



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

Danilo Antônio de Carvalho

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM
ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA**

Catalão, GO.

Janeiro de 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO**INSTITUTO DE FÍSICA**

Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP
75704-020 Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO
(TECA)****TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA
DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CATALÃO (UFCAT)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFCAT), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFCAT é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do

material bibliográfico

Dissertação ou Tese?

Dissertação

2. Nome completo do

autor Nome: Danilo

Antônio de Carvalho

3. Título do trabalho

Título: A Experimentação no Ensino de Física: Investigações em Eletricidade em uma Escola Pública.

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento: [X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa.

Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.



Documento assinado eletronicamente por **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA , Orientador(a)**, em 05/03/2024, às 10:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#) .



Documento assinado eletronicamente por **Danilo Antônio de Carvalho , Usuário Externo**, em 07/03/2024, às 09:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0041873** e o código CRC **884D8E09**.

Danilo Antônio de Carvalho

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM
ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), como requisito para à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva
Coorientador (*in memoriam*): Prof.^a Dr.^a Ana Rita Pereira

Catalão, GO.
Janeiro de 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Carvalho, Danilo Antônio de

A experimentação no ensino de física : investigações em eletricidade em uma escola pública / Danilo Antônio de Carvalho. - 2024.

ix, 113 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva;
co-orientadora Profa. Dra. Ana Rita Pereira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede, Catalão, 2024.

Apêndice.

1. Ensino de física. 2. Experimentação. 3. Aprendizagem significativa. 4. Gerador de Van de Graaff. 5. Bobina de Tesla. I. Silva, Marcionílio Teles de Oliveira, orient. II. Título.

CDU 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO,
CEP 75704-020 Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **01** da sessão de Defesa de Dissertação de **Danilo Antônio de Carvalho**, que confere o título de Mestre em Ensino de Física.

Aos vinte e cinco dias do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte quatro, a partir das 10:00, em sala virtual, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “A Experimentação no Ensino de Física: Investigações em Eletricidade em uma Escola Pública”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA - IF/UFCAAT** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **MAURO ANTONIO ANDREATA - IF/UFCAAT**, membro titular interno; Professora Doutora **MARINA VALENTIM BARROS - FAE/UFCAAT**, membro titular externo ao programa. Durante a arguição pelos membros da banca, não houve sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA**, **Orientador(a)**, em 06/08/2024, às 20:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARINA VALENTIM BARROS**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/08/2024, às 10:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MAURO ANTONIO ANDREATA**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/08/2024, às 14:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0096423** e o código CRC **7DFB48EE**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade do êxito alcançado no curso de mestrado.

Aos meus pais pelo incentivo e companheirismo durante toda minha vida acadêmica.

À professora Dr. Ana Rita Pereira (in memoriam) pelas primeiras orientações e sugestões no presente projeto.

Ao professor Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva, pela dedicação e paciência demonstrada durante a orientação deste trabalho, pois mesmo sem me conhecer aceitou ser meu orientador, mostrando a melhor trajetória a seguir com sugestões, conselhos nas decisões e esclarecimentos sobre qualquer aspecto desse trabalho.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFCAT – GO, por partilharem os seus conhecimentos.

Aos colegas da turma MNPEF/2020, pelo companheirismo, discussões, momentos de estudo, confraternização e pelo apoio que encontrei nos momentos difíceis.

Ao Colégio Estadual Villa Lobos, pela receptividade ao projeto proposto e determinante apoio à realização das atividades experimentais, bem como o estímulo à participação dos estudantes no projeto apresentado.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela manutenção deste mestrado, visto que proporcionam crescimento intelectual e social a todos os envolvidos.

A todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram com essa pesquisa.

RESUMO

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA

Danilo Antônio de Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Coorientadora (in memoriam): Prof.^a Dr.^a Ana Rita Pereira

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

Neste trabalho, compartilhamos as impressões/resultados acerca das experimentações envolvendo os conceitos de eletricidade com a Bobina de Tesla e o Gerador de Van de Graaff, realizadas nas aulas de Física, com os estudantes dos 3ºanos do Ensino Médio, no Colégio Estadual Villa Lobos, em Aparecida de Goiânia, GO. Os estudantes do Ensino Médio apresentam limitada compreensão dos fenômenos físicos ministrados nas aulas expositivas e/ou teóricas, expressando dificuldades em correlacionar os conceitos ensinados em sala de aula com situações corriqueiras do cotidiano. Desse modo, a estratégia pedagógica utilizada neste projeto, consistiu no estímulo ao engajamento e participação ativa dos estudantes nas aulas experimentais com a Bobina de Tesla e com o Gerador de Van de Graaff, valorizando sobretudo os múltiplos saberes e os conhecimentos prévios dos discentes, o que gera envolvimento no ambiente educacional, além de demonstrar deliberada inserção dos conceitos físicos na rotina dos alunos, minimizando a ruptura entre a vida e a escola. Nesse sentido, com vistas à formação de sujeitos éticos, reflexivos e humanizados, buscou-se estabelecer metodologias coerentes com as proposições de David Ausubel, em sua Teoria da Aprendizagem Significativa, cujo pensamento demonstra como única possibilidade real da concepção de uma educação humanizada, uma formação em que os estudantes reconheçam sentidos e significados acerca das aprendizagens adquiridas para além dos muros da escola. Averiguamos um expressivo aumento na compreensão dos conceitos físicos a partir da utilização de aulas experimentais, além do que houve um acréscimo na participação, engajamento e entusiasmo dos estudantes nas aulas dinâmicas.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentação, Aprendizagem Significativa, Bobina de Tesla, Gerador de Van de Graaff.

ABSTRACT**EXPERIMENTATION IN PHYSICS TEACHING: INVESTIGATIONS IN ELECTRICITY
IN A PUBLIC SCHOOL**

Danilo Antônio de Carvalho

Advisor: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Co-advisor (in memoriam): Prof.^a Dr.^a Ana Rita Pereira

Summary of the Master's Thesis submitted to the Postgraduate Program of the Federal University of Catalão – in the Professional Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the title of Master in Physics Teaching.

In this work, we share the impressions/results about experiments involving the concepts of electricity using the Tesla Coil and the Van de Graaff Generator, carried out in Physics classes, with 3rd year high school students, at Colégio Estadual Villa Lobos, in Aparecida de Goiania, GO. High school students often have limited understanding of Classical Physics phenomena taught both in experimental and theoretical classes. As consequence, they normally have difficulties in correlating Physics concepts exposed in the classroom with everyday situations. Thus, the pedagogical strategy used in this project consisted of encouraging engagement and active participation of students in experimental classes with the Tesla Coil and the Van de Graaff Generator, valuing above all students' general and prior knowledge. This generates engagement in the educational environment and demonstrates the deliberate insertion of Physics concepts into the students' routine, which minimizes the rupture between regular and school life. Moreover, focusing on the formation of ethical, reflective, and humanized subjects, we sought to establish methodologies, that are consistent with the propositions of David Ausubel. In his “Theory of Meaningful Learning”, Ausubel argues a training in which students can recognize senses and meanings about learnings acquired beyond the school walls as the only real possibility of conceiving a humanized education. We found a significant increase in the understanding of Physics concepts using experimental classes, in addition to overall higher student participation, engagement and enthusiasm in dynamic classes.

Keywords: Physics Teaching, Experimentation, Meaningful Learning, Tesla Coil, Van de Graaff Generator.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS ACERCA DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA	15
2.1 A Física: Uma Ciência da Natureza	15
2.2 A Filosofia Influencia a Física: Descartes e Newton	17
2.3 Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel.....	21
2.3.1 A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para o Ensino de Física na Educação Básica.....	21
2.3.2 A Teoria de Ausubel.....	23
2.3.2.1 David Paul Ausubel	24
3 A Prática Experimental no ensino de Física norteada pela Teoria de Ausubel	28
4 ESTUDO DO ELETROMAGNETISMO.....	33
4.1 Carga Elétrica	33
4.2 Força Elétrica	35
4.3 Campo Elétrico.....	37
4.4 Potencial Elétrico	37
4.5 Corrente Elétrica	38
4.6 Diferença de Potencial	39
4.7 Campo Magnético	40
4.8 Força Magnética.....	42
4.9 Semicondutores	43
5 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	45
5.1 Experimento 01: <i>GERADOR DE VAN DE GRAAFF</i>	45
5.2 Experimento 02: <i>BOBINA DE TESLA</i>	48
5.3 Experimento 03: <i>BOBINA DE TESLA MUSICAL</i>	51
6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	56
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
8 REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL	73
APÊNDICE C: ROTEIRO DO PROCESSO EXPERIMENTAL	110
APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTOS	112
APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SOCIOEDUCATIVO	113

1 INTRODUÇÃO

Ao considerar a urgência na necessidade de estreitamento do diálogo entre aqueles que pensam a educação básica pública nas academias e aqueles que a vivenciam no chão da sala de aula, faz-se extremamente relevante a abordagem do presente tema, visto que buscamos estabelecer o efetivo vínculo entre a Universidade e a Unidade Escolar por meio da realização desse projeto que visa levar aos estudantes do Ensino Médio, em especial as Turmas de 3º Ano, a prática científica dos experimentos da Física, dado o expressivo déficit na aprendizagem dos conceitos de física por parte dos estudantes secundaristas, o que evidencia a falta de ligação entre conceituação e materialização das teorias.

Sob a justificativa de que a experimentação no estudo de física expande horizontes de possibilidades aos estudantes de Ensino Médio, percebemos quão importante é a tarefa do professor – ainda que permeada de inquietações – principalmente no que tange às escolhas de metodologias adequadas, incrementações didáticas com recursos tecnológicos; abordagens práticas que convidam os discentes a vivenciarem a prática dos experimentos, propiciando a correlação da teoria com a vivência da física no cotidiano da vida.

É um grande desafio, porém motivador, que o professor brasileiro de Física da escola pública seja provocado a transgredir ao tradicionalismo do ensino, cujas metodologias, de certa maneira arcaicas, ainda permanecem enraizadas na didática de sala aula. Faz-se urgente a renovação do ensino, com o propósito de despertar o encantamento e engajamento estudantil, pois somente quando há sentido no estudo de um conteúdo, isto é, quando há conexão da teoria com a prática, que a disciplina se torna relevante para os discentes, porque a Física faz-se presente no mundo, na vida, no dia a dia. E isto pode ser constatado empiricamente pelos educandos enquanto experiência, o que é essencial, como bem apontou em “Experiência e Educação”, John Dewey. (DEWEY, 1971, p.25).

É certo que, para alguns pesquisadores não se ensina habilidade geral, ou seja, observar, classificar, levantar hipóteses, deduzir, generalizar, pois tais habilidades constituem os aspectos do funcionamento cognitivo geral do indivíduo, desenvolvido desde a infância.(GRANDINI, N.A; GRANDINI, C.R; 2004.), portanto o que é possível à realização docente consiste em instigar e/ou despertar o interesse, o encantamento pela ciência, pela pesquisa, ainda no ambiente escolar.

Segundo estudos de Grandini e Kobayashi (2005), para que o conhecimento seja produzido é preciso recorrer à obtenção de dados, elementos e informações viáveis para possibilitar o estabelecimento de relações de dependência/causalidade entre grandezas físicas, bem como entidades relevantes para o objeto de estudo. A escolha pela modalidade Ensino Médio se concretizou em virtude do fato de o pesquisador já atuar como professor nesta fase da Educação Básica e por entender que o Ensino de Física é de grande relevância e, portanto, investigar as práticas experimentais nestas turmas justifica a presente pesquisa, pois possibilitará verificar o nível de aprendizado dos conteúdos programáticos para essa disciplina a partir da utilização de dois equipamentos utilizados em experimentações realizadas em Laboratórios de Física, a saber: i) O Gerador de Van de Graaff, para explorar os conceitos de Eletrostática, Campo Elétrico e Força; ii) A Bobina de Tesla, para explorar os conceitos de Corrente Elétrica, Campo Magnético e Força Magnética.

Como a principal problemática educacional reside na dificuldade dos estudantes em estabelecer relação entre as teorias da Física e a sua aplicabilidade empírica, as atividades experimentais com o Gerador de Van de Graaff e a Bobina de Tesla objetivam propiciar aos discentes a vivência dessa Ciência no cotidiano por meio das experiências realizadas neste estudo, cuja metodologia adotada será a pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A primeira consistirá no aporte teórico que fundamentará o estudo e, posteriormente, na construção dos experimentos que consistirão na vivência da prática laboral durante aulas de Física na modalidade Ensino Médio em uma escola da Rede Pública de Ensino na cidade de Goiânia, Goiás.

O trabalho com experimentações implica em seguir algumas etapas essenciais como o acesso às estruturas conceituais que permeiam cada conteúdo para que o estudante conheça as teorias e conceitos relacionados a cada um deles, fase essa da experimentação que consiste na realização de atividades experimentais que possibilitem conhecer o processo de cada objeto de estudo, confrontando conceitos com a prática, coleta de dados que favoreçam a análise e, por fim, a conclusão que é a fase final do processo de aquisição do conhecimento referente ao objeto investigado. Isso tudo, deixando claro que na Ciência é preciso sempre estar aberto a novas investigações, pois tudo pode se transformar a partir de novos estudos. Portanto, salientamos a importância da postura investigativa no engajamento comportamental e cognitivo dos estudantes durante as atividades práticas, demonstrando consciência da importância do olhar

atento e sedento pela busca das respostas da Física enquanto uma das emissoras da verdade científica. (FARIA, 2008).

A utilização de laboratórios para práticas pedagógicas no Ensino de Física se apresenta como uma estratégia muito eficaz para que as dificuldades inerentes ao entendimento dessa Ciência sejam supridas e para despertar no estudante o interesse pela investigação dos temas que, em sua maioria, apresentam complexidade e difícil entendimento, caso sejam ministrados apenas com aulas teóricas.

Os estudos de Lima e Martins (2013) revelam que as atividades investigativas se caracterizam como práticas experimentais, sejam elas no campo ou no laboratório. Também podem ser reconhecidas nas pesquisas, atividades de exploração de filmes, demonstrações, simulações utilizando o computador, atividades com bancos de dados, elaboração verbal e escrita de determinado plano de pesquisa, avaliação de evidências e muitos outros.

Observa-se que o Ensino de Física tem esbarrado em grandes dificuldades, especialmente no que tange a obtenção de resultados positivos em relação à compreensão e aplicação dos conteúdos a serem ministrados nesta disciplina. Dessa maneira, Fiolhais e Trindade (2003) acrescentam que há um elevado número de reprovações na disciplina de Física em diversos níveis de ensino e países. Isso revela, segundo os estudiosos, que as dificuldades por parte dos alunos em aprender essa Ciência são inúmeras e comuns.

Fiolhais e Trindade (2003) ainda argumentam que podem ser iminentes as falhas na aprendizagem quando o Ensino de Física envolve apenas as aulas expositivas, de modo verbal ou textual. Esse tipo de ensino pode não ser atraente para todos os estudantes e, dessa forma, é preciso que sejam não somente divulgadas, mas encorajadas técnicas mais atraentes que enfatizem a compreensão qualitativa dos princípios físicos fundamentais. As atividades que envolvam experimentações no processo investigativo de determinados conteúdos são de grande eficácia para atrair os estudantes para a Ciência, especialmente a Física.

O grande desafio docente consiste em aliar a contemplação do conteúdo programático pertinente à turma do Ensino Médio a uma abordagem prazerosa e instigante, sendo capaz de despertar no aluno o interesse científico, ao mesmo tempo em que vincula o conhecimento físico às situações diversas de seu cotidiano. Desse modo, o alcance do conhecimento fará sentido para ele. Para tanto, é primordial que o docente possua conhecimento prévio do contexto educacional.

O objetivo geral do presente trabalho consiste em desenvolver o senso crítico no entendimento científico, e para isso, utilizará a experimentação como metodologia, verificando se ela pode contribuir efetivamente ou não no processo ensino-aprendizagem, garantindo um conhecimento efetivo por parte do estudante. De maneira mais específica, os objetivos são: i) Usar a história da Ciência e a atividade experimental como recursos didáticos facilitadores e complementares no ensino dos conceitos de eletricidade; ii) Desenvolver as habilidades e competências necessárias para apropriação dos conceitos de eletricidade; iii) Despertar o caráter investigativo no aluno no quesito experimentação; iv) Estimular a transvalorização de conceitos considerados “não úteis” em nosso cotidiano; v) Utilizar as tecnologias, tais como o uso de celular para filmagem, pois assim é possível verificar o fenômeno ocorrido em câmera lenta.

Escolhemos para este projeto a metodologia ativa de aprendizagem, centralizado na figura do aluno, que é incentivado a assumir o controle da busca por mais conhecimento. Para isso, utilizaremos diversos formatos de conteúdo como: pré-teste, aula expositiva contextualizando a utilização dos equipamentos, os experimentos (Gerador de Van De Graaff e Bobina de Tesla) e atividade avaliativa.

Com isso em mente, este trabalho aborda no Capítulo 2 e Seção 2.1 do Capítulo 2, respectivamente, os predecessores da Ciência da Natureza e a influência filosófica de Descartes e Newton na Física. No Capítulo 3, será abordado o estudo do Eletromagnetismo, sendo que nas Seções 3.1-3.9, respectivamente, abordaremos os conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico, Corrente Elétrica, Diferença de Potencial, Campo Magnético, Força Magnética e Semicondutores. A abordagem experimental será apresentada no Capítulo 4, levando em consideração os seguintes experimentos: i) O Gerador de Van De Graaff (Seção 4.1); ii) A Bobina de Tesla (Seção 4.2); iii) A Bobina de Tesla Musical (Seção 4.3). No Capítulo 5, a Análise e Discussão dos resultados obtidos e, finalmente, no Capítulo 6, as Considerações finais.

2 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS ACERCA DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA

No presente capítulo, faremos um retorno às origens da Física, cuja predecessora foi a Filosofia, mãe de todas as Ciências. Desse modo, abordaremos a evolução dessa Ciência da Natureza e como ela influencia o cotidiano humano, passando pelo seu surgimento, com os pré-socráticos, o racionalismo de Descartes até chegarmos à Teoria Significativa de Ausubel.

2.1 A Física: Uma Ciência da Natureza

Quando recorremos às origens da Física, percebemos uma Ciência que advém da prática, visto que aqueles que representam a vanguarda dela (os estudiosos da *Physis* – Natureza e da *Arché* – Elemento) se colocaram como observadores da natureza, buscando respostas para a origem do Universo e de todas as coisas existentes nos elementos naturais (água, terra, fogo e ar). Desse modo, nos é evidenciado que a Ciência primordial, o que inclui a Física, parte inicialmente da observação, para posteriormente emergir da prática que dará vazão à teoria. (SOUZA, 2000).

Os Pré-socráticos e/ou Filósofos da Natureza foram, todavia, os primeiros cientistas, aqueles que se dedicaram à observação da natureza e dos fenômenos naturais, buscando respostas para seus anseios (origem de todas as coisas). No que tange a Filosofia da Física, Osvaldo Pessoa Jr., em seu artigo “*O que é a filosofia da física?*”, afirma que ela consiste na área que discute os problemas não resolvidos da descrição física do mundo, sendo que muitos estão na fronteira da pesquisa física atual. Pessoa (2014) aponta ainda quatro grandes problemas da filosofia da física, a saber: i) O início do tempo; ii) O Determinismo; iii) A Irreversibilidade; iv) Não-localidade quântica. (CHATELET, 1979).

O questionamento que impera desde sempre é: Por que a Física precisa da Filosofia? Qual a relação entre ambas? Na tentativa de compreender o mundo em que vivemos, os fenômenos do Universo ou mesmo qual a natureza da realidade, nos deparamos com questões que tangem muito mais o âmbito filosófico que o científico. No entanto, parece terem sido os cientistas os portadores da tocha da descoberta na busca pelo conhecimento dos tempos modernos. O grande desafio dos docentes ao ensinar as Ciências da Natureza consiste justamente em trazer aos estudantes uma constatação de que todos aqueles conceitos e fórmulas

estão presentes em seu cotidiano e induzi-los à meticulosa observação das várias situações em seu dia a dia em que a Física, por exemplo, está ali presente na *práxis*.

Nesse sentido, recorremos ao conceito cognitivista desenvolvido por David Ausubel (1918-2008), quando pensou a sua Teoria da Aprendizagem Significativa, em 1963, na obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning, uma vez que é justamente nessa práxis, na prática da ação concreta do cotidiano, que o conhecimento se mostrará voltado para as relações sociais, tornando-se, portanto, indispensável à vida.* (AUSUBEL, 2003)

Neste ponto, é imprescindível salientar que, historicamente, a atitude reinante na Física foi “calar e calcular”. Resolva as equações e não faça perguntas sobre o que elas significam, enquanto os filósofos, constantemente acusados de demasiado abstratos ou místicos nos círculos científicos, esforçam-se pela clareza conceitual, aprendendo a detectar as lacunas e elisões nos argumentos cotidianos que deixam brechas, conceitos entreabertos. Calha que o *éthos*¹ “cala e calcula” não promove essa atitude crítica em relação a argumentos; a Filosofia faz. (MAUDLIN, <https://societificacombr.com.br/por-que-fisica-precisa-da-filosofia/>, 2019.)

O que a Filosofia oferece à Ciência, então, não são ideias místicas, mas método metuculoso. O ceticismo filosófico concentra a atenção nos pontos fracos conceituais nas teorias e nos argumentos. Incentiva a exploração de explicações alternativas e novas abordagens teóricas. Os filósofos têm obsessão por ambiguidades sutis de linguagem e sobre o que se segue de tal. O ceticismo filosófico surge da teoria do conhecimento, o ramo da filosofia chamado “Epistemologia”. A Epistemologia estuda os fundamentos de nossas crenças e as fontes de nossos conceitos. Muitas vezes, revela pressupostos tácitos que podem revelar-se errados, fontes de dúvida sobre o quanto realmente sabemos. Tendo começado com Hawking, vamos deixar Einstein ter a última palavra: “Como é que um cientista natural dotado vem se preocupar com a epistemologia? Não existe mais trabalho valioso em sua especialidade? Eu ouço muitos dos meus colegas dizerem, e eu sinto isso por muitos mais, que eles se sentem dessa maneira. Não posso compartilhar desse sentimento...” (EINSTEIN, <https://exame.com/ciencia/20-frases-de-albert-einstein/>, 2021).

¹ Conjunto de hábitos ou crenças que definem uma comunidade ou nação.

2.2 A Filosofia Influencia a Física: Descartes e Newton

René Descartes (1596-1650) propôs uma Filosofia que nunca acreditasse no falso, que fosse totalmente fundamentada na verdade. Sua preocupação era com a clareza. Sugeriu uma nova visão da natureza, que anulava o significado moral e religioso da época. Acreditava que a Ciência deveria ser prática e não especulativa. (DESCARTES, 1663).

