;

- Dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade b ;
- Um sistema de engrenagens que lhe permite girar em torno de um eixo com uma frequência f ;

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima v e uma corrente de curto-circuito i .

Para dobrar o valor da tensão máxima v do gerador mantendo constante o valor da corrente, o estudante deve dobrar $a(o)$

- a) Número de espiras.
- b) Frequência de giro.
- c) Intensidade do campo magnético.
- d) Área das espiras.
- e) Diâmetro do fio.

7 (Enem - 2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerado energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontramos um ímã e uma bobina.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- a) Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região
- b) Bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica
- c) Bobina em atrito com o campo magnético fechado gera uma corrente elétrica
- d) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
- e) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético

8 (Enem - 2011) O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- a) Isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- b) Varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- c) Apresenta uma magnetização desprezível sob ação do ímã permanente.
- d) Induz corrente elétrica na bobina mais intensamente que a capacidade do captador.
- e) Oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

Perceba que nesta segunda avaliação, as questões são mais técnicas e, também, houve a complementação com questões objetivas de vestibulares. Quanto às questões de vestibulares, escolheu-se as questões do Enem por se tratar de perguntas que exploram os fundamentos físicos de instrumentos que são usados na vida real. Procurou-se, neste estágio, escapar de questões puramente abstratas.

6 EXPERIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO RUDIMENTAR

Para a quarta aula, usa-se um motor elétrico rudimentar. A sequência segue normalmente.

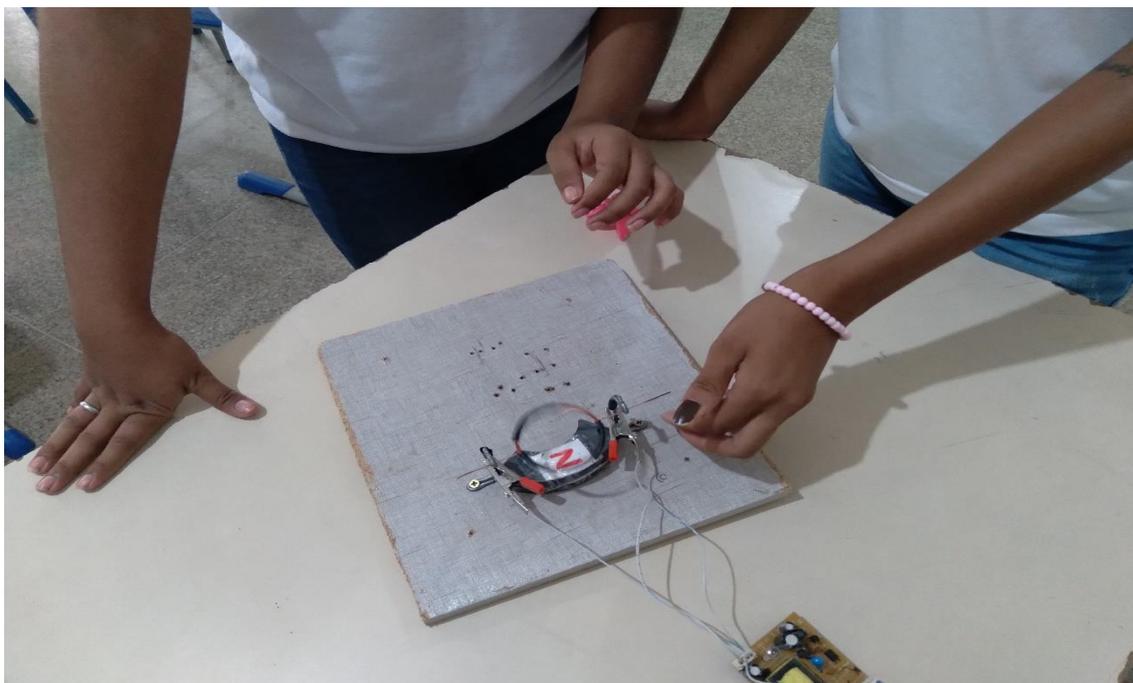
6.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Neste trabalho os comentários feitos foram sobre motores elétricos de brinquedos em geral, motores que existem dentro de computadores, pequenos motores que fazem com que o celular possa vibrar quando está no modo silencioso e motores de impressoras. Todos esses casos são de fácil observação e todos os alunos já tiveram contato com pelo menos um destes motores.

6.2 Execução do Experimento

Após os comentários, executa-se o experimento.

Figura – 7 Alunos manipulando um motor elétrico rudimentar



Fonte: O próprio autor, 2021.