Em “*O Tratado do Mundo*”, uma obra de Física, Descartes aborda a tese do *heliocentrismo*. Porém, em 1633 abandona o plano de publicá-la devido à condenação de Galileu pela Inquisição. O *Discurso sobre o Método*, obra de 1637 de Descartes, é um tratado filosófico e matemático que lançou as bases do *racionalismo* como a única fonte de conhecimento. Acreditava na existência de uma verdade absoluta, incontestável. Para atingi-la desenvolveu o método da dúvida, que consistia em questionar todas as ideias e teorias preexistentes. Expõe 4 regras para se chegar ao conhecimento, a saber: 1) Nada é verdadeiro até ser reconhecido como tal; 2) Os problemas precisam ser analisados e resolvidos sistematicamente; 3) As considerações devem partir do mais simples para o mais complexo; 4) O processo deve ser revisto do começo ao fim para que nada importante seja omitido. (DESCARTES, 1637).

Para isso, Descartes criou o método da dúvida. Ao duvidar de tudo o quanto for possível, alcançaria o conhecimento verdadeiro, algo seguro de que não pode ser duvidado (indubitável). Inicialmente, o filósofo coloca em dúvida os sentidos, pois os sentidos podem ser fontes de engano. A seguir, chama a atenção para a impossibilidade de reconhecer um sonho. Deste modo, tudo o que chamamos de realidade pode ser apenas elementos integrantes de um sonho. Mas, percebe que mesmo nos sonhos as regras matemáticas não são alteradas. (DESCARTES, 1641.)

Descartes afirma que a Matemática é um conhecimento um pouco mais puro. Entretanto, podemos estar sob a influência de um gênio maligno, um deus enganador, que nos faz acreditar em certas coisas (por exemplo, $2 + 2 = 4$ ou que um triângulo possui três lados). Convenceu-se de que a única verdade possível era sua capacidade de duvidar, reflexo de sua capacidade de pensar. Assim, a verdade absoluta estaria sintetizada na fórmula “eu penso”, a partir da qual concluiu sua própria existência. Sua teoria passou a ser resumida na frase: “Penso, logo existo”, que em latim significa *Cogito, ergo sum*. (DESCARTES, 1641).

A Filosofia Natural Cartesiana e seus principais fundamentos influenciaram o pensamento de outros filósofos e cientistas desde o Século XVII até o final do Século XVIII, como por exemplo, Huygens, Leibniz e até mesmo Gauss. Segundo Alexandre Koyré, em seu artigo “*As origens da ciência moderna*”, através do desenvolvimento de uma poderosa mecânica e de uma visão de mundo baseada em formas geométricas, Descartes juntamente com Galileu e Newton teriam sido os principais responsáveis por uma mudança radical na forma de ver, pensar e viver a natureza (KOYRÉ, 2011).

A Filosofia natural de Descartes estava fundamentada no conceito de substância. Para Descartes, a substância é a primeira categoria de “ser” existente no mundo. No cartesianismo, há dois tipos distintos de substâncias, a saber: a substância pensante e a substância extensa ou extensão (como é mais conhecida). No que tange a Física, a substância pensante são os atributos que a mente de um observador coloca nas coisas, por exemplo: cheiro, sabor, cor, entre outras. A extensão (largura, altura e profundidade de um corpo) seria o próprio corpo. Podemos notar que tudo é extenso no mundo de Descartes: não há lugar para o vazio. Por isso, creio que cabe aqui uma pergunta simples: Se tudo é extenso, como se pode distinguir um corpo de outro, uma coisa da outra? (KOYRÉ, 2011).

Descartes queria defender que a extensão corpórea e a extensão espacial eram a mesma coisa. Nesse sentido, para Descartes, a extensão constituía a própria substância corpórea cujo atributo principal era a própria extensão. Assim, Descartes transformou a extensão na essência do corpo e o pensamento na essência da alma. Logo, a extensão seria tudo o que o corpo é, enquanto o pensamento seria tudo o que a alma é (DESCARTES, 1663).

De acordo com Descartes, o que distingue um corpo de outro é seu movimento. Daí, para os cartesianos, a Filosofia natural consiste no estudo e exposição do movimento dos corpos e nas diversas variações deste movimento, interno ao próprio corpo. Já para Newton, o movimento tem um caráter dinâmico, ligado ao conceito de força, externo ao corpo. Diante desta definição, cabe outra questão: Como explicar o que Descartes chama de movimento? Inicialmente, a definição cartesiana de movimento limitava-se àquilo que fazia os corpos mudarem de um lugar para outro (DESCARTES, 1663).

Os comentadores Daniel Garber e Alexander Koyré observaram que, enquanto a Física de Aristóteles se colocaria como um obstáculo para o surgimento da nova filosofia natural (GARBER, 1995.), o atomismo antigo de Leucipo e Demócrito, por outro lado, foi uma fonte de inspiração para Descartes (KOYRÉ, 1991).

Empédocles, Anaxágoras, Lucrecio e Epicuro também são considerados atomistas gregos antigos. Contudo, segundo Anthony Gottlieb em seu livro “O sonho da razão”, somente Leucipo e Demócrito tiveram uma influência considerável sobre os filósofos do Século XVII, no que tange especificamente às questões relacionadas à divisibilidade da matéria e à existência do vazio. (GOTTLIEB, 2007).

Porém, esta definição se alteraria com o tempo, transformando-se em uma complexa engrenagem relativista, impossível de ser encaixada na Física Newtoniana. Ao longo de seus estudos, Descartes transformou sua definição de movimento de uma simples mudança de lugar para uma transferência do corpo, ou de uma parte deste, de uma vizinhança contígua para outra, onde essas vizinhanças contíguas seriam outros corpos em repouso em relação ao corpo que se movia. Descartes estabeleceu conceitos através dos quais explicaria sua tese geral para o movimento dos corpos. Em total desacordo, Newton realizou um ostensivo ataque à teoria cartesiana, concluindo que o movimento assumido pelo filósofo francês não deveria ser considerado como um movimento real (GOTTLIEB, 2007).

É importante ressaltar que para Newton, ao contrário de Descartes, as definições de movimento e outros conceitos eram muito claros (SAPUNARU, 2012, Synesis). Para Newton:

- Def: I. Um lugar é uma parte do espaço que uma coisa preenche adequadamente.
- Def: II. Um corpo é aquilo que preenche um lugar.
- Def: III. Repouso é permanecer no mesmo lugar.
- Def: IV. Movimento é mudar de lugar. (NEWTON, 1978, p.122).

Diferentemente de Newton, os princípios e regras que governam o movimento cartesiano não poderiam nem deveriam ser verificáveis por seus próprios significados ou por qualquer observação empírica. Estes princípios e regras provêm diretamente da imutabilidade de Deus, da constância de Suas ações ao preservar o mundo a cada momento. Isso implica na conservação total da quantidade de movimento do mundo em si mesma, isto é, na conservação de todos os corpos em movimento, simultaneamente (BARRA, 2003).

Outro ponto de inspiração para a Física de Newton, baseado em sua discordância com Descartes, era a questão do atomismo grego antigo (doutrina dos pré-socráticos Demócrito, Epicuro e Leucipo que apregoavam que a matéria era finitamente divisível e sua parte última era o átomo). Descartes não aceitava a indivisibilidade atômica e o espaço vazio. Contrariamente, para Newton, a matéria tinha uma parte última e havia espaços vazios entre as partes. De acordo com Newton, o mundo não era, nem poderia ser *plenum* como queria

Descartes. A esta parte última, Newton chamou de corpúsculo, um corpo minúsculo, rígido e indivisível (KOYRÉ, 1956).

Vale ressaltar também que Newton rejeita o conceito de extensão cartesiano, mas não rejeita a extensão dos corpos em si. Para ele, a extensão se confundia com o próprio espaço ocupado pelos corpos, pois ela não era somente uma característica dos corpos. Grosso modo, a extensão não requereria um corpo que fosse extenso, visto que ela teria uma existência própria. Para Amélie Oksenberg Rorty, uma das consequências das ideias de Newton seria que todas as coisas existentes teriam uma natureza empírica, ao contrário de Descartes, que encontrou os fundamentos de seus conhecimentos sobre essas coisas na abstração matemática, por exemplo, o movimento dos corpos (RORTY, 1995).

Pode-se concluir que Newton e Descartes tinham em comum a Filosofia mecanicista e é através dela que a Filosofia natural de Newton tem início: ela é o ponto de partida para a construção da Física Newtoniana, mesmo que posteriormente ele viesse a trair radicalmente esta Filosofia mecanicista ao introduzir o conceito de ação à distância (um corpo agindo sobre outro sem que houvesse contato direto entre eles) para explicar a dinâmica dos céus e da Terra (STEIN, 2002).

Com Descartes, emerge a noção de *Lei física* sem o cunho teológico, dizendo que a *lei é eficaz por si mesma*, isto é, não há necessidade de uma entidade ou divindade para sua execução. Esta ideia está bem de acordo com a tendência *agnóstica* de sua época, mas vai de encontro à visão predominante desde a Antiguidade de que: “Não cai uma folha da árvore se não for a Vontade de Deus”. Por essa razão, foi considerado herético, tendo que se refugiar e publicar suas obras na Holanda, mais aberta, enquanto Galileu era processado pela Inquisição. De fato, em 1633, seus livros entraram para o *Index Librorum Prohibitorum*, o Índice dos Livros Proibidos da Igreja Católica. Também imaginou o Sistema de Coordenadas Cartesiano (*de Cartesius*). Essa construção levou à Geometria Analítica.

Quanto ao vácuo, no sentido que os filósofos tomam esta palavra, nomeadamente para um espaço onde não há substância, é óbvio que não há espaço no universo. O que é tal, porque a extensão do espaço ou do lugar interior não é diferente da extensão do corpo. E como, pelo simples fato de um corpo se estender em comprimento, largura e profundidade, temos razão em conceber que não é possível que o nada tenha extensão, devemos concluir o mesmo do espaço que se supõe ser vazio: ou seja, visto que há extensão nele, há necessariamente também substância. (DESCARTES, 1998, p.161-162)

2.3 Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel

Neste capítulo, apresentaremos a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel, demonstrando o quão atual e relevante é o seu pensamento vinculado às práticas educacionais da contemporaneidade e como o seu sistema de referência para o Ensino de Física na Educação Básica se faz necessário para uma restauração das metodologias de ensino para os docentes que buscam transgredir os modelos já ultrapassados.

2.3.1 A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para o Ensino de Física na Educação Básica

Tem sido cada vez mais desafiador ensinar e possibilitar a compreensão de algumas disciplinas em escolas da Educação Básica. Em especial a Física, objeto de estudo deste trabalho, esta disciplina é vista como um componente curricular de difícil aprendizado. Salientamos aqui alguns motivos para esse julgamento:

- A ausência de profissionais qualificados para aplicação de metodologias conceituais e atuais;
- Falta de motivação do professor devido à desvalorização profissional;
- A escassez de recursos relacionados aos Laboratórios de Física;
- A falta de contextualização dos conteúdos trabalhados;
- A abordagem tradicional aplicada pela maioria dos professores, enfatizando a memorização de conceitos e fórmulas. (BARBOSA, 2021)

Apesar de diversos fatores ocasionarem a alta dificuldade no Ensino de Física, é uma situação constante ver o professor sendo posto como vetor desta problemática educacional – a inviabilização do Ensino de Física – e ocasionalmente até mesmo sendo demonizado pelos imponderáveis que permeiam o processo ensino-aprendizagem. O uso exclusivo das metodologias tradicionais molda uma mentalidade voltada à memorização de conceitos e fórmulas, o que gera desinteresse nos discentes, visto que o processo educacional se constrói enquanto modelo obsoleto, que tolhe a criatividade e aliena a capacidade intelectual dos indivíduos. (BARBOSA, 2021)

Apesar do fraco desempenho dos estudantes representar uma problemática geral, que abarca todas as áreas do conhecimento, as dificuldades de aprendizagem se tornam mais

acentuadas e mais evidentes quando elencamos dados, gráficos e/ou índices que demonstram resultados das Ciências da Natureza. Assim, utilizaremos a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como um sistema de referência para a organização sequencial de conteúdos de Física a serem aplicados no ensino experimental das atividades investigativas realizadas em sala de aula na Educação Básica. É perceptível que, nas escolas de nível médio, o aproveitamento do conteúdo de Física é insuficiente. Além do que, torna-se também evidente a elevada rejeição dos estudantes quanto à disciplina, o que leva muitas pessoas, após cursarem o Ensino Médio, associarem Física a recordações desagradáveis como: reprovações, recuperações, fórmulas decoradas, entre outras. (BARBOSA, 2021).

Nesse sentido, torna-se essencial uma transformação do Ensino da Física, ofertando tanto nas escolas públicas quanto nas privadas um ensino que se dissocie do oferecido tradicionalmente, com conteúdo mais atrativo, primando pela experimentação, investigação e processos cognitivos do discente, que passará a perceber a presença material da Física em seu dia a dia. Faz-se necessária a contextualização dos conceitos físicos, visando a coesão nas explicações e fundamentação dos diversos fenômenos estudados nessa disciplina, tornando possível novas perspectivas aos estudantes, acerca dos temas abordados. Nesse contexto, uma proposta de ensino, apontada por vários autores como possível alternativa aos problemas atuais relativos ao processo ensino-aprendizagem, é a utilização da *Aprendizagem Significativa* de David Ausubel. A Teoria de Ausubel aponta múltiplos caminhos e formas de inteligência, o que indicaria vias variáveis de conhecimento. (BARBOSA, 2021)

Como fora dito no parágrafo acima, objetivamos avaliar a relevância da aplicabilidade da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel no processo ensino-aprendizagem, em especial na disciplina de Física: i) Analisando o ensino da atualidade; ii) Salientando os benefícios obtidos com a aplicação da aprendizagem significativa nas escolas; iii) Buscando alternativas às dificuldades de aprendizagem dos estudantes; e iv) Ressaltando as propostas centrais a respeito do conhecimento vivenciado no ambiente escolar, teorias essas desenvolvidas por David Ausubel. (BARBOSA, 2021)

Nessa dissertação, buscamos mostrar de forma lúcida como os conceitos da Física podem ser empregados no nosso dia a dia e como evoluiu a Ciência no decorrer dos tempos. Com os novos programas de ensino-aprendizagem, a prática vem ganhando destaque nas suas atribuições, pois, além de tornar a aula mais atrativa, é possível que esse aluno se engaje mais facilmente no mercado de trabalho.

De acordo com a Resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017 e as BNCCs, que regulamentam o Ensino das Ciências da Natureza (nas quais se incluem o ensino da Física), consta que:

III. Ciências da Natureza: **a.** Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico; **b.** Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de forma que se sinta, com isso, segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, além de continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva; **c.** Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza; **d.** Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho; **e.** Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista, que respeitem e promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza; **f.** Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza, de forma crítica, significativa, reflexiva e ética; **g.** Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias. **h.** Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários. (BRASIL, 2017)²

2.3.2 A Teoria de Ausubel

Nesta seção, apresentaremos o cientista David Ausubel, acentuando a sua relevância para a academia e estudos de Física, demonstrando o quão necessário é a sua Teoria da Aprendizagem para as metodologias de Ensino de Física no Ensino Superior e na Educação Básica, principalmente na Rede Pública de Ensino.

² RESOLUÇÃO CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017 - Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica.

Abordaremos, ainda, dois comentadores se posicionando acerca da Teoria de Aprendizagem de Ausubel.

2.3.2.1 David Paul Ausubel

David Paul Ausubel (Nova Iorque, 25 de outubro 1918 - Nova Iorque, 9 de julho de 2008) foi um Psicólogo da Educação Estadunidense. Segue um dos episódios que o marcou profundamente nesse período:

"Escandalizou-se com um palavrão que eu, patife de seis anos, empreguei certo dia. Com sabão de lixívia lavou-me a boca. Submeti-me. Fiquei de pé num canto o dia inteiro, para servir de escarmento a uma classe de cinquenta meninos assustados (...)" Para ele, "A escola é um cárcere para meninos. O crime de todos é a pouca idade e por isso os carcereiros lhes dão castigos." (AUSUBEL,1968).

Indignado e inconformado com as metodologias de ensino existentes e posicionando-se totalmente contra a aprendizagem puramente mecânica, torna-se um representante do cognitivismo e propõe uma aprendizagem que tenha uma "estrutura cognitivista", de modo a intensificar a aprendizagem como um processo de armazenamento de informações que, ao agrupar-se no âmbito mental do indivíduo, seja manipulada e utilizada adequadamente no futuro, através da organização e integração dos conteúdos aprendidos significativamente (MOREIRA, 1999).

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (apud Moreira 1999) surgiu em meados da década de 60, quando as escolas ainda estavam no auge da influência behaviorista, e o ensino e aprendizagem eram examinados como estímulos, respostas e reforço. Nesse período, Ausubel surge enfatizando o conceito de aprendizagem significativa. Para ele, aprendizagem significativa é quando o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado para o aprendiz. Isso nos permite entender que tal teoria propõe que o conhecimento prévio que o aluno já possui deve ser valorizado. Esse conhecimento no método de Ausubel é chamado de conceito subsunçor, isto é, conceitos e proposições estáveis no indivíduo, uma estrutura cognitiva já existente (inata), capaz de favorecer novas aprendizagens a partir do que já se sabe ou conhece. Segundo a definição de Moreira e Masini (1982),

subsunçor é uma ideia (conceito ou proposição) mais ampla, que funciona como subordinador de outros conceitos na estrutura cognitiva e como ancoradouro no processo de assimilação.

Na avaliação de Cachapuz, a Teoria da Aprendizagem Significativa “deslocou o nosso olhar para o aluno como sujeito de aprendizagem, em particular, para os conceitos preexistentes do aluno como reguladores da sua própria aprendizagem” (CACHAPUZ, 2000, p.6). De acordo com essa teoria, entende-se que é preciso que uma nova informação se fundamente em um conhecimento já existente, promovendo a ocorrência de uma aprendizagem prazerosa e eficaz. Como diria Ausubel, “é no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz” (Ausubel 1963, p. 58).

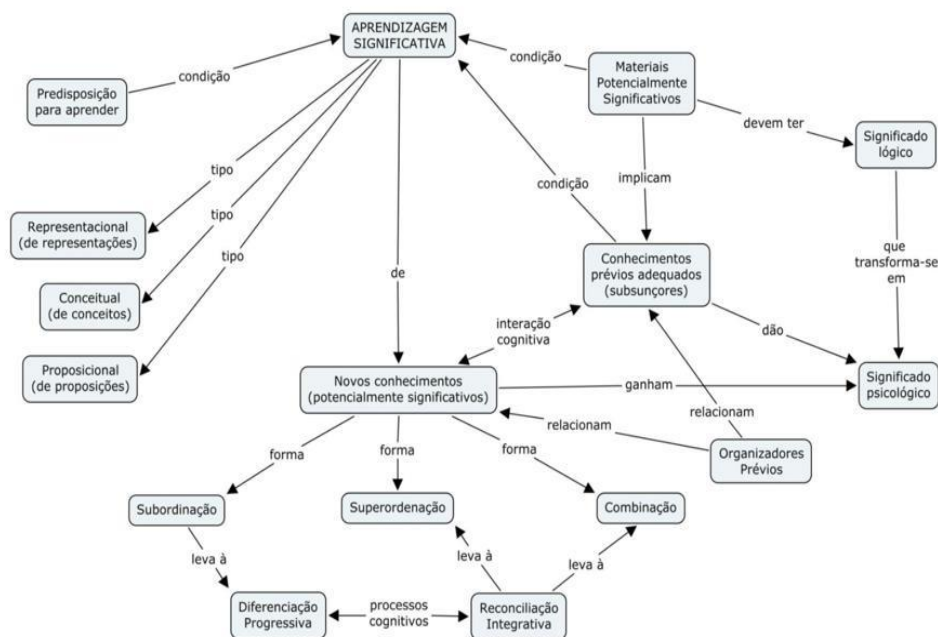
A ideia central da Teoria de Ausubel é a de Aprendizagem Significativa. Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com a estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceitos subsunçores ou simplesmente subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. *Estrutura cognitiva* significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo. Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Entretanto, este processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre aprendizagem significativa em conjunção com um dado subsunçor. No exemplo dado, uma ideia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a forças e campos gravitacional, eletromagnético e nuclear. Porém, na medida que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa, isso resultaria num crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores

iniciais. Isto é, os conceitos de força e campo ficariam mais elaborados, mais exclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e campos ou correlatas (AUSUBEL, 1982).

De acordo com as Figuras 2.1 e 2.2:

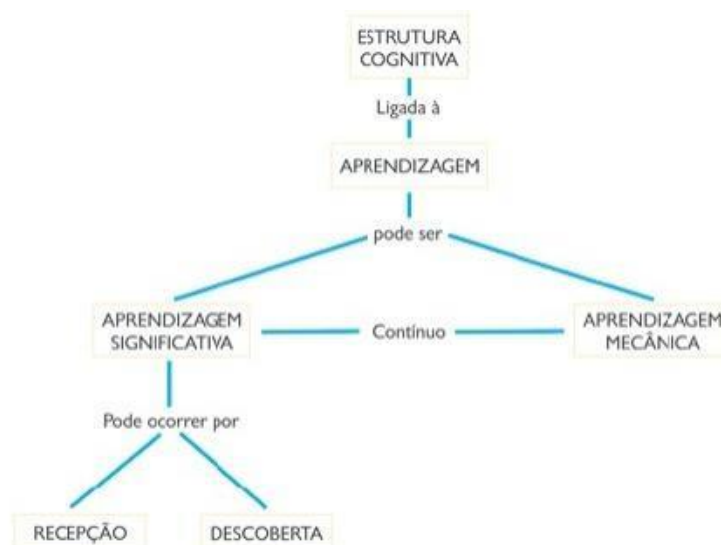
“Mapa conceitual é uma técnica ou recurso didático criado por Joseph Novak em 1972. Surgiu da necessidade de acompanhar o desenvolvimento cognitivo de crianças no processo ensino-aprendizagem do ensino fundamental. A proposta de trabalho dos Mapas Conceituais está baseada na ideia fundamental da Psicologia Cognitiva de Ausubel que estabelece que a aprendizagem ocorre por assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva do aluno. Incluídas na aprendizagem significativa estão a aprendizagem por recepção e a por descoberta. Assim, estes mapas servem para tornar significativa a aprendizagem do aluno, que transforma o conhecimento sistematizado em conteúdo curricular, estabelecendo ligações deste novo conhecimento com os conceitos relevantes que ele já possui.” (Trabalho pedagógico. Secretaria da Educação do Paraná, 2023. Disponível em: <<http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=325&evento=3>>. Acesso em: 09/11/2023)

Figura 2.1 - Mapas conceituais.



Fonte: construirnoticias.com.br.

Figura 2.2 - Como os conceitos se ligam num mapa conceitual.



Fonte: moreira (2013).

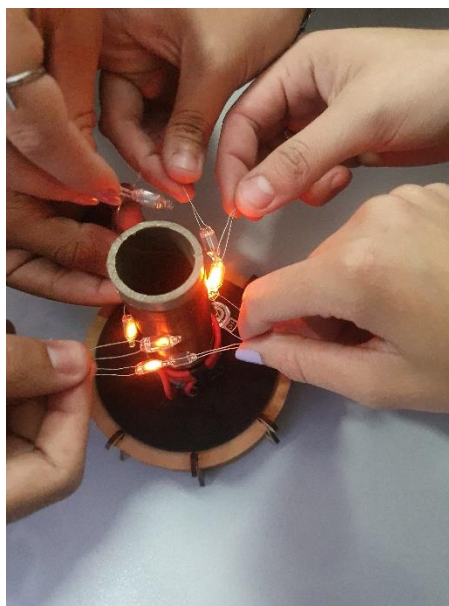
No Capítulo 3, demonstraremos como o estudo do eletromagnetismo impacta os estudos da Física no que tange à compreensão dos fenômenos elétricos e magnéticos, resultando nas Equações de Maxwell. Iniciaremos, ainda, o estudo de conceitos centrais para a compreensão dos dois principais experimentos deste projeto: O Gerador de Van De Graaff e a Bobina de Tesla.

3 A PRÁTICA EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA NORTEADA PELA TEORIA DE AUSUBEL

A Eletrostática e Eletrodinâmica deve ser abordada no Ensino Médio, como sugerem pesquisas feitas nesse sentido, de modo que sejam contextualizados com o cotidiano do aluno. Considerando essa perspectiva, esta pesquisa é o relato de uma experiência didática de aplicação de uma unidade de ensino para trabalhar conteúdos de Física no Ensino Médio através da abordagem do funcionamento da Bobina de Tesla e do Gerador de Van der Graff, sob o referencial da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Torna-se evidente a necessidade de aliar educação à inovação, criatividade e modernização na sala de aula, visando atingir uma geração cada vez mais informatizada e tecnológica, no qual percebemos cada vez mais a necessidade de capturar a atenção e interesse estudantil por meio da substituição dos antigos modelos obsoletos de aulas tradicionais por práticas pedagógicas que gerem maior engajamento discente. Desse modo, inserimos o uso do celular como ferramenta pedagógica quando realizamos as experimentações com a Bobina de Tesla e o Gerador de Van der Graff, possibilitando que os estudantes fizessem filmagens dos fenômenos físicos. Ressalta-se, ainda, especificamente no experimento com a Bobina de Tesla (Figura 3.1), o uso do celular foi primordial para tocar as músicas.

Figura 3.1 – Atividade experimental com a Bobina de Tesla.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

As implicações pedagógicas da Teoria de Ausubel, no processo de ensino e aprendizagem, são válidas também para o ensino experimental.

Partindo do pressuposto que todo conteúdo, seja ele das Ciências Exatas, das Ciências Humanas ou Biológicas, é passível de ser ensinado e aprendido, por meio de diversas metodologias pedagógicas, desde que estas propiciem interações sociais que envolvam processos cognitivos. Ressaltamos aqui a relevância da realização das atividades experimentais a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Segundo Moreira (2011), existem basicamente três tipos de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. A Psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por treino e prática. A Afetiva consiste nos sinais internos do indivíduo (prazer, dor, satisfação, descontentamento, ansiedade etc.). Por fim, a Cognitiva é o armazenamento organizado de informações na mente de quem aprende (estrutura cognitiva).

A teoria de Ausubel diz respeito a Aprendizagem Cognitiva, sem descartar a importância das demais teorias, partindo do princípio de que existe uma estrutura cognitiva em constante mutação, de modo que a aprendizagem é a organização e a integração de informações na estrutura cognitiva do aluno. A estrutura cognitiva, segundo o autor, deve ser entendida como o conteúdo total de ideias de certo indivíduo e a forma como estão organizadas.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), o uso da experimentação deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do aluno, no qual este deverá desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de assegurar que ele construirá outras habilidades, tais como interagir, questionar e investigar. Ainda, segundo estes Parâmetros, não se pode ignorar que o aluno, apesar de apresentar algum conhecimento prévio, nem sempre consegue assimilar corretamente os conceitos científicos. É preciso reconhecer que a forma com que o aluno constrói suas articulações deve ser respeitada, pois é através dela que ele vai construir um conhecimento mais amplo. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997):

Os desafios para experimentar ampliam-se quando se solicita aos alunos que construam o experimento. As exigências quanto à atuação do professor, nesse caso, são maiores que nas situações precedentes: discute com os alunos a definição do problema, conversa com a classe sobre materiais necessários e como atuar para testar as suposições levantadas, os modos de coletar e relacionar os resultados. (BRASIL, 1997, p.123).

Batista (2009) ressalta a atuação do professor como orientador e mediador dessas atividades experimentais, nas quais ele deve fazer surgir dos alunos a problematização dos conteúdos, motivando, observando o comportamento deles, orientando, sempre que for possível e necessário, salientando aspectos que tenham passado despercebidos por eles e que tenham importância para o desenvolvimento das atividades. Seguindo desse contexto, Batista (2009) afirma:

A experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do aluno assuma várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas (BATISTA, 2009, p.18).

Acerca da preparação do ambiente escolar para a aplicação dos experimentos em questão, objetivamos trabalhar os conhecimentos básicos em Eletrostática, como o Gerador de Van Der Graaff (Figuras 3.2 e 3.3), de maneira dinâmica e entusiástica. O intuito durante a elaboração deste material foi levar a cada encontro uma descoberta de novos conhecimentos elétricos e, ao mesmo tempo, deixar o estudante instigado para o próximo encontro da aula de física, de modo que ele fique com vontade de saber o que acontecerá no próximo encontro. Esperamos que o professor utilize o material como um objeto norteador em suas atividades e que possa estender a proposta para outros tópicos da Física.

Figura 3.2 – Atividade experimental com o Gerador de Van Der Graaff.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A ausência de aulas em laboratórios e experimentos de demonstração em sala de aula são fatos que ocorrem na maioria das escolas, mas concordamos com Borges (2002) quando diz que para a realização de uma atividade prática não há necessidade de um ambiente próprio, podendo ser desenvolvida em qualquer sala de aula, especialmente as idealizadas com materiais simples, de baixo custo.

Para a aplicação deste produto educacional não é necessário um espaço específico ou sofisticado. Ele pode ser realizado em diversos locais do ambiente escolar, desde que tenha mesas ou bancadas, iluminação, pelo menos uma saída de água (torneira) por perto e uma lixeira para descartar os resíduos de materiais. Um quadro de giz ou uma lousa branca pode ser útil para auxiliar o professor durante a aula prática, para que ele possa trazer informações adicionais ou conduzir os alunos em suas anotações. É importante, ainda, se atentar a adequação climática do ambiente onde se realizarão as experiências, já que a incidência de vento ou corrente de ar seja a menor possível, de preferência nenhuma, pois a maioria dos experimentos e práticas requer um equilíbrio estático e são realizados com materiais muito leves.

Um dos desafios encontrados na execução desse produto, foi a construção do Gerador de Van der Graaff (Figuras 3.2 e 3.3). Foram necessários vários dias para construir o aparelho e que funcionasse de maneira adequada.

Figura 3.3 – Atividade experimental o Gerador de Van Der Graaff.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

4 ESTUDO DO ELETROMAGNETISMO

O estudo do eletromagnetismo nos remete ao entendimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, que culminam nas Equações de Maxwell. Neste capítulo, analisaremos alguns conceitos físicos a fim de entendermos o funcionamento do Gerador de Van De Graaff e da Bobina de Tesla.

4.1 Carga Elétrica

A Ciência intitulada Física ainda é para muitos estudantes uma disciplina abstrata. O entendimento cronológico e racional dessa Ciência pode facilitar a compreensão e a relevância para a sociedade.

As primeiras evidências e explicações que nós temos para os fenômenos elétricos datam antes de Cristo. Tales de Mileto (624 a.C. – 546 a.C.), um dos pensadores da antiga Grécia, afirmou que ao esfregarmos o âmbar em pele de carneiro, materiais como palha ou penas eram atraídas para o vegetal fóssil. (BARRETO, XAVIER, 2013) Podemos observar que o fenômeno da atração encanta as pessoas desde os tempos mais longínquos. Esse fenômeno foi explicado, na época, afirmando que a matéria teria uma alma e que estaria sedenta de vontade.

Muito tempo se passou desde que as ideias de Tales foram declaradas. Foi então que o médico italiano Girolamo Cardano (1501-1576) escreveu de forma mais concisa um dos primeiros textos sobre os fenômenos elétricos e magnéticos como resultantes de processos distintos; mas a maior pesquisa apresentada foi a obra *De Magnete*, do médico inglês William Gilbert (1544-1603). (BARRETO, XAVIER, 2013, p. 11)

Foi através da invenção da primeira máquina eletrostática que a eletricidade começou a se disseminar. Otto Von Guericke (1602-1681) foi o inventor dessa máquina, que era capaz de gerar carga elétrica. Seu experimento é descrito da seguinte forma: “A máquina de Guericke era constituída de uma esfera revestida de enxofre presa a uma manivela. Quando a esfera era colocada em rotação e atritada com as mãos, esse artefato produzia faíscas” (BARRETO, XAVIER, 2013, p. 11).

Com a popularização da eletricidade, a máquina eletrostática de Guericke foi modificada pelo cientista e inventor Francis Hauksbee (1670-1713). Nessa versão, foi

introduzido ao mecanismo uma bola de vidro que se move rapidamente através de um sistema de manivela e, além disso, uma pequena quantidade de Mercúrio foi adicionada, criando um vácuo capaz de gerar um brilho (faíscas) que é visível ao colocar as mãos. (BARRETO, XAVIER, 2013, p. 11)

Outro cientista que merece destaque nessa trajetória, foi o inglês Stephen Gray (1666 – 1736), que foi o responsável por enunciar que “a propriedade de atrair ou repelir poderia ser transferida de um corpo para outro por meio do contato” (HELOU; GUALTER; NEWTON, 2005, p. 9). Antes da descoberta de Stephen Gray, acreditava-se que o fenômeno só era possível através do atrito.

Uma teoria primordial na evolução da eletricidade é o fluido elétrico, proposto por Benjamin Franklin no Século XVIII. Essa teoria nos diz que:

Em 1747, Benjamin Franklin (1706-1790) propôs a ideia de um único tipo de eletricidade, formada por um fluido elétrico, o fogo elétrico, que também poderia passar de um corpo para outro. Para ele, a eletrização de um corpo ocorria pela falta ou pelo excesso de fluido: o excesso daria ao corpo a propriedade da eletricidade vítrea; e a falta causaria a eletricidade resinosa. Franklin adotou pela primeira vez os sinais (+) e (-) para representar o ganho e a perda do fogo elétrico (BARRETO, XAVIER, 2013, p. 13).

Mas a ideia de um fluido único não era aceita por todos os cientistas, pois não explicava alguns fenômenos, como a repulsão entre corpos de carga negativa.

Nesses poucos cientistas que citamos, podemos observar a evolução da Física com o passar do tempo. E hoje percebemos como o conteúdo ministrado em salas de aula do Ensino Médio, mesmo transmitido de forma sintetizada pelo docente, parece se apresentar distante da realidade de muitos alunos, o que limita, portanto, o interesse dos mesmos pela disciplina. As noções iniciais do conteúdo em questão (a eletrostática) se devem a origem da carga elétrica.

Outro conceito relevante de análise são os materiais denominados condutores e isolantes. Os materiais condutores são responsáveis por facilitar a movimentação de elétrons no seu interior. Essa movimentação acontece porque em sua estrutura atômica os elétrons estão livres do seu núcleo, podendo assim se movimentar, diferente dos materiais isolantes que estão fortemente ligados ao seu núcleo e a quantidade de elétrons presentes na última camada é pequena. Através desses dois tipos de materiais, foi possível a elaboração de circuitos elétricos cada vez mais avançados. Sobre a estrutura atômica desses materiais, Halliday nos afirma que:

Quando átomos de um condutor como o cobre se juntam para formar o sólido, alguns dos seus elétrons mais externos (e, portanto, mantidos menos presos) deixam de ficar presos aos átomos individuais, passando a ficar livres para se locomoverem no interior do sólido, deixando para trás átomos carregados positivamente (*íons positivos*). Chamamos os elétrons com mobilidade de *elétrons de condução*. Existem poucos (quando existem) elétrons livres em um não-condutor. (HALLIDAY, 2003, p.3)

Após esse contato com as ideias do dimensionamento das cargas elétricas, uma nova grandeza física surge para explicar as teorias encontradas. Trata-se da força elétrica e do campo elétrico.

4.2 Força Elétrica

De acordo com as Leis de Newton, sabemos que força é uma grandeza física responsável pela mudança do estado de inércia de um corpo. A força elétrica é uma das quatro forças fundamentais da natureza e seus fenômenos (atração e repulsão) são observados na presença de uma carga elétrica sob efeito de um campo elétrico.

A física experimental nos comprova como um mesmo instrumento de medida pode ser capaz de estabelecer novos conceitos através de distintos cientistas. O instrumento em questão é denominado balança de torção. Segundo Barreto e Xavier, (2013), o estudo da eletrostática estava em ascensão no Século XVIII. As pesquisas realizadas por Joseph Priestley (1733-1804), Charles Augustin Coulomb (1736-1806) e Henry Cavendish (1731-1810) tinham como base o uso da balança de torção em suas análises. Cada um contribuiu de forma significativa para o avanço da Ciência, mas quem destacou foi o físico Charles Augustin Coulomb. (BARRETO, XAVIER, 2013)

Segundo Ramalho et al. (1999, p. 43), Coulomb “realizou os primeiros estudos quantitativos sobre as ações entre corpos eletricamente carregados. Utilizando uma balança de torção, Coulomb conseguiu estabelecer a lei que leva seu nome”.

Depois de realizar vários experimentos, Coulomb concluiu que a intensidade da força depende da distância entre as cargas elétricas e o valor das cargas. Pela lei da ação e reação, as forças que atuam sobre ambas as cargas são de mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. De modo a aprofundar no entendimento dessa grandeza, GUALTER enuncia a Lei de Coulomb da seguinte forma:

As forças de interação entre duas partículas eletrizadas possuem intensidades iguais e são sempre dirigidas segundo o segmento de reta que as une. Suas intensidades são diretamente proporcionais ao módulo do produto das cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre as partículas. (GUALTER e col., 2005, p. 23).

A expressão matemática da Lei de Coulomb pode ser enunciada da seguinte forma:

$$F = k \cdot |Q1| \cdot Q2 \cdot \frac{1}{d^2} \quad (1)$$

onde k é a Constante Eletrostática, Q1 e Q2 as cargas elétricas e d é a distância entre as duas cargas elétricas.

Essa relação (Equação 1) nos permite observar que a intensidade da força elétrica aumenta para valores de cargas maiores e diminui com o aumento da distância. Assim, se a distância entre duas cargas é dobrada, a intensidade da força elétrica é reduzida à quarta parte em relação à posição original. No vácuo, a Constante Eletrostática k possui um valor de $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.

Outro nome importante na construção dessa teoria foi o filósofo alemão Franz Aepinus (1724-1802). Ele também utilizou a balança de torção e aplicou a matemática em sua pesquisa. De acordo com BARRETO e XAVIER, Franz Aepinus:

(..) elaborou uma abordagem matemática para as forças elétricas, desenvolvendo o que se pode considerar a primeira ideia de ação à distância em lugar do fluido elétrico. No final desse século, ele utilizou uma balança de torção para medir a relação das forças de atração e repulsão com a distância entre corpos. O uso desse instrumento, tanto nos experimentos de fenômenos magnéticos levados a cabo pelo reverendo John Michell (1724-1793) quanto nos experimentos elétricos realizados por Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), marca o início dos trabalhos quantitativos em relação a esses fenômenos. (BARRETO, XAVIER, 2013, p. 13).

De acordo com Halliday (2003), a Lei de Coulomb manteve-se intacta a todos as verificações experimentais, e se aplica até mesmo em questões subatômicas. No interior do átomo, ela descreve corretamente a força entre núcleo eletrizado positivamente e cada um dos átomos eletrizados negativamente. Devido a motivos históricos, a Lei de Coulomb pode ser escrita de outra forma:

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot |Q1| \cdot Q2 \cdot \frac{1}{d^2} \quad (2)$$

onde ϵ representa a Constante de Permissividade do vácuo e d corresponde a distância entre as duas cargas elétricas.

4.3 Campo Elétrico

Um dos conceitos expressivos em Física é o que denominamos *campo*. O campo elétrico, como entendemos, é definido como uma região limitada do espaço, modificada eletricamente, que é formado através de uma carga elétrica. A existência desse campo é comprovada através de uma carga de prova, resultando na interação entre as cargas elétricas, que podem ser de atração ou de repulsão. (BARRETO, XAVIER, 2013)

Nas palavras de Ramalho et al. (1999, p. 43), “o campo elétrico desempenha o papel de transmissor de interações entre cargas elétricas”. Quando duas cargas positivas são colocadas próximas uma da outra, o campo elétrico é de afastamento, gerando uma região entre as duas cargas, livre de campo elétrico. O mesmo ocorre para cargas negativas, com a diferença de o campo elétrico ser de aproximação.

De acordo com Halliday et al. (2003, p. 16), “o campo elétrico é um campo vetorial; ele é formado por uma distribuição de vetores, um para cada ponto da região ao redor de um objeto carregado [...]”. Um exemplo de interação acontece quando aproximamos o braço na tela de uma televisão recém-desligada e os pelos ficam arrepiados.

De acordo com Halliday et al. (2003), a Lei de Coulomb governa as ideias da eletrostática, mas não define de forma simples problemas envolvendo simetria. Foi então que surgiu uma lei para resolvermos certas questões de simetria especial. Estamos falando da Lei de Gauss. Essa lei relaciona campos elétricos em pontos sobre uma superfície gaussiana, ou seja, fechada, com a carga resultante envolta por essa superfície.

Com a ferramenta definida, podemos dizer que o fluxo do campo elétrico em uma superfície gaussiana é obtido fazendo as áreas dos quadrados se tornarem cada vez menores, aproximando-se de um limite diferencial dA . Em linhas gerais, temos para o fluxo elétrico:

$$\phi = \oint E \cdot dA \quad (3)$$

onde ϕ representa o fluxo resultante do campo elétrico.

4.4 Potencial Elétrico

No que tange os fenômenos que ocorrem em campos elétricos, surge uma nova grandeza física, que recebe o nome de Potencial Elétrico. Segundo Halliday et al. (2003, p.58),

“o potencial elétrico é uma propriedade de um campo elétrico”, ou seja, ele caracteriza qualquer ponto do espaço dentro de um campo elétrico. Essa grandeza mede a capacidade que um corpo eletrizado tem para realizar trabalho associado ao campo em si, independentemente do valor da carga q colocada num ponto desse campo.

Para obter o potencial elétrico de um ponto qualquer, coloca-se nele uma carga de prova q e mede-se a energia potencial adquirida por ela. Essa energia potencial é proporcional ao valor de q . Portanto, o quociente entre a energia potencial e a carga é constante. Esse quociente chama-se Potencial Elétrico do ponto. Para calcular o potencial elétrico devido a uma carga puntiforme temos: (RAMALHO, 1999)

$$V = K \cdot \frac{Q}{d} \quad (4)$$

Em um estudo mais detalhado dessa grandeza física, podemos inferir que a força eletrostática é uma força conservativa. Segundo Halliday, “assim, quando essa força atua dentro de um sistema de duas ou mais partículas carregadas, podemos atribuir uma Energia Potencial Elétrica U ao sistema” (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003, p.57). Ao mudar a configuração inicial do sistema, essa força realiza um trabalho W que, de acordo com a equação:

$$\Delta U = -W \quad (5)$$

resulta na variação da energia potencial do sistema, definida por:

$$\Delta U = U_f - U_i = -W \quad (6)$$

onde ΔU representa a variação resultante da Energia Potencial do Sistema e W o trabalho realizado sobre as partículas. O potencial elétrico em um ponto é definido por:

$$V = \frac{-W_\infty}{q} \quad (7)$$

onde V é o potencial elétrico e W_∞ o trabalho realizado pelo campo elétrico sobre uma partícula carregada quando esta se move do infinito até um ponto definido.

4.5 Corrente Elétrica

A corrente elétrica corresponde ao movimento ordenado de cargas no interior de um condutor, através de uma diferença de potencial. (BARRETO, XAVIER, 2013)

Uma análise microscópica permite entendermos melhor essa grandeza física. Segundo Halliday et al. (2003), uma seção de um condutor é atravessada por uma carga dq no intervalo dt , estabelecendo a corrente elétrica da seguinte forma:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (8)$$

onde i é a corrente elétrica, ΔQ a variação de carga elétrica e Δt o intervalo de tempo. Na Equação 08, “ dq é a quantidade de carga (positiva) que passa no tempo dt por uma superfície hipotética que atravessa completamente o condutor” (Halliday, 2003, p.110).

De acordo com Halliday et al. (2003), em algumas ocasiões, é necessário adotarmos um fluxo de carga através da seção transversal do condutor. Descrevemos esse fluxo por meio de uma Densidade da Corrente \mathbf{J} , que possui a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade das cargas em movimento se elas forem positivas, e sentido contrário se elas forem negativas. De acordo com Halliday, “podemos escrever a quantidade de corrente que atravessa o elemento como $\mathbf{J} \cdot d\mathbf{A}$, onde $d\mathbf{A}$ é o vetor área do elemento, perpendicular ao elemento” (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003, p.100). Nesse caso, a corrente elétrica total através da superfície é dada por:

$$i = \int j \cdot dA \quad (9)$$

4.6 Diferença de Potencial

A diferença de potencial (d.d.p.) é conceituada como sendo o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto para outro, quando imersa em um campo elétrico. Segundo Halliday et al. (2003, p. 58), “a diferença de potencial entre dois pontos é igual a menos o trabalho realizado pela força eletrostática para mover uma carga unitária de um ponto para outro”. A diferença de potencial elétrico ΔV entre dois pontos quaisquer em um campo elétrico é igual à diferença de energia potencial por unidade de carga entre dois pontos:

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f}{q} - \frac{U_i}{q} = \frac{\Delta U}{q} \quad (10)$$

onde ΔV representa a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer dentro de um campo e ΔU representa a diferença de energia potencial.