Os materiais usados foram uma bobina de cobre com 10 espiras circulares montada de modo a permitir a entrada e saída da corrente elétrica, suportes condutores, um ímã retirado de uma caixa de som velha e uma fonte de 5 volts retirada de um aparelho de DVD velho.

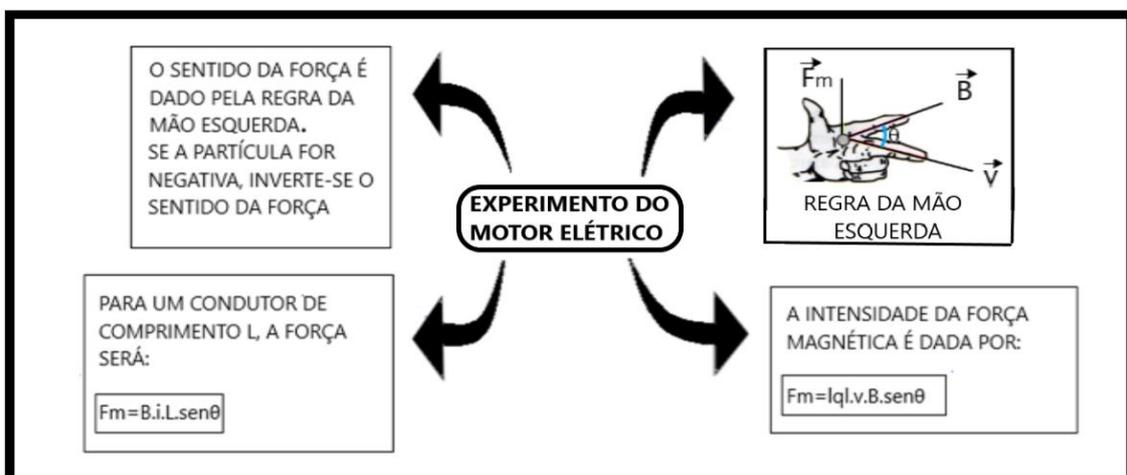
6.3 Explicação Teórica

Depois de aplicado o experimento, passa-se às explicações teóricas. Explica-se que uma partícula carregada quando está em movimento e imersa em um campo magnético fica sujeita a uma força magnética; que a intensidade dessa força depende do ângulo entre a direção da partícula e a direção do campo magnético; que existe a regra da mão esquerda para indicar a orientação da força que agirá na partícula; que um condutor de tamanho qualquer que esteja imerso em um campo magnético e esteja sendo percorrido por uma corrente elétrica também fica sujeito a uma força magnética e que, por último, explica-se que é essa força magnética que causa o torque na bobina do motor elétrico fazendo-o entrar em rotação.

6.4 Construção do Mapa Conceitual

Após a execução de todos os passos, constrói-se o mapa conceitual. O modelo deste trabalho foi orientado conforme abaixo.

Figura - 8 Modelo de mapa conceitual para a quinta aula



Fonte: O próprio autor, 2021.

7 SEXTA AULA: EXPERIMENTO DO MOTOR A INDUÇÃO

Neste experimento, usou-se o motor de um ventilador velho.

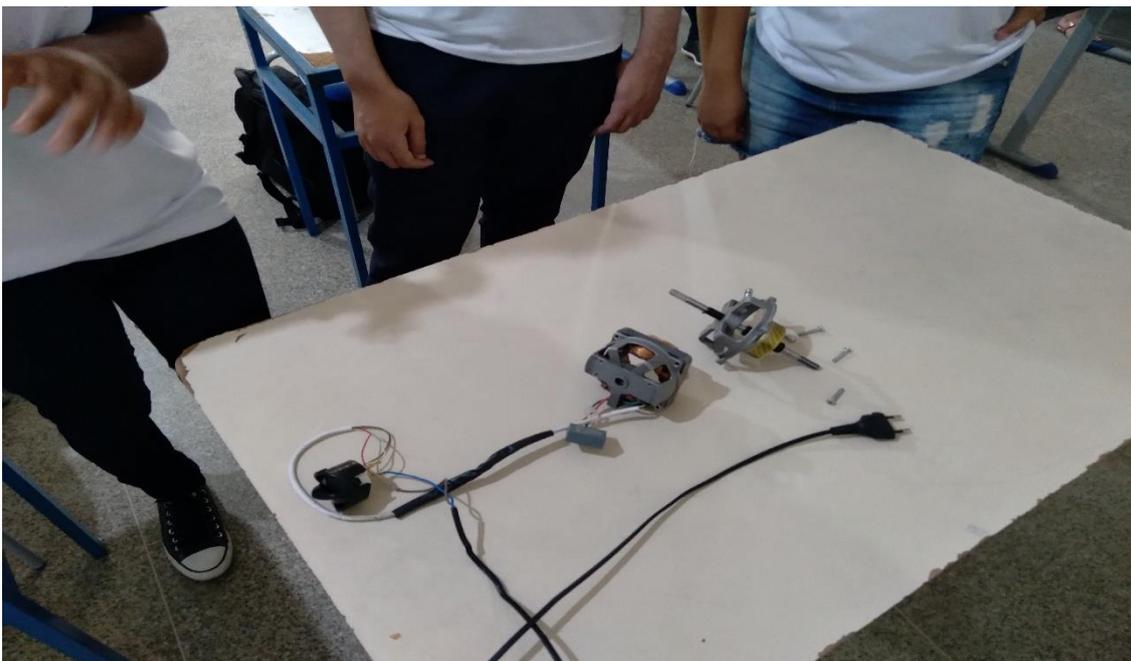
7.1 Comentários Sobre Equipamentos ou Eletrodomésticos da Vivência dos Alunos