Substituindo a Equação 5 na Equação 10, podemos definir a diferença de potencial entre os pontos i e f como:

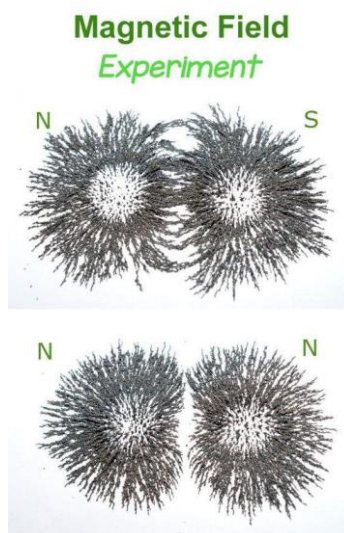
$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{-W}{q} \quad (11)$$

4.7 Campo Magnético

O campo magnético é um espaço no qual corpos magnetizados sofrem interferência de forças. Ele é representado por linhas e é uma grandeza vetorial. O campo magnético advém dos ímãs naturais encontrados em uma região da antiga Grécia antes do Cristianismo. Atualmente, sabemos que todo campo magnético, por convenção, é dividido em dois polos: Polo Norte e Polo Sul, o que é conhecido como ligação dipolo e não pode ser quebrada. (BARRETO, XAVIER, 2013)

As linhas de força foram uma descoberta que intensificou o desenvolvimento do eletromagnetismo. Esse conceito foi elaborado por Michael Faraday (1791-1867), através de experimentos realizados com limalha de ferro no qual observava a formação das linhas dispostas em uma folha de papel. (BARRETO, XAVIER, 2013). Essas linhas evidenciam a forma do campo magnético assim como as regiões de maior intensidade, conforme ilustrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Campo Magnético.

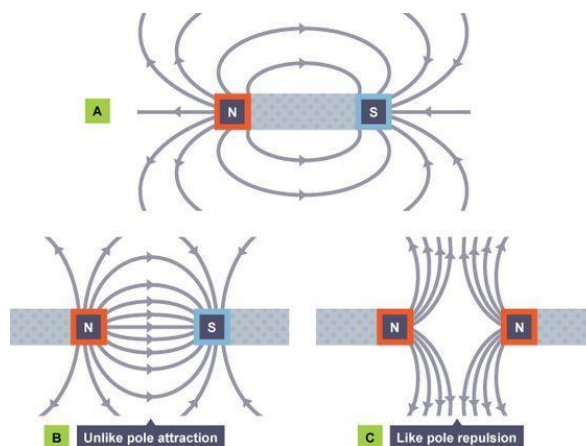


Fonte: rookieparenting.com (2023).

Devido às linhas de campo, ao aproximar dois polos iguais, eles se repelem. Ao aproximar polos diferentes, eles se atraem. O campo magnético é representado com linhas, para facilitar seu estudo. De acordo com a Figura 4.2, essas linhas, por convenção, seguem uma

direção: saem do polo norte e entram no polo sul. Cada ponto que constrói essa linha possui um módulo, uma direção e um sentido. Essas linhas não se cruzam. (PREPARA ENEM, 2023)

Figura 4.2 – Linhas de Campo Magnético.



Fonte: BBC Brasil.com, 2023.

De acordo com a Equação 12, é possível perceber que o campo magnético é diretamente proporcional à corrente elétrica e é inversamente proporcional à distância do condutor. Segundo Halliday et al, “a contribuição dB para o campo produzido por um elemento de corrente-comprimento $i dS$ em um ponto P, a uma distância r do elemento de corrente” pode ser determinada pela equação, conhecida como Lei de Biot-Savart: (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003, p.176)

$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{idSxr}{r^3} \quad (12)$$

onde dB é a intensidade do campo magnético em um ponto determinado, μ a Constante de Permeabilidade Magnética, i a corrente elétrica, ds o elemento de comprimento, \mathbf{r} um vetor que aponta do elemento para o ponto analisado e r a distância do fio condutor até o ponto que está sendo analisado.

De acordo com Halliday et al. (2003), existem duas possibilidades de se criar um campo magnético, a saber: i) Através do movimento de partículas eletrizadas, como por exemplo a corrente elétrica nos fios e nas partículas elementares (elétrons), que possuem um campo magnético específico ao seu redor; ii) ou, fazendo um campo magnético variar.

De acordo com a Lei da Indução de Faraday, “se o fluxo magnético ϕ_B através de uma área limitada por uma espira condutora fechada varie com o tempo, uma corrente e uma fem são produzidas na espira” (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003, p.204).

A indução eletromagnética é o fenômeno que origina a produção de uma força eletromotriz (f.e.m. ou tensão) num meio ou corpo exposto a um campo magnético variável. Segundo Halliday et al. (2003, p.186), “a intensidade da fem ε induzida em uma espira condutora é igual à taxa na qual o fluxo magnético ϕ através dessa espira varia com o tempo.” Essa fem induzida tende a ser oposta à variação do fluxo. Desse modo, a Lei de Faraday é descrita:

$$\varepsilon = \frac{-d\phi B}{dt} \quad (13)$$

Para uma bobina compacta de N voltas, a f.e.m. induzida é dada por:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi B}{dt} \quad (14)$$

4.8 Força Magnética

A força magnética é um tipo de força entre objetos ferromagnéticos, que atua mesmo que não estejam em contato, tal como a força gravitacional e a força elétrica. Constata-se experimentalmente que, quando uma partícula carregada se move através de um campo magnético, uma força devida ao campo pode atuar sobre a partícula. Pode ser atrativa ou repulsiva, o que fez com que fosse confundida com a força elétrica anteriormente a 1600. A força que atua sobre uma partícula carregada e que se move com velocidade v através de um campo magnético B é sempre perpendicular à velocidade e ao campo magnético. (HELERBROCK, 2020).

Podemos resumir todos os resultados entendidos experimentalmente com a seguinte equação vetorial:

$$\mathbf{F}_b = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (15)$$

onde F_b é a força magnética, q a carga elétrica, v a velocidade e B o Campo Magnético.

O valor da força magnética senoidal pode ser encontrado por meio da equação:

$$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen}\theta \quad (16)$$

onde F_m é a força magnética, B o Campo Magnético, v a velocidade da partícula e θ o ângulo formado entre os vetores campo magnético e a velocidade.

Para concluirmos essas noções de eletromagnetismo, é importante ressaltarmos as equações que descrevem todos esses fenômenos citados: as Equações de Maxwell (Tabela 1).

Através das pesquisas desenvolvidas por Michael Faraday, Maxwell se baseou nelas e unificou, em 1864, todos os fenômenos elétricos e magnéticos observáveis em um trabalho que estabeleceu ligações entre as várias teorias da época, derivando uma das teorias mais primorosas da Ciência. (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003)

Segundo Halliday et al, “essas quatro equações explicam uma infinidade de fenômenos, desde a razão por que uma agulha de bússola aponta para o norte até por que um carro dá partida quando giramos a chave de ignição”. Desse modo, salientamos que as Equações de Maxwell são representações matemáticas e, mesmo que possam ser completamente diferentes umas das outras, descrevem basicamente os mesmos fenômenos físicos. (HALLIDAY, WALKER, RESNICK; 2003, p.228)

Tabela 4.1 – As Equações de Maxwell.

Lei de Gauss para a eletricidade	$\oint_E \vec{d} \rightarrow = \frac{q_{env}}{E_0}$	Relaciona o fluxo elétrico às cargas elétricas envolvidas
Lei de Gauss para o magnetismo	$\oint_B \vec{d} \rightarrow = 0$	Relaciona o fluxo magnético às cargas magnéticas envolvidas
Lei de Faraday	$\oint_E \vec{d} \rightarrow = \frac{d\Phi_s}{dt}$	Relaciona o campo elétrico induzido à variação do fluxo magnético
Lei de Ampère-Maxwell	$\oint_E \vec{d} \rightarrow = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_s}{dt} + \mu_0 i_{env}$	Relaciona o campo magnético induzido à variação do fluxo elétrico à corrente

Fonte: Halliday et al (2003).

4.9 Semicondutores

Nós já entendemos as características dos materiais condutores e isolantes e como é fundamental a sua existência no entendimento do movimento das cargas elétricas. Vamos analisar agora o que entendemos por materiais semicondutores.

De acordo com Halliday et al (2003), os materiais semicondutores evoluíram de forma significativa a microeletrônica, abrindo caminho para desenvolvimento da informação. De modo geral, o interessante desses materiais é que com eles podemos controlar o seu nível de resistividade através de um processo denominado dopagem.

“Um semicondutor é como um isolante, *exceto* pelo fato de que a energia necessária para libertar alguns elétrons não é tão grande. Mais importante do que isso, a dopagem pode fornecer elétrons ou portadores de carga positiva que são mantidos muito frouxamente dentro do material e, portanto, são fáceis de serem deslocados.” (HALLIDAY et al, 2003, p. 109)

O Silício e o Germânio são utilizados para a fabricação de componentes eletrônicos como por exemplo, os transistores, diodos semicondutores, microprocessadores, chips, nano circuitos, LEDs, entre outros produtos tecnológicos presentes em praticamente todos os eletroeletrônicos que utilizamos hoje. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2023).

Em especial, o transistor é um dispositivo usado para ampliar ou trocar sinais eletrônicos e potência elétrica, ou seja, ele permite controlar o fluxo de corrente ou o nível de tensão elétrica. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2023) Em nossa atividade experimental, observamos que esse componente é uma peça-chave, pois ele funciona como um interruptor automático (liga-desliga), fazendo o circuito funcionar de forma contínua.

5 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste capítulo, descreveremos os experimentos que foram aplicados no desenvolvimento do Produto Educacional, detalhando os materiais necessários para sua construção e como os equipamentos funcionam levando em consideração os conceitos físicos discutidos anteriormente (Capítulo 3).

5.1 Experimento 01: *GERADOR DE VAN DE GRAAFF*

O experimento da Figura 5.1 foi montado com os materiais apresentados na Tabela 5.1. O passo a passo dessa montagem e suas respectivas imagens estão relacionados na Tabela 3.2 do Apêndice A.

Figura 5.1 – Gerador de Van De Graaff.



Fonte: elaborada pelo autor (2022).

Tabela 5.1 – Materiais utilizados na montagem do Gerador de Van De Graaff.

MATERIAIS UTILIZADOS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
Motor de máquina de costura	unidade	1
Polias	peças	2
Correia para máquina	peça	1
Base de madeira 40x50	unidade	1
Caibros de madeira 15x5x3	cm	30
Cantoneira	peças	9
CAP de PVC 100 mm	peças	2
Tubo de PVC 100 mm	m	1
CAPS de PVC 40 mm	peças	2
Tubo de PVC 40 mm	cm	7
Fita veda rosca	unidade	1
Rolamentos de 3/4	peças	4
Abraçadeiras	unidade	2
Barra rosqueada 3/16"	cm	40
Porquinhas para a barra rosqueada	unidades	12
Arruelas para a barra rosqueada	unidades	2
Pano EVA para correia interna	m	2
Cubo de alumínio	unidade	1
Fio de cobre 2,5mm	m	1
Bacias de alumínio	Peças	2
Fita isolante	unidade	1
Cola instantânea	unidade	1
Chapa de alumínio de 20 x10	peça	1
Parafusos pequenos	peças	30

Fonte: elaborada pelo autor (2022).

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na Tabela 3.2 (Apêndice A) e ilustrações presentes no Apêndice A, o funcionamento do Experimento 1 (o Gerador de Van De Graaff) é explicado nos parágrafos abaixo.

O Gerador de Van De Graaff é capaz de transformar energia mecânica em energia eletrostática. O princípio de funcionamento deste gerador é baseado em três princípios da eletricidade, que são: a eletrização por atrito, a indução eletrostática e o contato. (SANTOS, 2011)

Um motor elétrico, posicionado na base, movimenta uma correia isolante que passa por duas polias: uma na parte inferior e a outra na parte superior do sistema. Através de pontas metálicas, pente inferior (receptor), a correia recebe carga elétrica positiva de um gerador de alta tensão. A seguir, a correia eletrizada positivamente transporta as cargas até o interior da esfera metálica, onde existe um outro conjunto de pontas metálicas, pente superior (coletor) que, devido à alta tensão existente entre as pontas e a correia, são capazes de ionizar o ar atmosférico, antes isolante. Desse modo, são produzidas descargas de elétrons que estavam na cúpula condutora, deixando-a com falta de elétrons, ou seja, positiva. Mesmo no caso de pequenos geradores, é possível atingir, na cúpula de descarga, um potencial eletrostático da ordem de milhares de volts (BASSINI, 2020).

Na realização desse experimento, utilizamos no interior do gerador de Van de Graaff uma correia móvel (EVA) acoplada a um rolete de PVC com teflon (fita veda rosca) e outro rolete superior feito do cubo da roda bicicleta. Quando o motor aciona a roldana de teflon, esta é friccionada pela correia, transferindo cargas negativas para ela. Enquanto o motor continua a acionar a roldana, as cargas negativas se acumulam e induzem cargas positivas na escova de metal de forma afiada (NASCIMENTO, 2011.)

O Campo Elétrico, entre a roldana e a escova, aumenta e o ar em volta da escova se ioniza. As cargas positivas das moléculas de ar são repelidas da escova e transferidas para a superfície da correia. Estas cargas positivas são a seguir transportadas para dentro da cavidade da esfera de metal, que se chama abóbada, e transferidas, a partir da escova de metal de forma afiada, para a abóbada esférica, através da ionização do ar. Este processo permite acumular uma grande quantidade de cargas positivas na superfície da abóbada esférica e o seu potencial aumenta. Com essa carga acumulada na esfera podemos, por exemplo, arrepiar o cabelo de uma pessoa (SILAS, 2011).

De forma didática, podemos nomear e conceituar os itens que fazem parte do experimento da seguinte forma (BASSINI,2020):

- ✓ Cúpula de descarga: É um condutor metálico, aproximadamente esférico, oco, e que está apoiado sobre uma coluna isolante;
- ✓ Correia transportadora de cargas: É uma correia não condutora, contínua, que circula sobre duas polias não condutoras;
- ✓ Base: Trata-se de um sistema de engrenagens capaz de fazer a correia transportadora ficar em movimento. Este sistema pode ser manual (acionado apenas por uma manivela simples) ou elétrico (quando acionado por um motor que fica acoplado às engrenagens de transmissão, localizadas na base do experimento);
- ✓ A correia transportadora: As descargas elétricas que ocorrem nos pentes metálicos (receptor e coletor) produzem gás ozônio, que é muito corrosivo e causam oxidação na correia condutora, favorecendo o seu apodrecimento. Por isso, evita-se usar correias de borracha escura (as que possuem uma substância chamada de “negro de fumo”), que são mais susceptíveis ao processo de oxidação;
- ✓ O processo de ionização do ar entre as duas cúpulas de descarga que estão próximas: a da esquerda, carregada positivamente; e a da direita, apenas neutra, aparece um fluxo intenso de corrente elétrica, pois o ar atmosférico que existe entre elas, antes isolante, torna-se condutor devido à alta voltagem (ionização). Não custa lembrar que ao máximo valor da intensidade do campo elétrico que um isolante suporta, sem se ionizar, dá-se o nome de rigidez dielétrica desse isolante.

Com o Gerador de Van De Graaff, foi possível explorar os seguintes conceitos físicos, conforme discutidos anteriormente no Capítulo 3: i) carga elétrica; ii) processos de eletrização (atrito, contato, indução); iii) diferença de potencial; iv) materiais condutores e isolantes; v) campo elétrico.

5.2 Experimento 02: *BOBINA DE TESLA*

O experimento da Figura 5.2 foi montado com os materiais apresentados na Tabela 5.2. O passo a passo dessa montagem e suas respectivas imagens estão relacionados na Tabela 3.4 do Apêndice A.

Figura 5.2 – Bobina de Tesla.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Tabela 5.2 – Materiais usados na Bobina de Tesla.

MATERIAIS UTILIZADOS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
Bateria de 9 V	unidade	1
Conector para bateria	peça	1
Transistor 2N 2222A	peça	1
Resistor de 22 k Ω	peça	1
Fio de cobre esmaltado 60/40	m	60
Fio de cobre rígido de 1,5 mm	cm	20
Interruptor	unidade	1
Tubo PVC 32 mm	cm	12
Caixa de madeira	unidade	1

Fio 1 mm ou menos	cm	70
Solda à base de estanho e chumbo	g	5
Cola quente	unidade	1

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na Tabela 3.4 e ilustrações presente no Apêndice A, o funcionamento do experimento é explicado nos parágrafos abaixo.

A bobina elétrica nada mais é do que um conjunto de espiras de um mesmo condutor, envoltas em um núcleo geralmente ferromagnético. Como um campo magnético é formado sempre que a corrente elétrica passa por um condutor, as bobinas conhecidas também como indutores ou solenoides conseguem variar esse campo com base na relação das suas espiras. Isso faz com que elas sejam usadas em diversas aplicações como por exemplo, em transformadores, disjuntores, contadores e como esperado, na Bobina de Tesla (MATTEDE, 2018).

A Bobina de Tesla é um transformador ressonante que em frequências altas consegue produzir valores enormes de tensão. Essa bobina foi inventada em meados de 1890 pelo famoso e renomado físico Croata Nikola Tesla. A intenção era fazer um sistema de transmissão de energia para longas distâncias, sem usar fios e cabos elétricos. Além disso, Nikola Tesla fazia experimentos com esta bobina em equipamentos de geração de Raios-X, Fosforescência, Eletroterapia e Iluminação. Também pensou em usar o método da Bobina de Tesla para comunicação sem fios, mas a relação sinal/ruído era muito alta e não valia a pena (PEREIRA, 2020).

A construção da Bobina de Tesla não é muito complexa, mas exige um certo nível de conhecimento em elétrica e eletrônica. De acordo com a Figura 5.3, a ligação destes componentes se inicia pelo interruptor, que é ligado no transformador primário para comandar o acionamento e desligamento. O transformador fica conectado no capacitor de alta tensão, que, por sua vez, está conectado ao centelhador. É importante saber que todas essas ligações são feitas em série. O centelhador também é ligado em série com a bobina primária do segundo transformador, que deve ter poucas espiras e pode ser feita de fio rígido grosso. A bobina primária deve ter uma circunferência consideravelmente grande para poder acomodar a bobina

secundária em seu interior. A bobina secundária deve ter várias espiras, envoltas em um tubo de material isolante, e pode ser feita com fio flexível fino. (MATTEDE, 2018)

Uma ponta da bobina secundária deve ser aterrada e a outra ponta deve ser conectada a um terminal feito de um material condutor, que deve estar ligado em paralelo à bobina secundária. De acordo com a sua construção, o funcionamento da Bobina de Tesla é bem intuitivo. O transformador primário ao receber uma fonte de tensão consegue elevar para um alto valor, na faixa de 20 vezes maior do que estava.

O capacitor de alta tensão ou o banco de capacitores recebe tensão. Esse mesmo capacitor recebe e carrega essa tensão até que ela se eleve no centelhador ao ponto de romper a rigidez dielétrica do ar. Quando isso acontece, um “pico” muito alto da corrente elétrica consegue atravessar e chegar até a bobina primária do segundo transformador, gerando um campo magnético variável. (MATTEDE, 2018)

Este campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina secundária que, devido ao seu grande número de espiras, eleva a tensão para um valor próximo dos 100 mil Volts ou mais. A alta tensão e a baixa corrente ficam no terminal, e se ao aproximar uma lâmpada do terminal, ela poderá acender. (MATTEDE, 2018)

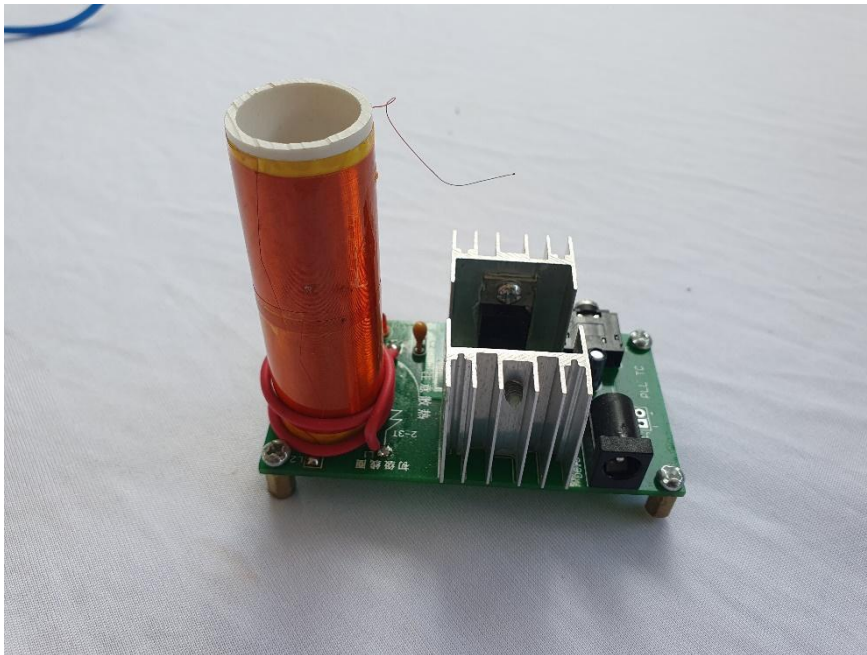
Com a Bobina de Tesla, foi possível explorar os seguintes conceitos físicos, conforme discutidos anteriormente no Capítulo 4: i) força elétrica; ii) campo elétrico; iii) potencial elétrico; iv) corrente elétrica; vi) transformador ressonante.

5.3 Experimento 03: *BOBINA DE TESLA MUSICAL*

O experimento da Figura 5.3 foi montado com os materiais apresentados na Tabela 5.3 e, também, na Figura 5.4. O passo a passo dessa montagem e suas respectivas imagens estão relacionados na Tabela 3.6 do Apêndice A.

O experimento em questão foi adquirido através de uma compra pela internet (Mercado Livre) e ele vem todo desmontado, mas é bastante intuitivo a sua montagem. A placa PCB (Figura 5.5) está na língua Chinesa, mas ela vem com todas as marcações necessárias.

Figura 5.3: Bobina de Tesla Musical.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

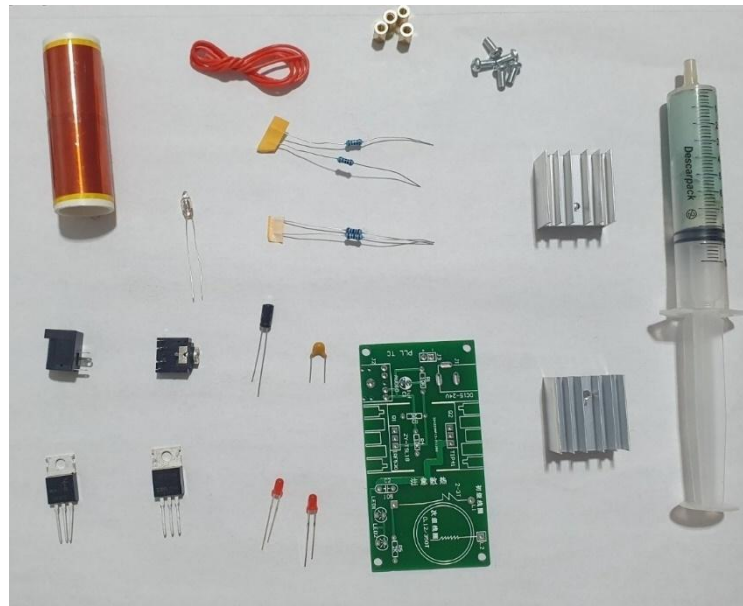
Tabela 5.3: Materiais usados na Experiência 3 - Bobina de Tesla Musical.

MATERIAIS UTILIZADOS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
placa PCB	peça	1
Bobina	peça	1
Fio	cm	20
pino de entrada de energia	peça	1
pino p2 para entrada de música	peça	1
Transistores	unidades	2
parafusos/pino	unidades	4
capacitor eletrolítico	peça	1
capacitor cerâmico	peça	1
LEDS	unidades	2
resistores de 2 K Ω	unidades	2
resistores de 10 K Ω	unidades	2
Dissipadores	unidades	2
led para teste	unidades	15

cabo de fonte	peça	1
Pasta térmica de 20 g	unidades	2
Solda à base de estanho e chumbo	g	5

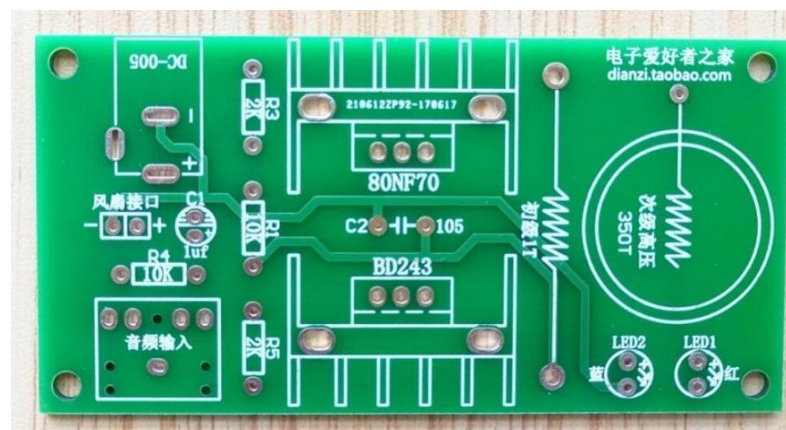
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 5.4 – Materiais utilizados na Bobina Musical.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 5.5 – Placa PCB.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 5.6 – Bobina de Tesla Musical.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na Tabela 3.6 e ilustrações presentes no Apêndice A, o funcionamento do experimento já devidamente montado (Figura 5.6) é explicado nos parágrafos abaixo.

A estrutura desse experimento consiste basicamente no mesmo modelo citado anteriormente, mas com um sistema mais elaborado, pois é possível observamos que temos um transformador primário acoplado a um centelhador, o qual está associado em paralelo com um capacitor e uma bobina primária de um segundo transformador - ligados em série entre si. Uma vez que o capacitor esteja carregado, a tensão se eleva, fazendo uma corrente elétrica percorrer a bobina primária, gerando um campo magnético variável (transistores) que, por sua vez, irá induzir uma nova corrente em uma bobina secundária (CHIQUITO e LANCIOTTI JR., 2000).

A configuração da estrutura funcional do experimento, citado no parágrafo anterior, é capaz de transformar tensões de rede 127 V, por exemplo, em tensões elevadíssimas, da ordem de milhões de volts. Uma vez elevada, a alta tensão elétrica em relação ao ar, também conhecida como diferença de potencial, é suficientemente grande para romper a chamada rigidez dielétrica do ar, tornando o ar um condutor e, assim, produzindo um arco elétrico (HELERBROCK, 2020).

Então, ao serem gerados, os arcos elétricos emitem uma certa frequência audível, ou seja, o som. Através dos mecanismos de programação, foi possível através de códigos ajustar as frequências até que elas oscilassem na mesma frequência de uma nota musical (MARUCCO, 2019).

Com a Bobina de Tesla Musical, foi possível explorar os seguintes conceitos físicos, conforme discutidos anteriormente no Capítulo 3: i) força elétrica; ii) campo elétrico; iii) potencial elétrico; iv) corrente elétrica; vi) transformador ressonante; vii) calor; viii) ondas.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

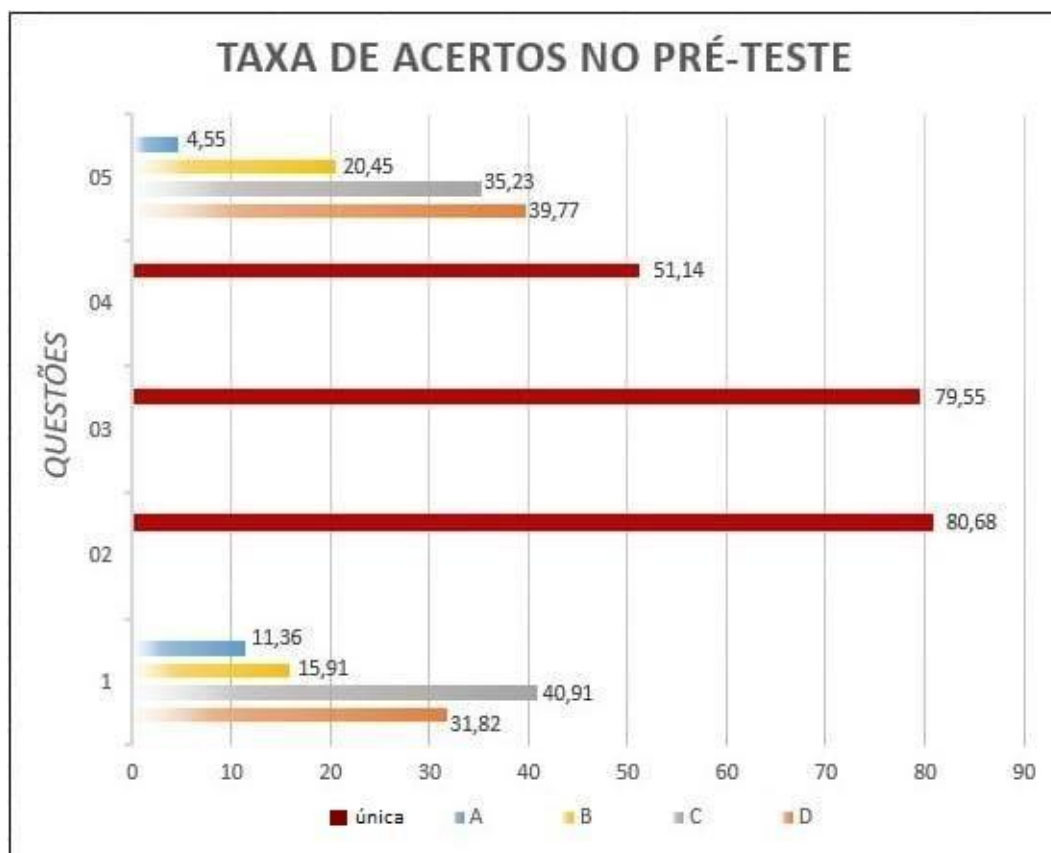
A metodologia de aprendizagem utilizada neste projeto foi a ativa, centralizado na figura do aluno, que é incentivado a assumir o controle da busca por mais conhecimento. Para isso, utilizaremos diversos formatos de conteúdo como: pré-teste, aula expositiva contextualizando a utilização dos equipamentos, os experimentos (Gerador de Van De Graaff e Bobina de Tesla) e atividade avaliativa.

Para, de alguma forma, avaliar a eficácia ou não das atividades desenvolvidas no processo ensino aprendizagem de conceitos físicos via a experimentação, foram aplicados quatro questionários, que estão localizados nos Apêndices B, C, D e E.

Os questionários propostos foram desenvolvidos a partir de perguntas objetivas e subjetivas acerca das aulas de Física, sendo que o primeiro teste foi aplicado antes da experimentação, o segundo durante a apresentação dos experimentos, o terceiro após a apresentação e o quarto questionário foi aplicado ao final da execução completa do projeto. Em outras palavras, a sequência estabelecida na aplicação dos questionários foi: i) Questionário Pré-Teste de conhecimentos prévios dos estudantes (Apêndice B); ii) Questionário aplicado durante a aula (Apêndice C); iii) Questionário Pós-Atividade (Apêndice D); iv) Questionário de consulta subjetiva acerca da vivência da Física e sua aplicabilidade no cotidiano (Apêndice E).

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos e mensurar o grau de conhecimento e/ou contato com a disciplina de Física, iniciou-se a pesquisa com a aplicação de um questionário (Questionário Pré-Teste; Apêndice B). Os resultados assim obtidos estão apresentados no Gráfico 6.1.

Gráfico 6.1 – Resultados obtidos com a aplicação do Questionário Pré-Teste.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os resultados apresentados no Gráfico 6.1 estão relacionados à quantidade de acertos que os alunos tiveram no Questionário Pré-Teste. Este questionário foi organizado com 5 perguntas, sendo as questões 1 e 5 discursiva e as questões de 2 a 4 objetivas. As perguntas subjetivas foram classificadas da seguinte forma: A) resposta correta; B) resposta parcialmente correta; C) resposta totalmente errada e D) não responderam. Desse modo, observa-se que na Questão 1, 40,91% (o que representa a maioria) dos alunos responderam de forma errada, o que evidencia uma dificuldade na compreensão dos conceitos estudados previamente, já que o assunto pertinente a esta questão já havia sido abordado anteriormente. Na Questão 5, a maior parte dos alunos (39,77%) não conseguiram responder, ou seja, não tinham a menor noção do assunto tratado. Já nas questões objetivas, observou-se que os estudantes tiveram mais domínio do assunto abordado. Buscamos, assim, enfatizar os conhecimentos consolidados a fim de aplicarmos com maior eficácia na aprendizagem, propiciando maior absorção dos saberes pertinentes à teoria de aprendizagem significativa enquanto conteúdo proposto.

Gráfico 6.2 – Aplicação do Experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

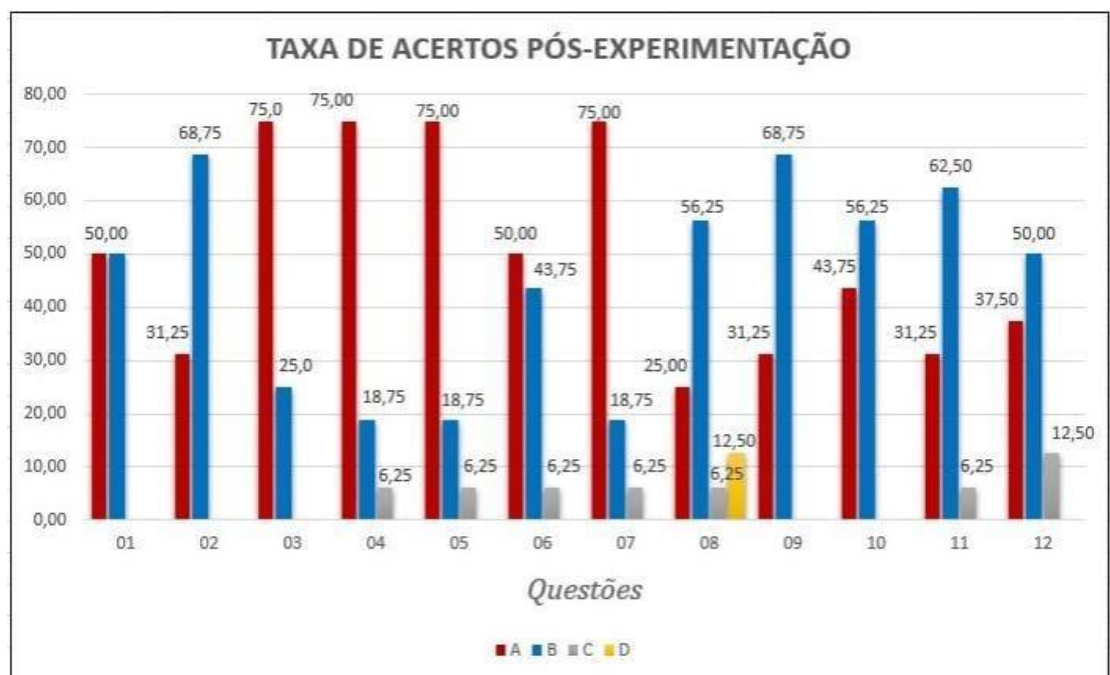
Gráfico 6.3 – Aplicação do Experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Na sequência, colocou-se em prática o Produto Educacional – realização dos experimentos – e o roteiro específico (Apêndice C) com 4 perguntas direcionadas para cada experimento, ao que foi mostrado nas aulas experimentais. As perguntas do roteiro foram classificadas da seguinte forma: A) resposta correta; B) resposta parcialmente correta; C) resposta totalmente errada e D) não responderam. Os resultados assim obtidos estão apresentados nos Gráficos 6.2. e 6.3. Observou-se certa dificuldade dos estudantes em responder de forma concisa os conceitos estudados, pois mesmo após elucidar os conceitos através da vinculação da teoria com a prática, ainda foi possível verificar certa dificuldade em alcançar um resultado satisfatório. É pertinente destacarmos que na Questão 4 do Gráfico 6.2, observamos o melhor índice de desenvolvimento nas atividades propostas. Nessa questão, um dos temas abordados foi justamente o que os alunos mais gostaram: a experiência de “levantar os cabelos”, ou seja, de acordo com o envolvimento prático na atividade, podemos notar a eficiência do método aplicado. Outro ponto de relevância é que o menor índice mostrado no Gráfico 6.2 diz respeito aos estudantes que não conseguiram responder a atividade, o que nos leva a conclusão de que a maioria dos estudantes começaram a ter maior domínio dos temas estudados, a partir de então.

Gráfico 6.4 – Aplicação do Questionário após realização dos experimentos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

No Gráfico 6.4 apresentamos os resultados da aplicação do Questionário Pós-Experimento (Apêndice D). Este questionário foi elaborado com 12 perguntas sobre os temas estudados e foi corrigido seguindo a descrição: A) resposta correta; B) resposta parcialmente correta; C) resposta totalmente errada e D) não responderam. No decorrer das atividades propostas, observou-se a evolução dos estudantes quanto ao envolvimento com os temas estudados. No que tange às estatísticas acerca dos métodos de ensino aprendizagem, os resultados apresentados Gráfico 5.4 nos mostra um expressivo crescimento no índice de acertos de 28,33% em relação ao número de acertos dos resultados apresentados nos Gráficos 6.2. e 6.3. Esse crescimento é perceptível a partir da notável maior participação e envolvimento dos alunos com as atividades práticas propostas. Isto é uma evidência que os alunos se sentem mais motivados quando existe uma proposta de aula mais lúdica, que foge aos padrões pedagógicos do ensino tradicional. O simples fator da mudança de ambiente, quando tiramos os estudantes da sala de aula, conduzindo-os ao laboratório, propicia maior engajamento no processo das atividades experimentais e resulta em maior possibilidade de absorção do conhecimento proposto.

De acordo com as respostas de alguns estudantes que responderam ao Questionário Pós-Atividade Experimental (Apêndice D), constatamos que contraditoriamente enquanto em algumas questões relativas a conceitos específicos da Física e mesmo ao funcionamento dos experimentos (por exemplo na Questão 5) houve assertividade e coesão em grande parte das respostas, enquanto em outras questões, como na Questão 8, percebemos uma maior dificuldade dos estudantes em concatenar ideias dos conceitos físicos vinculados à prática experimental. No entanto, é cabível aqui salientar que em casos de experimentos específicos, como no relatado na Questão 8, alertamos que além de alguns estudantes não conseguirem assimilar o conteúdo, existem ainda aqueles que, mesmo assimilando, não recorrem à pesquisa como meio de consolidar o conhecimento. Esse fator, aliado à pouca acessibilidade em domínios virtuais do conceito abordado na questão, gera um obstáculo para a cognição de alguns discentes que responderam a essa questão ou mesmo que nem tentaram respondê-la. Para entender melhor esse argumento, apresentamos abaixo alguns trechos de respostas de estudantes nas duas questões citadas (Questões 5 e 8, respectivamente):

- *“As experiências eletrostáticas podem não funcionar bem em dias úmidos, devido à presença da umidade do ar. A umidade aumenta a condutividade do ar, permitindo que cargas elétricas se dissipem mais rapidamente. Isso pode levar a*

uma perda rápida da carga elétrica em objetos e interfere no resultado das experiências que envolvem eletricidade estática”;

- *“Devido à corrente do ar, que é formada nos terminais eletrostáticos, devido às partículas carregadas ou íons que foram repelidos que estão juntos a partículas de ar, nisso quando a vela chega perto do Gerador Van der Graaff, o fogo da vela é atraído pelas cargas positivas do gerador”.*

De acordo com os trechos de respostas transcritos acima, a primeira resposta expressa um maior domínio na compreensão dos conceitos estudados do que a segunda resposta, que se mostra evasiva e incompleta, evidenciando pouca destreza dos termos em questão.

A pesquisa é mensurada, em sua maior parte, por grande número de elementos variáveis. Para tornar nossa pesquisa satisfatória, inserimos um novo dado: O índice de Aplicabilidade das Ciências da Natureza no cotidiano de acordo com a subjetividade de cada discente. Os resultados apresentados no Gráfico 5.5 estão relacionados ao questionário Socioeducativo (Apêndice E) acerca da vivência nas atividades experimentais, assim como o grau de interesse por essa ciência.

Gráfico 6.5: Resultados obtidos com a aplicação do Questionário Socioeducativo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a análise de dados apresentados no Gráfico 6.5 - Estimação de Parâmetros - consideramos como satisfatória a pesquisa, pois salienta questões voltadas ao âmbito do ensino prático da Física.

Um ponto de atenção relevante que observamos durante momentos de conversas informais com os estudantes, nos encontros que objetivavam a aplicação do questionário acima, foi a quantidade considerável de discentes que compreendem a parte prática mesmo sem as noções teóricas e/ou conceituais do conteúdo proposto, o que nos faz refletir sobre a existência de um seleto grupo de alunos que trabalham utilizando grandezas físicas no ambiente profissional (por exemplo, em oficinas mecânicas), e que se encaixariam no quesito “fazer sem saber”, o que ressalta a problemática existente no processo ensino-aprendizagem das Ciências Exatas no que concerne a prática dissociada do conhecimento teórico.

Encontramos no mercado de trabalho pessoas que possuem muito conhecimento prático, mas não conseguem associá-lo aos seus conceitos, isto é, não conhecem as leis que regem o seu funcionamento. Nesse sentido, as aulas de Física podem funcionar como um gancho para alguns alunos que já estão inseridos no mercado de trabalho e querem entender um pouco mais sobre aquilo que fazem.

As aulas práticas são bem aceitas também no sentido social, visto que ampliam atividades de interação entre os discentes. Através das aulas práticas, os alunos podem interagir entre si de forma distinta do que estão habituados. Além dessa interação, o que observamos é a participação de alguns alunos que normalmente se mostram refratários. Duas narrativas emergentes merecem destaque no tocante às expectativas atingidas dos alunos quanto às atividades experimentais: A partir de uma consulta dirigida do docente aos discentes, durante as apresentações experimentais, os estudantes relataram a constatação da possibilidade em exercer autonomia, estabelecendo estreita relação entre teoria e prática no cotidiano.

Consequentemente, observamos que os discursos dos alunos convergem para o consenso de que lhes agradam as aulas experimentais e que anseiam por mais aulas que os coloquem como agentes participativos das práticas experimentais, ao invés de permanecerem meros expectadores das didáticas pedagógicas convencionais, para que possam desenvolver suas competências como autonomia e argumentação. Desejam também que, como sujeitos autônomos, consigam construir a própria aprendizagem de modo a compreenderem os conceitos físicos em sua forma prática, relacionada com sua realidade cotidiana. No entanto, ao

retratar tais anseios, percebemos que os alunos ainda compreendem a Física Teórica e a Física Experimental como assuntos dissociados.

A importância que o educando demonstra ao falar sobre a autonomia indica o desejo de gerir a própria aprendizagem. A narrativa geral aponta que, em aulas experimentais, os alunos esperam que o professor estabeleça um norte, por meio de roteiros escritos ou instruções orais, porém preferem que estes não se restrinjam a um itinerário fixo a seguir, mas que concedam certo grau de liberdade, abrindo opções para testes e caminhos alternativos.

Isso mostra que é necessário que o professor desenvolva sua própria habilidade de gerir eficientemente as atividades de forma que não resulte em marasmo por parte dos estudantes, sempre propondo desafios que estimulem a autonomia da aprendizagem sem que o discente se frustre por sua própria inabilidade. Essas características são valorizadas e incentivadas por vários documentos governamentais, como por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), e a BNC-Formação (BRASIL, 2019).

Os anos de docência me ensinaram que boa parte dos estudantes tem uma certa dificuldade em Ciências. Mas, atualmente, percebemos que muitos estudantes, de forma geral, acham que Ciências de verdade é difícil e complicada, ou seja, mesmo com recursos mais acessíveis, ainda é, para muitos, um conhecimento inacessível. Alunos esses que se deparam com uma dificuldade imensa em Ciências Exatas e, por conta disso, perdem muito o interesse nessas disciplinas, dificultando o trabalho do professor em sala de aula. Apesar disso, é possível superar essa adversidade apresentando ideias claras e práticas.

As equações apresentadas pela Física e Matemática, sem dúvida, são de grande importância para a Ciência e para a Sociedade. Através delas, podemos mensurar e desenvolver novas tecnologias. Mas, para se chegar nessa conclusão, é necessário a realização do uso de experimentos. Ou seja, a Matemática só se torna eficaz na Física se colaborar com o desenvolvimento e facilitar a realização das experiências. Pode-se dizer então que as equações dependem das experiências, e as experiências são aperfeiçoadas pelas equações. Portanto, é necessário nivelarmos a parte matemática presente na Física com a parte prática, fazendo assim um verdadeiro método ensino-aprendizagem. (GREGIO, 2020, <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/fisica/o-saber-da-fisica-pratica-metodologia-de-um-ensino-proficuo.htm>).

Considerando o foco não somente nas equações, mas também na apresentação dos experimentos, percebemos que a utilização de recursos didáticos otimiza os resultados no

processo ensino e aprendizagem, visto que elucidada o conhecimento teórico, propiciando a aplicabilidade prática do mesmo, constatando a teoria de Ausubel – Teoria de Aprendizagem Significativa – que sinaliza para a relevância de uma educação voltada aos múltiplos saberes, que é quando ocorre o devido respeito com as subjetividades dos discentes envolvidos no espaço escolar. Ou seja, quando o docente diversifica os recursos pedagógicos e as metodologias avaliativas, há uma maior contemplação das atividades cognitivas dos indivíduos, possibilitando formas de conhecimento distintas. O processo da transmissão do conhecimento deve ocorrer numa via dupla em que há a troca de experiências entre estudantes e, também, há o enriquecimento da percepção educacional do discente, quando aberto à sensibilização das múltiplas possibilidades de conhecer existentes em cada um.

Considerando ser de fundamental importância a essência da Teoria Significativa de Ausubel, alocamos no cerne do nosso projeto a atribuição de significados aos conhecimentos prévios apresentados pelos discentes, uma vez que cada indivíduo carrega consigo múltiplos saberes adquiridos ao longo das experiências de vida do cotidiano, o que independe da aceitabilidade desses significados no contexto do sujeito, visto que no que condiz ao campo do significado, está tudo aquilo que abarca os sentimentos, pensamentos e ações. E que resultam no engrandecimento humano.