Os comentários feitos foram sobre motores de ventiladores, motores de portões, motores de furadeiras elétricas e rotores de hidroelétricas. Mais uma vez, ressalta-se que os alunos sempre conhecem pelo menos um desses equipamentos.

7.2 Execução do Experimento

Executa-se o experimento conforme o programado. Neste caso, deve-se tomar o cuidado de não deixar os alunos realizarem este experimento. Somente o professor deve fazê-lo. O risco de choque é muito alto.

Figura – 9 Alunos observam os componentes de um motor de indução de ventilador



Fonte: O próprio autor, 2021.

Aqui, mostra-se que há um grupo de bobinas que estão fixas à armadura externa (estator) e que no eixo central há um anel de cobre (rotor). Mostra-se também

que não há nenhum ímã fixo à armadura externa, como foi o caso dos motores elétricos citados no encontro anterior.

7.3 Explicação Teórica

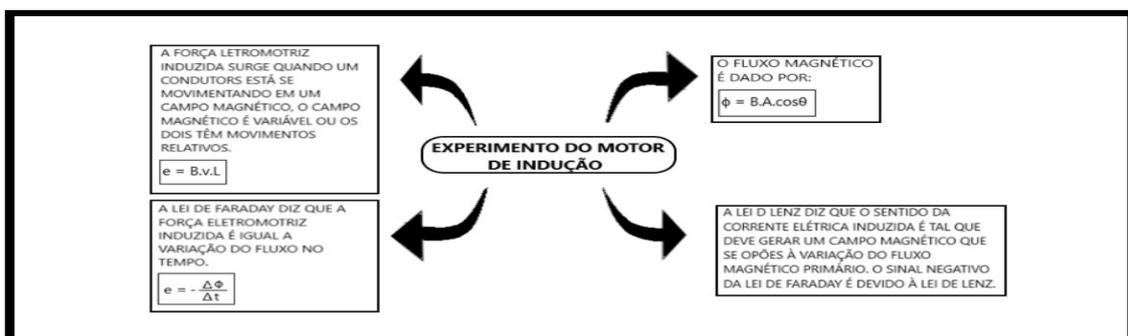
Após a realização do experimento, passa-se a explicar os fundamentos físicos envolvidos. Explana-se que se um fio condutor estiver imerso e em movimento em um campo magnético, surgirá uma polarização nas extremidades do fio o que ocasiona uma Diferença De Potencial que leva o nome de força eletromotriz induzida (femi) e que tal grandeza depende do ângulo entre o fio e a direção do fluxo magnético; que o fluxo magnético pode ser calculado em função da medida de uma determinada área multiplicada pelo cosseno que a face desta área faz com a direção do fluxo magnético; que a femi pode ser calculada em função do fluxo magnético variando no tempo (lei de Faraday) e que o fluxo magnético secundário sempre se opõe ao fluxo primário (lei de Lenz); que a explicação para o motor de indução é que uma bobina sendo percorrida por uma corrente elétrica induz a uma corrente secundária em uma outra bobina que esteja próxima de modo a surgir também um campo magnético secundário e que no caso do motor de indução eletromagnética, este campo magnético secundário sempre tenta acompanhar o campo magnético primário, mas, isso nunca ocorre resultando, então na rotação do eixo central.

Neste caso, são muitos assuntos. Talvez sejam necessárias duas aulas.

7.4 Construção do Mapa Conceitual

A sugestão de mapa conceitual para esta aula foi feita conforme a seguir.

Figura – 10 Mapa conceitual para a sexta aula



Fonte: O próprio autor, 2021.

8 SÉTIMA AULA: AVALIAÇÃO DE VERIFICAÇÃO

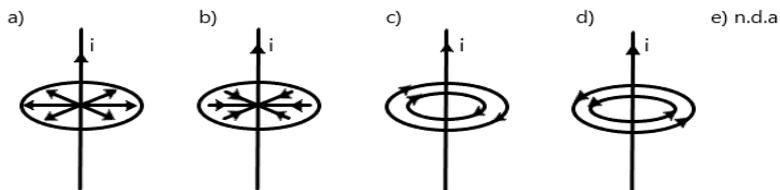
A sétima aula é para verificar o nível de aprendizagem dos estudantes. Todas as questões são objetivas e de vestibulares.

ÚLTIMA AVALIAÇÃO

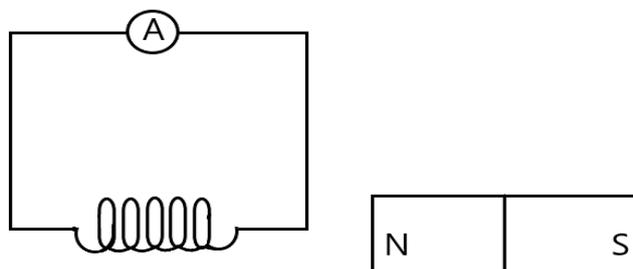
1 - (OSEC – SP) Quem mostrou pela primeira vez, experimentalmente, que as correntes elétricas geravam campos magnéticos, foi:

- a) Einstein
- b) Newton
- c) Orsted
- d) Arquimedes
- e) Ampère

2 - (FATEC – SP) Um condutor reto e longo é percorrido por corrente elétrica invariável i . As linhas de indução de seu campo magnético seguem o esquema:



3 - (UFMG) A figura mostra um ímã próximo a um circuito constituído por uma bobina e um medidor sensível de corrente.



Colocando-se a bobina e o ímã em determinados movimentos, o medidor poderá indicar passagem de corrente na bobina.

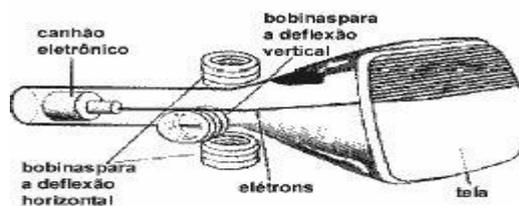
Não haverá indicação de passagem de corrente pelo medidor quando:

- a) O ímã e a bobina se movimentam, aproximando-se.
- b) A bobina se aproxima do ímã, que permanece parado.
- c) O ímã se desloca para a direita e a bobina, para a esquerda.
- d) O ímã e a bobina se deslocam ambos para a direita, com a mesma velocidade.
- e) O ímã se aproxima da bobina e esta permanece parada.

4 - (FATEC – SP) Indução eletromagnética é:

- a) Magnetização por influência.
- b) Geração de força eletromotriz graças à variação de fluxo magnético no decurso do tempo.
- c) Criação de campo magnético por efeito de corrente elétrica.
- d) Processo que não ocorre em transformador magnético.
- e) N.d.a.

5 - (ENEM / 2001) A figura mostra o tubo de imagem dos aparelhos de televisão usados para produzir as imagens sobre a tela. Os elétrons do feixe emitidos pelo canhão eletrônico são acelerados por uma tensão de milhares de volts e passam por um espaço entre bobinas onde são defletidos por campos magnéticos variáveis, de forma a fazerem a varredura da tela.



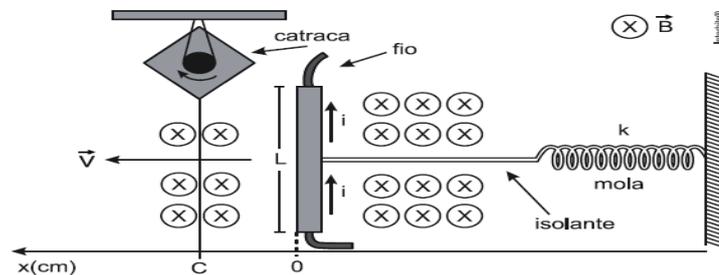
Nos manuais que acompanham os televisores é comum encontrar, entre outras, as seguintes recomendações:

- I. Nunca abra o gabinete ou toque as peças no interior do televisor
- II. Não coloque seu televisor próximo de aparelhos domésticos como motores elétricos ou ímãs.