Desse modo, aplicamos as atividades experimentais objetivando realizar a conexão necessária que culmina na Aprendizagem Significativa de Ausubel: Aprendizagem empírica (por descoberta) somada à Aprendizagem científica/acadêmica (por recepção). (GIACOMELLI, ROSA; 2021)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos anos de docência, constatei algumas falhas/lacunas na Educação Brasileira. Poucos estudantes chegam ao Ensino Médio com noções básicas de Matemática e muito menos de Física. Consequentemente, nós professores temos que retomar os conceitos básicos de Ciências Exatas para introduzir e desenvolver os conteúdos da respectiva série. Enquanto docente, sempre penso nos experimentos que poderia fazer com os estudantes, mas tenho como obstáculos a burocracia das circunstâncias administrativas e estruturais, como também a falta de tempo para o trabalho de preparação das aulas e contínuo aprimoramento do professor.

O intuito dessa pesquisa foi mostrar que, mesmo diante de todos os desafios anteriormente citados (estrutura/tempo), o docente do ensino público pode, por meio de grande esforço, planejar e executar uma aula de excelência. Para tanto, a aula prática é um trunfo que o professor de Física tem para despertar a atenção dos estudantes.

Foi perceptível o expressivo aproveitamento dos estudantes com as aulas experimentais, o que se tornou evidenciado no engajamento e participação dos discentes em todo o processo do projeto desenvolvido na escola. Do início ao fim, houve o envolvimento e comprometimento de grande parte dos alunos no processo de construção dos experimentos e interesse pelos conceitos físicos trabalhados, o que trouxe resultados satisfatórios naquilo que tange o ensino das Ciências da Natureza, como podem ser comprovados a partir dos resultados apresentados nos Gráficos 6.2 e 6.3, que mostram os índices dos questionários aplicados ao final do projeto.

Desse modo, concluímos que o estudo da Física na Educação Básica (Ensino Médio) é essencial, pois coloca os alunos frente a situações concretas e reais, situações essas em que os princípios físicos podem ser correlacionados, ajudando-os a compreender a natureza e nutrindo o gosto pela Ciência, especialmente a Física.

A didática utilizada no Ensino de Física deve comprovar aos estudantes que essa Ciência, a Física, está presente em nosso cotidiano nas mais variadas situações, sendo que existem correlações intrínsecas da Física à outras Ciências, o que evidencia a interdisciplinaridade. Por exemplo, ao abordar o tema da eletricidade, é necessário retomar o conceito de átomo, existente na Química. Existe um vasto leque de opções de interdisciplinaridade que um educador pode utilizar visando a fácil compreensão do aluno e um possível gosto pelo assunto abordado.

A prática experimental é uma das melhores opções, pois o educando pode vivenciar o conteúdo de modo pragmático, vendo como funciona a teoria ao ser aplicada na prática. As implicações de uma educação muito mais voltada ao dia a dia não deixa dúvidas de que a modernização do ensino, com todas as ferramentas tecnológicas de que poderíamos lançar mão com o investimento público dos órgãos responsáveis (laboratórios, computadores e celulares, internet, redes sociais etc.), nos coloca frente a uma geração de estudantes muito mais conectados com o pragmatismo do mundo contemporâneo, informatizado vinte e quatro horas por dia, atentos a tudo o que acontece. Nesse sentido, o maior desafio docente é despertar e reter a atenção desses jovens no estudo das Ciências Clássicas. Para tanto, o professor precisa também recorrer às tecnologias e aos outros diversos modos criativos de que lhe forem possíveis o acesso no ambiente escolar.

Indubitavelmente, a nossa bagagem com este projeto irá reverberar pelos próximos anos, quiçá décadas, o que propiciará uma qualidade distinta em termos de planejamentos de aulas e projetos escolares que instigue o anseio dos estudantes pelo conhecimento científico, especialmente pelas Ciências da Natureza, considerando, inclusive, a possibilidade da utilização dos conceitos de física inseridos nas práticas das atividades experimentais do presente projeto em diversas outras áreas da física. Fica, portanto, aberto um leque de inúmeras possibilidades de outros projetos futuros neste âmbito.

8 REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

_____. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

_____. Educational Psychology: A Cognitive View. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

_____. The psychology of meaningful verbal learning (New. York: Grune & Stratton), 1963.

BARBOSA, J.F. 2021, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL NO ENSINO DA FÍSICA; 2021, <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1774>

BARRA, E. A metafísica cartesiana das causas do movimento: mecanicismo e ação divina, Eduardo Salles de Oliveira Barra; SCIENTIAE STUDIA, VOL.1, Nº3, 2003, P.299-322.

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. **Física aula por aula**. 2.ed. São Paulo, FTD, 2013.

BASSINI, A. (2020) Gerador de Van de Graaff. <https://www.parquecientec.usp.br/passeio-virtual/brinquedos-de-fisica/gerador-de-van-de-graaff>

BRAGA, M. GUERRA, A., REIS, J. C., Abordagem Cultural da Física: 2009; «*Abordagem cultural da física: discussão sobre o uso de linguagens diferenciadas no ensino de ciências*». Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 2013, n.º Extra, pp. 1686-1690, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307420>.

BRASIL, 1999; Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), e a BNC-Formação.

_____. 2017; Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), e a BNC-Formação.

_____. 2019; Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), e a BNC-Formação.

CACHAPUZ, 2000; A. F., PRAIA, J. e JORGE, M. Ciência, Educação.

CHATELET, F. História da Filosofia. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1979.

CHIQUITO, A. e LANCIOTTI JR, F.; Bobina de Tesla: dos Circuitos Ressonantes LC aos Princípios das Telecomunicações. Adenilson J. Chiquito e Francesco Lanciotti Jr. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, n. 1, pp. 69-77 (2000).

DESCARTES, R. Discurso do método, 1641. / Descartes; introd. e notas Étienne Gilson; trad. João Gama. - [S.l.]: Levoir : Público, cop. 2017. - 118, [2] p.; 25 cm. - (Grandes nomes do pensamento; 12). - ISBN 978-989-682-672-7).

_____. Os princípios da filosofia, 1663; trad. Alberto Ferreira. - 9ª ed / anot. Pinharanda Gomes. - Lisboa: Guimarães Editores, 2018. - 128 p.; 19 cm. - (Filosofia & ensaios). - Tít. orig.: Principia philosophie. - ISBN 978-972-66-5279-3).

_____. Meditações Metafísicas (1641). São Paulo: Martins Fontes, 2000.

DEWEY, J. Experiência e Educação. Tradução Anísio Teixeira. São Paulo: Nacional, 1971 (Coleção Cultura, Sociedade e Educação, v. 15).

EINSTEIN, <https://exame.com/ciencia/20-frases-de-albert-einstein/>, 2021.

FARIA, A.F. (2008). Engajamento de Estudantes em Atividade de Investigação. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 259–272, set. 2003.

GARBER, D. “Descartes“ Physics”, 1995, p.286-287.

GUALTER, A **Física** na natureza, 2005;

GIACOMELLI, A.C.; ROSA C.T.W; Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências/2021/volume 23/e33553 - scielo.br.

GOTTLIEB, A. O sonho da razão, 2007, p.131.

GRANDINI, N.A; KOBAYASHI, M.C. A concepção dos professores das séries iniciais do Ensino Fundamental sobre o ensino de Ciências. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências, 2005.

GRANDINI, Nádia Alves; GRANDINI, Carlos Roberto. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 251 - 256, 2004.

GREGIO, Metodologia do Ensino de Física, 2020.

HALLIDAY, D.; WALKER, J; RESNICK R. Fundamentos de Física. 6. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HELERBROCK, Rafael. "O que é força magnética?", 2020; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-forca-magnetica.htm>. Acesso em 22 de março de 2023.

_____. "Rigidez dielétrica"; 2020;

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/a-rigidez-dieletrica.htm>

KOYRÉ, Alexandre. "As origens da ciência moderna: uma nova interpretação". In: Estudos de História do Pensamento Científico. Tradução de Maria de Lourdes Menezes. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2011b.).

_____. As Origens da Ciência Moderna: Uma Nova Interpretação. 1956. In: Estudos de História do Pensamento Científico. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991, p.56-79.

HELOU; GUALTER; NEWTON. Física, vol. 2. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.

LIMA, Maria Emília Caixeta e Castro; MARTINS, Carmem Maria de Caro. Ensino de Ciências com Caráter Investigativo A. Apostila do curso ENCI VI. UFMG, 2013.

MARUCCO, L. 2019; Artigo publicado em:

<https://lhmarucco.wixsite.com/profmarucco/post/bobina-de-tesla-musical-como-funciona>.

MATTEDE, 2018. “Bobina de Tesla – O que é e como funciona”;

<https://www.mundodaeletrica.com.br/bobina-de-tesla-o-que-e-como-funciona/>

_____. Mundo da Elétrica, 2023; publicado no site:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/semicondutores-o-que-sao-para-que-servem/>

MAUDLIN, T. Why Physics Needs Philosophy para o site <http://www.pbs.org/wgbh/nova/blogs/physics/>; Traduzido e adaptado por Carlos Germano.

_____. Why Physics Needs Philosophy para o site <http://www.pbs.org/wgbh/nova/blogs/physics/>; site: <https://societificacom.br/por-que-fisica-precisa-da-filosofia/> 2019.

MOREIRA, M. A. (1999). Aprendizagem significativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.A.F. (1982). Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes.

_____, M.A, Revista Brasileira de Física, Vol. 9, NP 1, 1979.

_____, M.A.; MASINI, E.A.F.S. (2006). Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora.

_____, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? Instituto de Física UFRGS. [s.d.]. Disponível em: Acesso em: 16 mar. 2021.

_____, M.A. Aprendizagem significativa. Brasília: Ed. da UnB, 1

NASCIMENTO, R.; 2011. “O Gerador de Van Der Graaff”;

<https://pt.scribd.com/document/76856987/O-Gerador-de-Van-Der-Graaff#>

NEWTON, 1978 In: Hall, R. A., Hall, B. M.. (ed.). Unpublished Scientific Papers of Isaac **Newton**. Cambridge: Cambridge. University Press, **1978**, pp.121-148.

PEREIRA, Aline. 2020; Mini bobina de Tesla: uma proposta didática de atividade experimental para o Ensino Secundário; UFC.

PESSOA, Osvaldo. O que é a filosofia da física? Sociedade Brasileira de Progresso da Ciência, 2014. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br>. Acesso em: 27 de set. de 2022.

Prepara ENEM 2023; <https://www.preparaenem.com>.

RAMALHO, NICOLAU, TOLETO - O Fundamentos da Física - Vol. 3 - 7a. edição - 1999 - Ed. Moderna

ROQUE, Tatiana. História da matemática: Uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

RORTY, R. “Descartes on thinking with the body”, 1995, p.374-375.

RIBEIRO, R. A.; Kawamura, M. R. D.; *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru-SP, Brasil*, In: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, V. 1, 2005.

SAPUNARU, R. “O peso e o equilíbrio dos fluídos”: Um ataque newtoniano às teses cartesianas do movimento. Synesis, Petrópolis, v. 4, n. 2, p. 145-159, ago/dez. 2012; ISSN 1984-6754.

STEIN, H. Newton’s Metaphysics. In: COHEN, I. B.; SMITH, G. the Cambridge Companion to Newton. Cambridge: Cambridge University Press. 2002, p. 256-307.

TÓPICOS DE FÍSICA: volume 3 / Gualter José Biscuola., Ricardo Helou Doca, Newton Villas Bôas. — 18. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

SANTOS, Kelly Vinente dos. Fundamentos de eletricidade / Kelly Vinente dos Santos. – Manaus: Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, 2011.

SILLAS, J.; 2011; Júnior, Joab Silas da Silva. "Gerador de Van de Graaff"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/gerador-van-graaff.htm>. Acesso em 22 de março de 2023.

SOUZA, 2000. (Os Pré-Socráticos Fragmentos, Doxologia e Comentários, Editora Nova Cultura, Rio de Janeiro, 2000. Souza, José Cavalcante de.) SOUZA, JOSÉ CAVALCANTE DE – FFLCH.

APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM
ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA**

Catalão, GO.
Janeiro de 2024

Danilo Antônio de Carvalho

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM
ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: INVESTIGAÇÕES EM ELETRICIDADE EM UMA ESCOLA PÚBLICA**, embasada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 02 – IF/UFCAT, Catalão, GO, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira
Silva

Coorientadora (*in memoriam*): Prof.^a Dr.^a Ana Rita
Pereira

Catalão, GO

Janeiro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, que me deu força para concluir esta etapa de minha vida. Aos meus familiares, pelo amor, incentivo, força e apoio incondicional e a todos os meus amigos e colegas que direta ou indiretamente participaram da minha formação, o meu muito eterno agradecimento.

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

1. INTRODUÇÃO

Prezado colega Professor(a), este material, denominado de Produto Educacional, consiste na aplicação de uma aula de caráter experimental utilizando o Gerador de Van de Graaff para analisar conceitos físicos da Eletrostática, além do campo elétrico e da força elétrica. A eletricidade estática, obtida principalmente por atrito, pode manifestar-se em vários fenômenos do nosso cotidiano, às vezes de forma inofensiva, mas eventualmente de forma perigosa. Com esse aparelho, é possível mostrar de forma lúdica os conceitos físicos trabalhados em sala de aula. A atividade experimental foi desenvolvida usando a sequência didática tradicional do currículo de Eletricidade.

Os materiais utilizados são, em sua maioria, de baixo custo e encontrados no comércio local. O projeto foi testado várias vezes, tanto dentro do período escolar, fazendo parte da grade horária regular, como no contra período. Este equipamento foi projetado para auxiliar você, professor do Ensino Médio, no ensino da Eletrostática, propiciando ao estudante a experimentação prática da construção tanto dos conceitos elétricos quanto de seus próprios equipamentos de observação dos fenômenos eletrostáticos.

Outro experimento possível de realização será o desenvolvimento de uma atividade prática, em uma aula de caráter extracurricular, primeiramente com a Bobina de Tesla e, posteriormente, com a Bobina de Tesla Musical. Com esses equipamentos, será possível o estudo dos conceitos físicos tais como: i) força elétrica; ii) campo elétrico; iii) potencial elétrico; iv) corrente elétrica; vi) transformador ressonante; vii) calor; viii) ondas.

No experimento com a Bobina de Tesla, os estudantes podem ser orientados a fazerem registros escritos ou em formato de esquemas, para que seja possível realizar a experimentação concomitante a consultas ao professor para sanar possíveis dúvidas e mesmo para propiciar um intercâmbio de ideias necessárias no processo científico que se estabelece no ambiente escolar a partir dessa troca.

Portanto, a utilização do relatório escrito consiste em uma ferramenta de interação professor-estudante que gera maior conexão no processo de produção científica na escola de educação básica. Um processo enriquecedor para ambos os envolvidos.

Este Produto Educacional está organizado de forma que possibilite trabalhar os conhecimentos básicos de Eletrostática e Eletrodinâmica de maneira dinâmica e entusiástica. Desse modo, o projeto estabelece vínculos entre estudante e ambiente escolar, gerando o

aumento do estímulo estudantil na busca pelo conhecimento, o que resulta na redução da baixa frequência e, possivelmente, na evasão escolar.

No contexto atual, observa-se uma constante busca pelo aperfeiçoamento dos processos educativos, visto que o modelo de educação tradicional tem sido alvo de muitas críticas. Nota-se a necessidade de aliar educação à inovação, criatividade e modernização na sala de aula, visando atingir uma geração cada vez mais informatizada e tecnológica, na qual percebemos cada vez mais a necessidade de capturar a atenção e interesse estudantil por meio da substituição dos antigos modelos obsoletos de aulas tradicionais por práticas pedagógicas que gerem maior engajamento discente.

Para Penin e Vasconcellos (1994; 1995 apud DEMO, 2011, p.9), “a aula que apenas repassa conhecimento, ou a escola que somente se define como socializadora do conhecimento, não sai do ponto de partida, e, na prática, atrapalha o aluno, porque o deixa como objeto de ensino e instrução. Vira treinamento”. Portanto, para possibilitar a aprendizagem significativa, é necessário transformar o aluno em sujeito ativo no processo do ensino-aprendizagem.

Segundo Demo (2011, p. 41), cabe ao professor competente conduzir essa aprendizagem significativa, orientando o aluno permanentemente para expressar-se de maneira fundamentada, exercitar o questionamento e formulação própria, reconstruir autores e teorias, inserindo no cotidiano estudantil o hábito da pesquisa. O docente pode utilizar diferentes recursos com o objetivo de tornar o conteúdo teórico mais interessante, motivador e próximo da realidade. O uso de apresentações de slides, vídeos, debates, feiras, atividades práticas, entre outros, procura tornar mais fácil o aprendizado e compreensão dos conteúdos programáticos. Nas disciplinas da área de Ciências da Natureza, especialmente a Física, as saídas de estudos e as aulas práticas em laboratórios tornam-se importantes instrumentos de pesquisa, permitindo ao aluno experimentar situações problematizadas e vivenciar a teoria trabalhada em sala de aula, estabelecendo sentido prático de aplicabilidade das Ciências da Natureza na vida do indivíduo.

Demó (2011, p. 13) salienta que a base da educação escolar é a pesquisa, e através dela é possível desenvolver no aluno o questionamento sistêmico e reconstrutivo da realidade. Essa reconstrução compreende o conhecimento inovador e sempre renovado, tendo como base a consciência crítica. Dessa forma, o aluno inclui a sua própria interpretação, formulação pessoal, aprende a aprender e a saber pensar.

Nas disciplinas da área das Ciências da Natureza, as aulas práticas de laboratório são de fundamental importância, pois permitem que os alunos vivenciem o conteúdo trabalhado em aulas teóricas, conhecendo e observando organismos e fenômenos naturais, manuseando equipamentos, entre outras coisas interessantes (RESES, 2010, p. 66). Segundo Viviani e Costa (2010, p.57), as atividades práticas são um recurso ou complemento às aulas teóricas.

Para Ronqui et al (2009), as aulas práticas têm seu valor reconhecido. Elas estimulam a curiosidade e o interesse de alunos, permitindo que se envolvam em investigações científicas, ampliem a capacidade de resolver problemas, compreender conceitos básicos e desenvolver habilidades. Além disso, quando os alunos se deparam com resultados não previstos, percebem-se desafiados em termos de imaginação e raciocínio. As atividades experimentais, quando bem planejadas, são recursos importantíssimos no ensino.

Desenvolver atividades em que os alunos assistam a demonstrações do professor ou manuseiem objetos concretos traz para o ensino possibilidades tais como: maior motivação do aluno, desenvolvimento de habilidade motora com relação a manuseio de objetos e instrumentos, melhoria da aprendizagem e desenvolvimento de capacidade investigativa (Hofstein e Lunetta, 2003).

Para Ribeiro, Freitas e Miranda (1997), a realização de atividades práticas nas aulas de Física propicia: i) A aprendizagem de habilidades de manuseio de aparelhos; ii) A aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios; iii) A aprendizagem da experimentação.

Diante dessa realidade, o produto aqui proposto tem por objetivo principal analisar a visão do professor da área das Ciências da Natureza sobre a importância da vivência da aula prática na construção e/ou aperfeiçoamento do conhecimento discente. Para tanto, foi elaborado um questionário quantitativo, abordando a temática.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse Produto Educacional, buscamos ressaltar, de maneira lúcida, como os conceitos da Física podem ser empregados no nosso dia a dia e como evoluiu a Ciência no decorrer dos tempos. Com os novos programas de ensino-aprendizagem, a prática vem ganhando destaque nas suas atribuições, pois, além de tornar a aula mais atrativa, é possível que esse aluno se engaje mais facilmente no mercado de trabalho.

Desse modo, torna-se essencial que haja reformas no Ensino da Física, ofertando tanto nas escolas públicas quanto nas privadas um ensino que se dissocie do oferecido

tradicionalmente, com conteúdo mais atrativo, primando pela experimentação, investigação e processos cognitivos do discente, que passará a perceber a presença material da Física em seu dia a dia. Faz-se necessária a contextualização dos conceitos físicos, visando a coesão nas explicações e fundamentação dos diversos fenômenos estudados nessa disciplina.

Percebemos que uma metodologia de ensino, apontada por vários autores como possível alternativa aos problemas atuais relativos ao processo ensino-aprendizagem, é a utilização da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A metodologia de Ausubel aponta múltiplos caminhos e formas de inteligência, o que indicaria vias variáveis de conhecimento. (BARBOSA, 2021)

De acordo com consulta realizada no site do MEC, salientamos:

Para Ausubel, quando alguém atribui significados a um conhecimento a partir da interação com seus conhecimentos prévios, estabelece a aprendizagem significativa, independentemente de esses significados serem aceitos no contexto do sujeito. (MEC, 2023)

Objetivamos avaliar a relevância da aplicabilidade da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel no processo ensino-aprendizagem, em especial na disciplina de Física: i) Analisando metodologias de ensino da atualidade; ii) Salientando os benefícios obtidos com a aplicação da aprendizagem significativa nas escolas; iii) Buscando alternativas às dificuldades de aprendizagem dos estudantes e ressaltando as propostas centrais a respeito do conhecimento vivenciado no ambiente escolar. (BARBOSA, 2021)

3. PRODUTO EDUCACIONAL

O trabalho em questão, denominado de Produto Educacional, tem como objetivo trabalhar os conhecimentos físicos básicos em Eletrostática de maneira dinâmica e entusiástica. O desejo do autor deste trabalho durante a elaboração deste material foi levar a cada encontro uma forma diferente de apresentar os conceitos físicos elétricos e, ao mesmo tempo, deixar o aluno com vontade de saber o que acontecerá no próximo encontro. Esperamos que você, professor da disciplina de Física, utilize este material como um objeto norteador em suas atividades e que possa estender a proposta para outros tópicos da Física.

A ausência de aulas em laboratórios e experimentos de demonstração em sala de aula são fatos que ocorrem na maioria das escolas, mas concordamos com Borges (2002) quando diz que para a realização de uma atividade prática não há necessidade de um ambiente próprio, podendo ser desenvolvida em qualquer sala de aula, especialmente as idealizadas com materiais simples, de baixo custo.

Para a aplicação deste Produto Educacional, não é necessário um espaço específico ou sofisticado, podendo ser realizado em diversos locais do ambiente escolar, desde que tenha mesas ou bancadas, iluminação, pelo menos uma saída de água (torneira) por perto e uma lixeira para descartar os resíduos de materiais. Um quadro de giz ou uma lousa branca pode ser útil para auxiliar o professor durante a aula prática, para que ele possa trazer informações adicionais ou conduzir os alunos em suas anotações. É importante, ainda, se atentar a adequação climática do ambiente onde se realizarão as experiências, já que a incidência de vento ou corrente de ar seja a menor possível, de preferência nenhuma, pois a maioria dos experimentos e práticas requer um equilíbrio estático e são realizados com materiais muito leves.

Um dos desafios encontrados na execução desse produto foi a construção do Gerador de Van de Graaff. Foram necessários vários dias para construir o aparelho e que funcionasse de maneira adequada.

3.1 Noções Básicas de Eletromagnetismo

Nesta seção, abordaremos alguns conceitos físicos sobre o eletromagnetismo tais como: carga elétrica, campo elétrico, corrente elétrica e campo magnético, a fim de entendermos o funcionamento do Gerador de Van de Graaff e a Bobina de Tesla.

A carga elétrica, que hoje entendemos bem, é definida como quantizada, ou seja, apresenta múltiplos inteiros de pequenas unidades chamadas de carga elementar (e), admitindo um valor de:

$$e = \mp 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (1)$$

é a menor carga que pode existir, o próton tem carga positiva e o elétron tem carga negativa. A primeira equação da carga elétrica que apresentamos nos diz que:

$$|Q| = n \cdot e \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

onde Q é a carga do corpo e n o número de elétrons que são transferidos, de acordo com os processos de eletrização da eletrostática. O último termo apresentado na Equação 02 se refere a carga elementar, já citada anteriormente.

Através dos processos de eletrização, os corpos adquirem uma carga elétrica. Existem três processos: **1)** A eletrização por contato, que ocorre quando colocamos um material condutor carregado eletricamente em contato com um condutor neutro e, assim, o corpo que estava neutro passa a conter a carga elétrica; se os corpos forem da mesma dimensão, a carga será distribuída de forma igual; **2)** A eletrização por atrito, que ocorre a partir da fricção de dois corpos. À medida que um corpo perde elétrons, este vai apresentando uma predominância de cargas positivas, equivalente a quantidade de cargas negativas perdida. Enquanto isso, o outro corpo que está recebendo esses elétrons ficará carregado com cargas negativas por estarem em excesso; **3)** A eletrização por indução. Este processo ocorre quando um corpo carregado é colocado próximo de um corpo neutro, provocando uma polarização das cargas presentes, de forma que cargas de sinal contrário à do bastão tendem a se aproximar do mesmo, e as de sinais iguais tendem a ficar o mais afastado possível. Para tornar o corpo neutro em um corpo carregado, é necessário fazer uma ligação a partir de um fio terra no corpo induzido, fluindo elétrons da terra para o corpo inicialmente neutro. Com isso, corta-se esse fio de ligação e afasta o corpo que estava inicialmente carregado e que foi induzido, fazendo que nele tenha um excesso de cargas negativas, tornando-o carregado negativamente. (BARRETO, XAVIER, 2013)

Segundo Ramalho et al. (1999, p. 43), Coulomb “realizou os primeiros estudos quantitativos sobre as ações entre corpos eletricamente carregados. Utilizando uma balança de torção, Coulomb conseguiu estabelecer a lei que leva seu nome”.

A expressão matemática da Lei de Coulomb pode ser enunciada da seguinte forma:

$$F = k \cdot |Q1| \cdot |Q2| \cdot \frac{1}{d^2} \quad (3)$$

onde k é a Constante Eletrostática, $Q1$ e $Q2$ as cargas elétricas e d a distância entre as duas cargas elétricas.

Um dos conceitos fundamentais da Física, que é de extrema relevância para o entendimento deste projeto, é o do Campo Elétrico. Ao considerarmos dois pontos no espaço, sendo um ponto gerado por Q , uma carga-fonte, e outro ponto q , uma carga de prova, teremos um campo elétrico positivo ou negativo, gerando um campo de afastamento e outro de aproximação, respectivamente. Em termos matemáticos, temos a força elétrica de acordo com a equação:

$$F = \frac{E}{q} \quad (4)$$

onde F é a força elétrica, E o campo elétrico e q a carga de prova.

Ao isolarmos o campo elétrico da Equação 4 e substituirmos F pela Equação 3, obtém-se:

$$E = K \cdot Q \cdot \frac{1}{d^2} \quad (5)$$

onde E é o Campo Elétrico, K a Constante Eletrostática, Q a carga elétrica e d a distância da carga ao ponto a ser analisado.

Outra grandeza física importante no entendimento deste trabalho é o Potencial Elétrico. Essa grandeza mede a capacidade que um corpo eletrizado tem para realizar trabalho associado ao campo em si, independentemente do valor da carga q, colocada num ponto desse campo. (RAMALHO, 1999)

$$V = K \cdot \frac{Q}{d} \quad (5)$$

onde K é a Constante Eletrostática, Q a carga elétrica e d a distância da carga ao Potencial Elétrico.

A corrente elétrica corresponde ao movimento ordenado no interior de um condutor, através de uma diferença de potencial. (BARRETO, XAVIER, 2013) E pode ser expressa pela seguinte equação:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (6)$$

onde i é a corrente elétrica, ΔQ a variação de carga elétrica e Δt a variação do tempo.

A diferença de potencial (d.d.p.) é conceituada como sendo o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto para outro, quando imersa em um campo elétrico. A d.d.p., calculada a partir da Primeira Lei de Ohm (Equação 7), é resultado da multiplicação da resistência do material R pela corrente elétrica i que por ele percorre. A diferença de potencial é medida em Volts e pode ser mensurada com um voltímetro. (BARRETO, XAVIER, 2013)

$$U = R \cdot i \quad (7)$$

Através da descoberta de Oersted, o que antes era composto de dois conceitos diferentes na Física, passou a ser um só. Ele conseguiu unificar o magnetismo com a eletricidade e, dessa forma, foi possível a construção e elaboração de motores e equipamentos que funcionam com eletricidade. (GUERRA; REIS; BRAGA, 2009)

Por meio dessa descoberta ao acaso, o experimento de Hans C. Oersted provou que cargas elétricas em movimento podem gerar campo magnético. Esse fato deu início ao eletromagnetismo. Para esse efeito, observamos o condutor de três maneiras distintas: retilíneo,

circular e um solenóide. (BARRETO, XAVIER, 2013) O valor do campo magnético para condutor retilíneo pode ser determinado por meio da equação:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (8)$$

onde μ representa a Constante de Permeabilidade Magnética, i a corrente elétrica e r a distância do fio condutor até o ponto analisado.

As bobinas, que são amplamente aplicadas no nosso dia a dia, são formadas por fios condutores em formato senoidal. O valor do campo magnético para condutor no formato senoidal pode ser determinado por meio da equação:

$$B = \mu \cdot i \cdot \frac{N}{L} \quad (9)$$

onde μ representa a Constante de Permeabilidade Magnética, N o número de espiras, i a corrente elétrica e L o comprimento do solenóide. (BARRETO, XAVIER, 2013)

3.2 Montagem dos Experimentos

Apresentamos abaixo os procedimentos para montagem dos seguintes experimentos: i) O Gerador de Van de Graaff; ii) A Bobina de Tesla; iii) A Bobina de Tesla Musical.

3.2.1 Gerador de Van de Graaff

Esta atividade experimental possibilita estudar os conceitos físicos de: i) carga elétrica; ii) processos de eletrização (atrito, contato, indução); iii) diferença de potencial; iv) materiais condutores e isolantes; v) campo elétrico.

Tabela 3.1 – Materiais Utilizados.




MATERIAIS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
Motor de máquina de costura	unidade	1
Polias	peças	2
Correia para máquina	peça	1
Base de madeira 40x50	unidade	1
Caibros de madeira 15x5x3	cm	30
Cantoneira	peças	9
CAP de PVC 100 mm	peças	2



Tubo de PVC 100 mm	m	1
CAPS de PVC 40 mm	peças	2
Tubo de PVC 40 mm	cm	7
Fita veda rosca	unidade	1
Rolamentos de $\frac{3}{4}$	peças	4
Abraçadeiras	unidade	2
Barra rosqueada 3/16"	cm	40
Porquinhas para a barra rosqueada	unidades	12
Arruelas para a barra rosqueada	unidades	2
Pano EVA para correia interna	m	2
Cubo de alumínio	unidade	1
Fio de cobre 2,5mm	m	1
Bacias de alumínio	Peças	2
Fita isolante	unidade	1
Cola instantânea	unidade	1
Chapa de alumínio de 20 x10	peça	1
Parafusos pequenos	peças	30

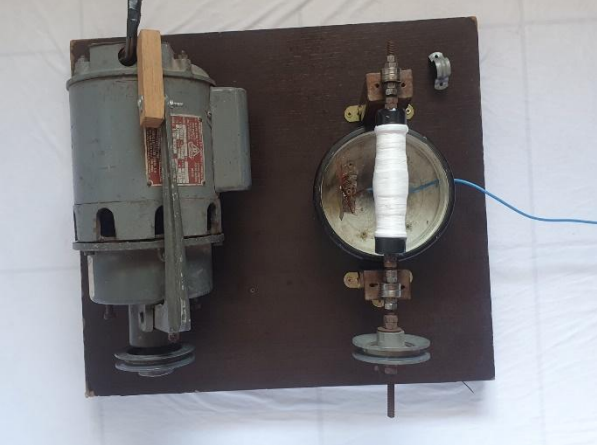


Fonte: elaborada pelo autor (2022).




Tabela 3.2 – Passo a passo da Experiência 1.



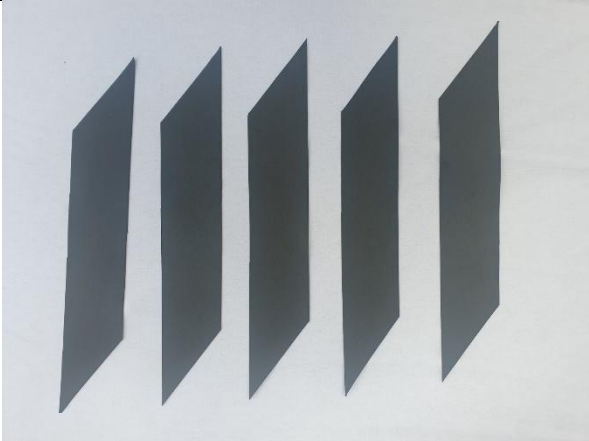
GERADOR DE VAN DE GRAAFF		
Passo	Descrição do passo	Imagem
1°	Com os caibros de madeira de 15cm, fixe em três extremidades as cantoneiras com os parafusos pequenos, conforme a figura.	

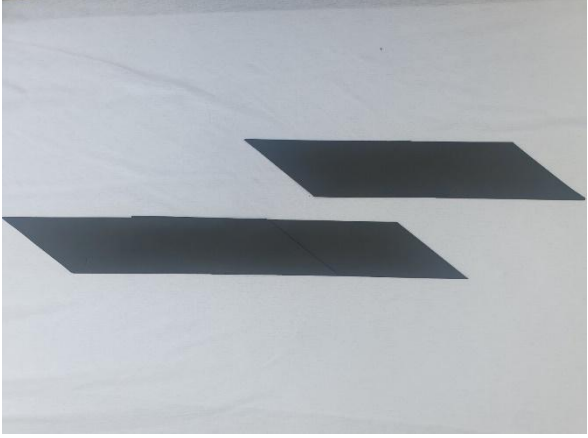
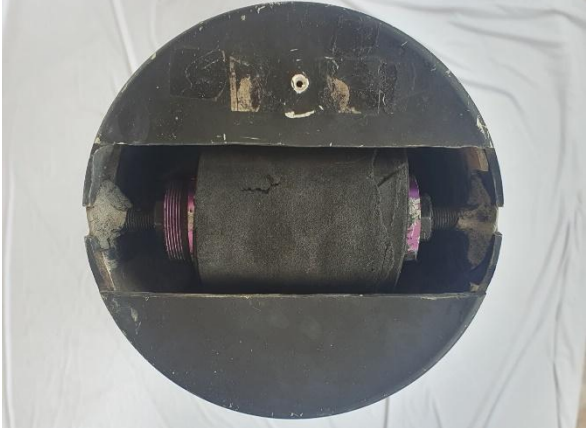

2°	<p>Pegue os dois CAPS de 25 mm, faça um furo em cada um com uma broca de 6 mm. Importante fazer esses furos bem centralizados para que o eixo inferior trabalhe de maneira simétrica afim de evitar a trepidação.</p>	
3°	<p>Com os CAPS de 25 mm perfurados, colar na extremidade do tubo de 25 mm.</p>	
4°	<p>Colocar a barra rosqueada no tubo de 25 mm, deixando passar 15 cm.</p>	



5°	<p>Enrole todo o rolete inferior (tubo PVC de 7 cm) com fita veda rosca e prenda as extremidades com fita isolante para não desenrolar.</p>	
6°	<p>Para fixar o tubo de PVC na posição, faça um sistema de porca-contraporca. Esse sistema consiste em apertar uma porca na outra. Fazer o mesmo procedimento do lado oposto do tubo, deixando o sistema travado.</p>	
7°	<p>Fixe de forma centralizada o CAP 100 mm entre os caibros com os pequenos parafusos. (sem parafusar o segundo caibro).</p>	

8°	Com a barra rosqueada, coloque-a sobre o caibro e coloque o outro caibro de modo que as extremidades exteriores da porca fiquem sobre os caibros. Em seguida, alinhe os caibros e parafuse o segundo caibro.	
9°	Faça um furo no CAP 100 mm e passe o fio de cobre de 2,5mm com uma das pontas descascada. Em seguida, parafuse esse fio na base da chapa metálica de 20x10 e alinhada com o rolete inferior.	
10°	Faça um corte retangular de 20x10 dos dois lados do tubo de 100 mm de modo que o rolete inferior passe por ele e fique alinhado com os caibros. Em seguida, fixe o tubo de 100 mm no CAP com os parafusos pequenos.	

11°	<p>Coloque dois rolamentos na barra rosqueada e, em seguida, use duas porcas fazendo um sistema de contra porca para prender.</p>	 A close-up photograph of a metal threaded rod. On the left end, there is a black cylindrical component wrapped in white tape. Moving right, there are two bearings (one larger, one smaller) and two locknuts (one larger, one smaller) secured onto the rod.
12°	<p>Com o rolete preso, coloque do maior lado um novo sistema de porca e contra porca. Coloque uma arruela, em seguida veja o alinhamento e coloque a polia e a trave utilizando uma arruela e duas porcas.</p>	 A close-up photograph showing a pulley (polia) mounted on the threaded rod. To the right of the pulley, there is a locking mechanism consisting of a washer (arruela) and two locknuts (porcas) secured onto the rod.
13°	<p>Em seguida, passe o rolete com os rolamentos pela abertura do tubo de 100 mm e prenda o rolete no caibro usando as abraçadeiras.</p>	 A photograph showing the pulley assembly from the previous steps mounted on a grey motor. The pulley is positioned on the left side of the motor's shaft. The entire assembly is supported by two wooden brackets (abraçadeiras) mounted on a dark wooden base. A blue wire is visible at the bottom of the motor.

14°	<p>Coloque o motor de máquina juntamente com a correia e verifique a distância para fixar o motor.</p>	
15°	<p>Com um cubo de bicicleta, retire todas as saliências de modo a deixar a superfície lisa, conforme a figura. Faça um pequeno corte no tubo de 100 mm a fim de encaixar o cubo.</p>	
16°	<p>Para construir a correia interna, utilize uma folha de EVA, cortando-a de forma a ter um paralelogramo, com 8cm de largura e 10 cm de base para a diagonal, conforme a figura.</p>	

17°	<p>Após recortar as peças, cole uma peça na outra até obter um comprimento suficiente para completar o comprimento do tubo (em torno de 2m). Para colocar a correia, passe pelos roletes e, com auxílio de uma linha, puxe a correia e emenda uma na outra.</p>	
18°	<p>Com o segundo CAP 100 mm, faça uma abertura de maneira que o cubo fique preso, conforme a figura.</p>	
19°	<p>Com um pedaço de fio, em torno de 20 cm, desencape os dois lados e abra os fios de modo a ficar semelhante com uma escova. Prenda esse fio no CAP 100mm superior de modo a ficar em torno de 0,5 cm da correia.</p>	

20°	Utilizando as bacias de Alumínio, corte o fundo de uma delas de modo a encaixar no tubo de 100 mm. Pegue a outra bacia e a prenda com fita isolante na bacia cortada, de modo a se tornar uma cúpula de Alumínio.	
21°	Encaixe a cúpula de modo que o fio de 20 cm encoste nela. Coloque um pouco de fita isolante no topo do tubo de forma a fixar a cúpula.	

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1 – Gerador de *Van de Graaff*

1.1 - Descarga em gases

- a) Ligue o aparelho por alguns instantes e aproxime o bastão de teste da esfera;
- b) Em seguida, aproxime uma das extremidades da lâmpada de gás da esfera do gerador.

1.2 - Distribuição de cargas em um condutor

- a) Fixe pedaços de papel nas superfícies externas da esfera do gerador;
- b) Ligue o aparelho por alguns instantes e desligue-o.

1.3 - Ionização do ar

- a) Ligue o aparelho por alguns instantes;
- b) Em seguida, acenda uma vela e aproxime-a da ponta metálica.

1.4 – Eletrização dos cabelos

- a) Com o aparelho desligado, um voluntário coloca as mãos no gerador;
- b) Em seguida, ligue o aparelho por alguns instantes.

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na tabela acima (Tabela 3.2), o funcionamento do Experimento 1 (o Gerador de Van De Graaff) é explicado nos parágrafos abaixo.

O Gerador de Van De Graaff é capaz de transformar energia mecânica em energia eletrostática. O princípio de funcionamento deste gerador é baseado em três princípios da eletricidade, que são: a eletrização por atrito, a indução eletrostática e o contato (SANTOS, 2011).

Um motor elétrico, posicionado na base, movimenta uma correia isolante que passa por duas polias: uma na parte inferior e a outra na parte superior do sistema. Através de pontas metálicas, pente inferior (receptor), a correia recebe carga elétrica positiva de um gerador de alta tensão. A seguir, a correia eletrizada positivamente transporta as cargas até o interior da esfera metálica, onde existe um outro conjunto de pontas metálicas, pente superior (coletor) que, devido à alta tensão existente entre as pontas e a correia, são capazes de ionizar o ar atmosférico, antes isolante. Desse modo, são produzidas descargas de elétrons que estavam na cúpula condutora, deixando-a com falta de elétrons, ou seja, positiva. Mesmo no caso de pequenos geradores, é possível atingir, na cúpula de descarga, um potencial eletrostático da ordem de milhares de volts (BASSINI, 2020).

Na realização desse experimento, utilizamos no interior do gerador de Van de Graaff uma correia móvel (EVA) acoplada a um rolete de PVC com teflon (fita veda rosca) e outro rolete superior feito do cubo da roda bicicleta. Quando o motor aciona a roldana de teflon, esta é friccionada pela correia, transferindo cargas negativas para ela. Enquanto o motor continua a acionar a roldana, as cargas negativas se acumulam e induzem cargas positivas na escova de metal de forma afiada. (NASCIMENTO, 2011.)

O Campo Elétrico, entre a roldana e a escova, aumenta e o ar em volta da escova se ioniza. As cargas positivas das moléculas de ar são repelidas da escova e transferidas para a superfície da correia. Estas cargas positivas são a seguir transportadas para dentro da cavidade da esfera de metal, que se chama abóbada, e transferidas, a partir da escova de metal de forma afiada, para a abóbada esférica, através da ionização do ar. Este processo permite acumular uma

grande quantidade de cargas positivas na superfície da abóbada esférica e o seu potencial aumenta. Com essa carga acumulada na esfera podemos, por exemplo, arrepiar o cabelo de uma pessoa (SILAS, 2011).

De forma didática, podemos nomear e conceituar os itens que fazem parte do experimento da seguinte forma (BASSINI, 2020):

- ✓ Cúpula de descarga: É um condutor metálico, aproximadamente esférico, oco, e que está apoiado sobre uma coluna isolante;
- ✓ Correia transportadora de cargas: É uma correia não condutora, contínua, que circula sobre duas polias não condutoras;
- ✓ Base: Trata-se de um sistema de engrenagens capaz de fazer a correia transportadora ficar em movimento. Este sistema pode ser manual (acionado apenas por uma manivela simples) ou elétrico (quando acionado por um motor que fica acoplado às engrenagens de transmissão, localizadas na base do experimento);
- ✓ A correia transportadora: As descargas elétricas que ocorrem nos pentes metálicos (receptor e coletor) produzem gás ozônio, que é muito corrosivo e causam oxidação na correia condutora, favorecendo o seu apodrecimento. Por isso, evita-se usar correias de borracha escura (as que possuem uma substância chamada de “negro de fumo”), que são mais susceptíveis ao processo de oxidação;
- ✓ O processo de ionização do ar entre as duas cúpulas de descarga que estão próximas: a da esquerda, carregada positivamente; e a da direita, apenas neutra, aparece um fluxo intenso de corrente elétrica, pois o ar atmosférico que existe entre elas, antes isolante, torna-se condutor devido à alta voltagem (ionização). Não custa lembrar que ao máximo valor da intensidade do campo elétrico que um isolante suporta, sem se ionizar, dá-se o nome de Rigidez Dielétrica.

3.2.2 Bobina de Tesla


Esta atividade experimental possibilita estudar os conceitos físicos de: i) força elétrica; ii) campo elétrico; iii) potencial elétrico; iv) corrente elétrica; vi) transformador ressonante.

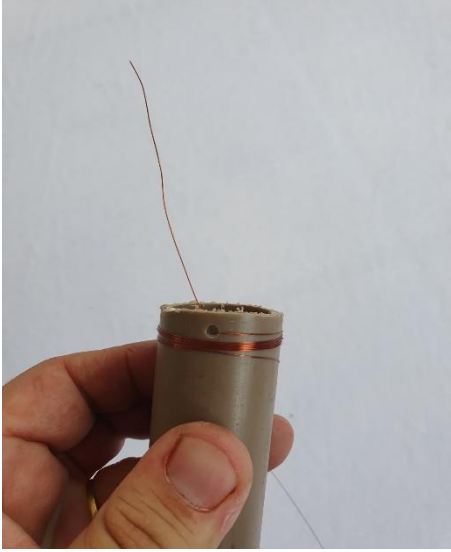


Tabela 3.3 – Materiais utilizados na montagem da Bobina de Tesla.