Estas recomendações estão associadas, respectivamente, aos aspectos de

- a) riscos pessoais por alta tensão / perturbação ou deformação de imagem por campos externos
- b) proteção dos circuitos contra manipulação indevida / perturbação ou deformação de imagens por campos externos
- c) riscos pessoais por alta tensão / sobrecarga dos circuitos internos por ações externas.
- d) proteção dos circuitos contra a manipulação indevida / sobrecarga da rede por fuga de corrente.
- e) proteção dos circuitos contra manipulação indevida / sobrecarga dos circuitos internos por manipulação externa.

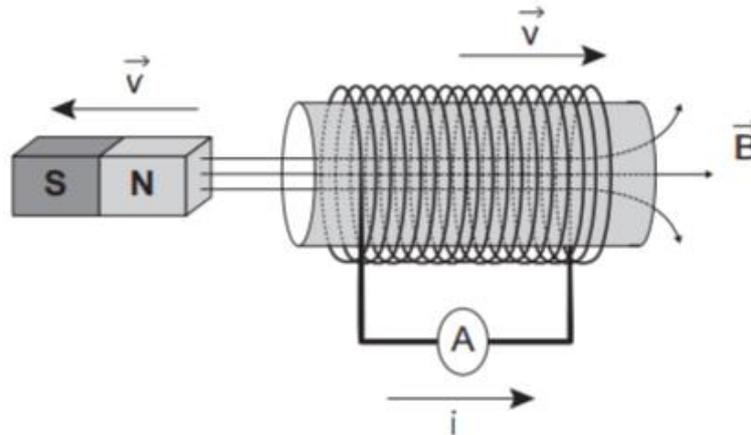
6 - (ENEM / 2013) Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6\text{A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5\text{cm}$, cuja ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-12}\text{ N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos, abrindo a porta.



A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-1}\text{T}$
- b) $5 \times 10^{-2}\text{T}$
- c) $5 \times 10\text{T}$
- d) $2 \times 10^{-2}\text{T}$
- e) $2 \times 10^0\text{T}$

7 - (ENEM / 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michel Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura:



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a:

- esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

8 – (ENEM/2014) As cercas elétricas instaladas nas zonas urbanas são dispositivos de segurança planejados para inibir roubos e devem ser projetadas para, no máximo, assustar as pessoas que toquem a fiação que delimita os domínios de uma propriedade. A legislação vigente que trata sobre as cercas elétricas determina que a unidade de controle deverá ser constituída, no mínimo, de um aparelho energizador de cercas que apresente um transformador e um capacitor, ela também menciona que o tipo de corrente elétrica deve ser pulsante.

Considere que o transformador supracitado seja constituído basicamente por um enrolamento primário e outro secundário e que este último está ligado indiretamente à fiação. A função do transformador em uma cerca elétrica é:

- a) reduzir a intensidade de corrente elétrica associada ao secundário.
- b) amplificar potência elétrica associada ao secundário.
- c) amplificar a energia elétrica associada a este dispositivo.
- d) proporcionar perdas de energia do primário ao secundário.
- e) provocar grande perda de potência elétrica no secundário.

9 – (ENEM/2016) A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento das células.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque

- a) O campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
- b) O campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- c) As nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- d) O campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- e) As nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferindo calor.

10 - (ENEM / 2020) Em uma usina de energia elétrica, seja através de uma queda d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus

terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas.

Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do (a)

- a) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
- b) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
- c) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
- d) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
- e) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho é constituído de uma sequência didática que se apoia na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Toda a sequência é construída em torno de experimentos. Deste modo, o experimento é o subsunçor de maior hierarquia numa possível estrutura cognitiva que possa ser construída na mente dos alunos. Portanto, esta pode ser mais uma ferramenta para professores que desejarem usá-la em suas aulas. Os experimentos que fazem parte da sequência foram todos construídos com materiais simples e encontrados em casa. A intenção é que a sequência possa ser aplicada em qualquer escola, de qualquer classe social. Quanto ao custo dos experimentos, somente a bússola é que houve a necessidade de se comprar (R\$ 40,00). O restante dos materiais foram todos feitos de materiais já sem uso que foram encontrados em casa.