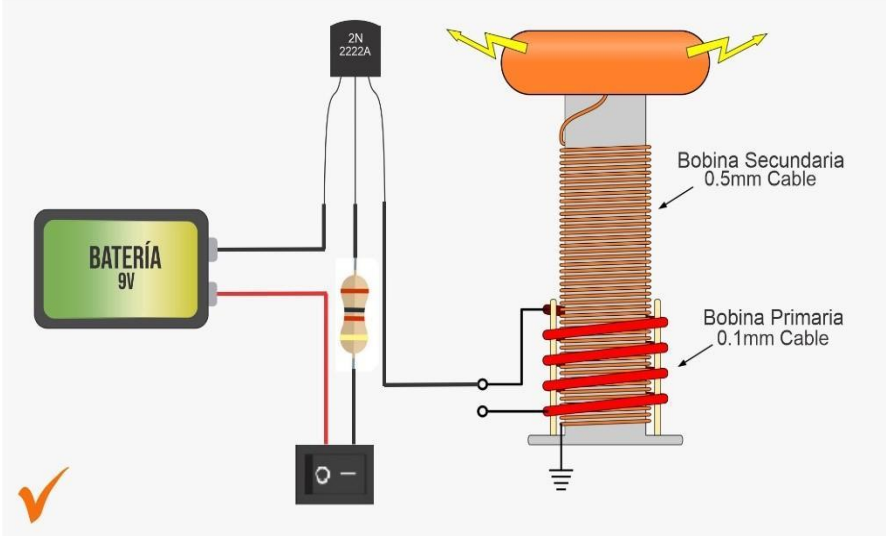
MATERIAIS UTILIZADOS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
Bateria de 9V	unidade	1
Conector para bateria	peça	1
Transistor 2N 2222 ^a	peça	1
Resistor de 22 k Ω	peça	1
Fio de cobre esmaltado 60/40	m	60
Fio de cobre rígido de 1,5 mm	cm	20
Interruptor	unidade	1
Tubo PVC 32 mm	cm	12
Caixa de madeira	unidade	1
Fio 1 mm ou menos	cm	70
Solda à base de estanho e chumbo	g	5
Cola quente	unidade	1


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Tabela 3.4 – Passo a passo para a montagem da Bobina de Tesla.

BOBINA DE TESLA		
<i>Passo</i>	<i>Descrição do passo</i>	<i>Imagem</i>
1 ^o	<u>Bobina secundária</u> - com o tubo de 12 cm de PVC 32, faça um pequeno furo em cada uma das extremidades;	

2°	<p>Em seguida, enrole o fio de Cobre esmaltado com cuidado para o fio não se sobrepôr, deixando cerca de 10 cm em cada um dos lados; importante colocar um pouco de supercola após enrolar um pouco o fio, a fim de que ele não desenrole;</p>	
3°	<p>Instalar o interruptor na caixinha, fazendo um furo e colando-o com cola quente;</p>	
4°	<p><i>Bobina primária</i> - com o fio rígido de 1,5 mm, dê três voltas em torno da bobina secundária, deixando sobrar 3 cm de cada lado e a prenda com fita isolante para não desenrolar;</p>	

5°	<p>Marque o centro da caixinha e faça um furo no meio. Em seguida, cole o tubo de PVC 32 e faça mais dois furos próximos para passar o fio rígido;</p>	
6°	<p>Para a montagem do circuito da mini bobina, utilize o esquema apresentado na figura abaixo:</p>	 <p>Bobina Secundária 0.5mm Cable</p> <p>Bobina Primária 0.1mm Cable</p>

<p>7°</p>	<p>Para a montagem do circuito, é preciso usar o ferro de solda para uma melhor eficiência do circuito. Inicialmente, solde o polo positivo da bateria com o lado direito (coletor) do transistor. Em seguida, solde o lado esquerdo (emissor) do transistor com a bobina primária. Para finalizar, solde o centro (base) do transistor com o resistor, e o resistor no interruptor, fechando o circuito na bateria (polo negativo).</p> <p>Observação: <i>para fazer a leitura de um transistor, a sua numeração deve estar de frente.</i></p>	
-----------	--	---

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

2 – Bobina de Tesla

2.1 – Funcionamento do Led

- Com o aparelho desligado, um aluno aproxima um LED difuso;
- Em seguida, ligue o aparelho e aproxima o LED.

2.2 – Ação do campo

- Com o aparelho desligado, vários alunos aproximam os LEDs;
- Em seguida, ligue o aparelho e reaproximam os alunos com os vários LEDs.

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na Tabela 3.4, o funcionamento do experimento é explicado nos parágrafos abaixo.

A bobina elétrica nada mais é do que um conjunto de espiras de um mesmo condutor, envoltas em um núcleo geralmente de material ferromagnético. Como um campo magnético é formado sempre que a corrente elétrica passa por um condutor, as bobinas conhecidas também

como indutores ou solenóides conseguem variar esse campo com base na relação das suas espiras. Isso faz com que elas sejam usadas em diversas aplicações como, por exemplo, em transformadores, disjuntores, contadores e como esperado, na Bobina de Tesla (MATTEDE, 2018).

A Bobina de Tesla é um transformador ressonante que em frequências altas consegue produzir valores enormes de tensão. Essa bobina foi inventada em meados de 1890 pelo famoso e renomado físico Croata Nikola Tesla. A intenção era fazer um sistema de transmissão de energia para longas distâncias, sem usar fios e cabos elétricos. Além disso, Nikola Tesla fazia experimentos com esta bobina em equipamentos de geração de Raios-X, Fosforescência, Eletroterapia e Iluminação. Também pensou em usar o método da Bobina de Tesla para comunicação sem fios, mas a relação sinal/ruído era muito alta e não valia a pena (PEREIRA, 2020).

A construção da Bobina de Tesla não é muito complexa, mas exige um certo nível de conhecimento em elétrica e eletrônica. A ligação destes componentes se inicia pelo interruptor, que é ligado no transformador primário para comandar o acionamento e desligamento. O transformador fica conectado no capacitor de alta tensão, que, por sua vez, está conectado ao centelhador. É importante saber que todas essas ligações são feitas em série. O centelhador também é ligado em série com a bobina primária do segundo transformador, que deve ter poucas espiras e pode ser feita de fio rígido grosso. A bobina primária deve ter uma circunferência consideravelmente grande para poder acomodar a bobina secundária em seu interior. A bobina secundária deve ter várias espiras, envoltas em um tubo de material isolante, e pode ser feita com fio flexível fino. (MATTEDE, 2018)

Uma ponta da bobina secundária deve ser aterrada e a outra ponta deve ser conectada a um terminal feito de um material condutor, que deve estar ligado em paralelo à bobina secundária. De acordo com a sua construção, o funcionamento da Bobina de Tesla é bem intuitivo. O transformador primário, ao receber um valor de tensão das pilhas, consegue elevar para um alto valor, na faixa de 20 vezes maior do que estava.

O capacitor de alta tensão ou o banco de capacitores recebe tensão. Esse mesmo capacitor recebe e carrega essa tensão até que ela se eleve no centelhador ao ponto de romper a rigidez dielétrica do ar. Quando isso acontece, um “pico” muito alto da corrente elétrica consegue atravessar e chegar até a bobina primária do segundo transformador, gerando um campo magnético variável. (MATTEDE, 2018)

Este campo magnético induz uma corrente elétrica na bobina secundária que, devido ao seu grande número de espiras, eleva a tensão para um valor próximo dos 100 mil Volts ou mais. A alta tensão e a baixa corrente ficam no terminal, e se ao aproximar uma lâmpada do terminal, ela poderá acender. (MATTEDE, 2018)

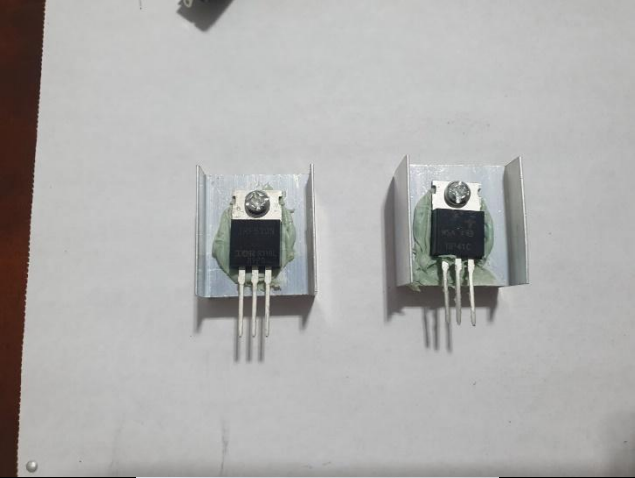

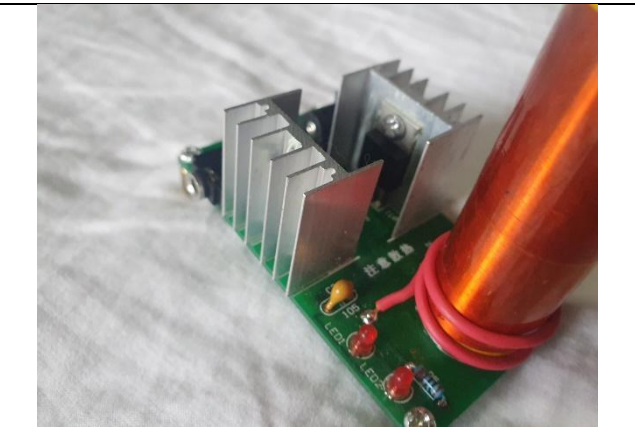
3.2.3 Bobina de Tesla Musical

Esta atividade experimental possibilita estudar os conceitos físicos de: i) força elétrica; ii) campo elétrico; iii) potencial elétrico; iv) corrente elétrica; vi) transformador ressonante; vii) calor; viii) ondas.

Tabela 3.5 - Materiais usados na montagem da Bobina de Tesla Musical.

MATERIAIS UTILIZADOS		
<i>Descrição</i>	<i>Unidades</i>	<i>Quantidade</i>
placa PCB	peça	1
Bobina	peça	1
Fio	cm	20
pino de entrada de energia	peça	1
pino p2 para entrada de música	peça	1
Transistores	unidades	2
parafusos/pino	unidades	4
capacitor eletrolítico	peça	1
capacitor cerâmico	peça	1
LEDS	unidades	2
resistores de 2 K Ω	unidades	2
resistores de 10 K Ω	unidades	2
Dissipadores	unidades	2
led para teste	unidades	15
cabo de fonte	peça	1
Pasta térmica de 20 g	unidades	2
Solda à base de estanho e chumbo	g	5

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

4°	<p>Coloque um pouco de pasta térmica no verso do transistor e, em seguida, parafuse-o no dissipador;</p>	
5°	<p>Raspe a extremidade do fio da bobina e a cole no local indicado na placa PCB. Solde a extremidade inferior da bobina e a bobina primária;</p>	
6°	<p>Solde os dissipadores na placa, tomando cuidado com a numeração dos transistores em cada posição desejada;</p>	

7°	Por fim, solde os pinos de entrada de energia e música.	
----	---	--

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

3 – Bobina de Tesla Musical

3.1 – Funcionamento do Led

- Com o aparelho desligado, um aluno aproxima um LED difuso;
- Em seguida, ligue o aparelho e aproxime o LED.

3.2 – Ação do campo

- Com o aparelho desligado, vários alunos aproximam os LEDs;
- Em seguida, ligue o aparelho e reaproxime os alunos com os vários LEDs.

3.3 – Ação da temperatura

- Com o aparelho desligado, um aluno aproxima da extremidade com um papel;
- Em seguida, ligue o aparelho e encoste o papel no arco formado.

3.4 – Bobina e a música

- Com o aparelho desligado, conecte o cabo P2 em um celular;
- Em seguida, ligue o aparelho e uma música no aparelho celular.

Funcionamento:

De acordo com os passos apresentados na Tabela 3.6, o funcionamento do experimento é explicado nos parágrafos abaixo.

A estrutura desse experimento consiste basicamente no mesmo modelo citado anteriormente, mas com um sistema mais elaborado, pois é possível observamos que temos um transformador primário acoplado a um centelhador, o qual está associado em paralelo com um capacitor e uma bobina primária de um segundo transformador - ligados em série entre si. Uma vez que o capacitor esteja carregado, a tensão se eleva, fazendo uma corrente elétrica percorrer a bobina primária, gerando um campo magnético variável (transistores) que, por sua vez, irá induzir uma nova corrente em uma bobina secundária. (CHIQUITO e LANCIOTTI JR., 2000)

A configuração da estrutura funcional do experimento, citado no parágrafo anterior, é capaz de transformar tensões de rede 127 V, por exemplo, em tensões elevadíssimas, da ordem de milhões de volts. Uma vez elevada, a alta tensão elétrica em relação ao ar, também conhecida como diferença de potencial, é suficientemente grande para romper a chamada rigidez dielétrica do ar, tornando o ar um condutor e, assim, produzindo um arco elétrico. (HELERBROCK, 2020)

Então, ao serem gerados, os arcos elétricos emitem uma certa frequência audível, ou seja, o som. Através dos mecanismos de programação, foi possível através de códigos ajustar as frequências até que elas oscilassem na mesma frequência de uma nota musical. (MARUCCO, 2019)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ensino da Física, assim como o de todas as Ciências, tem como base a figura do professor reflexivo, capaz de contribuir com os paradigmas de sua profissão. A possibilidade de mudança na prática de ensino integrado tem o aspecto positivo no conjunto dos resultados de uma escola, uma vez que aprender em parceria ou ser parceiro na aprendizagem propicia a melhoria na qualidade do processo educacional. Acreditamos que o trabalho em parceria no ensino pode ampliar as possibilidades no desenvolvimento das competências dos alunos em formação, além de promover melhorias no Ensino das Ciências na Educação Básica.

Os vários ramos de estudo da disciplina de Física exigem o desenvolvimento, por parte dos estudantes, de habilidades específicas e a capacidade de abstração e compreensão integral de seus conteúdos. Portanto, é de grande relevância que os professores dessa área adotem metodologias diversificadas e que favoreçam o desenvolvimento dessas habilidades, bem como

possibilitem que os estudantes possam alcançar um nível maior de compreensão e se sintam estimulados a investigar e experimentar os conteúdos abordados durante as aulas.

Utilizar as atividades práticas como elemento pedagógico depende, inicialmente, da predisposição e ação de cada professor, contudo salientamos a relevância dessa iniciativa. Por exemplo, no desenvolvimento deste projeto incluímos perguntas direcionadas aos estudantes, perguntas tais quais: “Por que as experiências eletrostáticas não funcionam bem em dias úmidos?”; “Andando-se vigorosamente sobre um tapete, frequentemente experimenta-se uma descarga elétrica ao tocar uma maçaneta de uma porta. Qual é a causa disso? Como evitá-lo?”; “Qual a diferença entre condutores e isolantes (ou dielétricos)? Justifique”; “Como uma lâmpada acende usando a Bobina de Tesla?”; “Por que saem raios da bobina?”.

Todavia, acreditamos que organizar grupos de professores nas escolas para planejar, preparar e realizar essas atividades ajuda a estabelecer um ambiente escolar favorável ao uso dessa metodologia. Quando se trabalha por um objetivo atuando coletivamente, fica mais fácil obter apoio pedagógico da Coordenação e da Direção. Acreditamos também que atividades de formação continuada abordando esse tema são indispensáveis para estimular e capacitar os profissionais. Professores que usam essa metodologia, mediante um planejamento criterioso, realizando todos os preparativos necessários, demonstram grande satisfação com os resultados: alunos mais motivados, mais ativos, mais comprometidos e agindo com autonomia. Para esses professores, não há dúvida de que as atividades práticas constituem um recurso pedagógico que melhora o ato da docência. Salientamos, ainda, a importância do diálogo interdisciplinar, inclusive no sentido daquilo que vem sendo proposto pelas diretrizes do currículo do Novo Ensino Médio do MEC.

O Produto Educacional, construído ao longo da pesquisa, pode vislumbrar novas perspectivas de estudos futuros na área do ensino colaborativo, em que a palavra parceria possa ser empregada no contexto teórico e metodológico de novas práticas docentes e aproximar-se do conceito de interdisciplinaridade.

Finalmente, esperamos que as atividades apresentadas no presente trabalho possam contribuir para aperfeiçoar as metodologias e recursos avaliativos utilizados pelo docente, afastando as ideias engessadas do tradicionalismo pedagógico e abrindo novos horizontes em que estudantes e professores vislumbrem novas possibilidades para um processo de ensino e aprendizagem que contemplem as múltiplas possibilidades dos saberes e os vários processos cognitivos da mente, enquanto um fator subjetivo. Aqui, o professor enquanto vetor do saber

científico, faz-se ponte entre educandos e as Ciências da Natureza, elucidando conceitos físicos, em especial da Eletrostática.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J.F.2021, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL NO ENSINO

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. **Física aula por aula**. 2.ed. São Paulo, FTD, 2013.

BASSINI, A. (2020) Gerador de Van de Graaff.

BORGES, Antônio Tarciso. **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

CHIQUITO e LANCIOTTI Jr, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, n. 1, pp. 69-77 (2000).

DA FÍSICA; 2021, <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1774>.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 7. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio; BRAGA, Marco. Uma abordagem histórico-filosófico para o eletromagnetismo no ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, n.2, p. 224-248, 2009.

HELERBROCK, R. 2020. Artigo publicado em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/a-rigidez-dieletrica.htm>

_____, "Processos de eletrização"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/processo-eletrizacao.htm>. Acesso em 09 de novembro de 2023.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent N. **The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century**. Science Education, The Pennsylvania State University, University Park, 2003. PA 16802, USA.

MARUCCO, L.2018. Artigo publicado em:

<https://lhmarucco.wixsite.com/profmarucco/post/bobina-de-tesla-musical-como-funciona>

MATTEDE, H. 2018. “Bobina de Tesla – O que é e como funciona”;

<https://www.mundodaeletrica.com.br/bobina-de-tesla-o-que-e-como-funciona/>

MEC, 2023, <http://basenacionalcomum.mec.gov.br> > aprofundamentos; consulta em 23.03.2023.

NASCIMENTO, R.; 2011. “O Gerador de Van Der Graaff”;

<https://pt.scribd.com/document/76856987/O-Gerador-de-Van-Der-Graaff#>

PENIN, S. T. S. **A aula**: Espaço de conhecimento, lugar de cultura. 5ª Edição, Campinas-SP: Papirus, 1994.

PEREIRA, Aline. 2020; Mini bobina de Tesla: uma proposta didática de atividade experimental para o Ensino Secundário; UFC.

RESES, Gabriela de Leon Nóbrega. **Didática e Avaliação no Ensino de Ciências**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

RIBEIRO, Milton Souza. FREITAS, Dagoberto da Silva. MIRANDA, Durval Eusíquio. **A Problemática do Ensino de laboratório de Física da UEFS**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 19, nº4, dezembro de 1997, p. 444 a 447.

RONQUI, Ludimilla; SOUZA, Marco Rodrigo de; FREITAS, Fernando Jorge Coreia de. **A importância das atividades práticas**. Revista científica da Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal – FACIMED. 2009. Cacoal – RO.

SANTOS, Kelly Vinente dos. Fundamentos de eletricidade / Kelly Vinente dos Santos. – Manaus: Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, 2011.

SILLAS, J.; 2011; Júnior, Joab Silas da Silva. "Gerador de Van de Graaff"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/gerador-van-graaff.htm>. Acesso em 22 de março de 2023.

VASCONCELLOS, C. S. **Formação didática do educador contemporâneo: desafios e perspectivas.** In: ESTADUAL PAULISTA. Prograd. Caderno de Formação: formação de professores didática geral. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011, p. 33-58, v. 9.

VIVIANI, Daniela; COSTA, Arlindo. **Práticas de Ensino de Ciências.** Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

1. Como ocorre a eletrização dos corpos?

2. Já ouviu falar em materiais isolantes e condutores? Em qual desses tipos de materiais existem uma quantidade maior de elétrons livre?

a) Isolantes

b) Condutores

3. Que tipo de carga elétrica se movimenta em um fio metálico?

a) Prótons

b) Nêutrons

c) Elétrons

4. O que é necessário para ser estabelecida uma corrente elétrica num fio condutor?

a) DDP

b) Resistor

c) Força

5. O que você entende por eletromagnetismo?

APÊNDICE C: ROTEIRO DO PROCESSO EXPERIMENTAL

1 – *Gerador de Van de Graaff*

1.1 - Descarga em gases

- a) Ligue o aparelho por alguns instantes e aproxime o bastão de teste da esfera;
- b) Em seguida, aproxime uma das extremidades da lâmpada de gás da esfera do gerador;
- c) Justifique os dois fenômenos observados.

1.2 - Distribuição de cargas em um condutor

- a) Fixe pedaços de papel nas superfícies externas da esfera do gerador;
- b) Ligue o aparelho por alguns instantes e desligue-o;
- c) Justifique os fenômenos observados.

1.3 - Ionização do ar

- a) Ligue o aparelho por alguns instantes;
- b) Em seguida, acenda uma vela e aproxime-a da ponta metálica;
- c) Justifique o fenômeno observado.

1.4 – Eletrização dos cabelos

- a) Com o aparelho desligado, um voluntário coloca as mãos no gerador;
- b) Em seguida, ligue o aparelho por alguns instantes;
- c) Justifique o fenômeno observado.

2 – *Bobina de Tesla*

2.1 – Funcionamento do Led

- a) Com o aparelho desligado, um aluno aproxima um LED difuso;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e aproxima o LED;
- c) Justifique o fenômeno observado.

2.2 – Ação do campo

- a) Com o aparelho desligado, vários alunos aproximam os LEDs;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e reaproximam os alunos com os vários LEDs;
- c) Justifique o fenômeno observado.

3 – *Bobina de Tesla Musical*

3.1 – Funcionamento do Led

- a) Com o aparelho desligado, um aluno aproxima um LED difuso;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e aproxima o LED;
- c) Justifique o fenômeno observado.

3.2 – Ação do campo

- a) Com o aparelho desligado, vários alunos aproximam os LEDs;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e reaproximam alunos com os vários LEDs;
- c) Justifique o fenômeno observado.

3.3 – Ação da temperatura

- a) Com o aparelho desligado, um aluno aproxima da extremidade com um papel;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e encosta o papel no arco formado;
- c) Justifique o fenômeno observado.

3.4 – Bobina e a música

- a) Com o aparelho desligado, conecte o cabo P2 em um celular;
- b) Em seguida, ligue o aparelho e uma música no aparelho celular;
- c) Justifique o fenômeno observado.

APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTOS

1. Quais são os processos de eletrização no Gerador de Van De Graaff? Justifique.
2. Qual o princípio de funcionamento do Gerador de Van De Graaff?
3. Como ocorre o carregamento da esfera metálica do Gerador de Van De Graaff?
4. Qual tipo de eletrização ocorre quando é colocada a mão no Gerador de Van De Graaff?
5. Por que as experiências eletrostáticas não funcionam bem em dias úmidos?
6. Andando-se vigorosamente sobre um tapete, frequentemente experimenta-se uma descarga elétrica ao tocar uma maçaneta de uma porta. Qual é a causa disso? Como evitá-lo?
7. Qual a diferença entre condutores e isolantes (ou dielétricos)? Justifique.
8. Explique a deflexão ocorrida na chama da vela, sob a ação de um campo elétrico, em termos da ionização das moléculas de ar.
9. Como uma lâmpada acende usando a Bobina de Tesla?
10. Por que saem raios da bobina?
11. Como é possível ouvir música em uma bobina?
12. Como é possível colocar fogo em um papel usando a Bobina de Tesla?

APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SOCIOEDUCATIVO

1. Você gosta de Matemática?

- a. Sim b. Não c. Tenho interesse, porém muita dificuldade.

2. Você gosta de Física?

- a. Sim b. Não c. Tenho interesse, porém muita dificuldade.

3. Você gosta mais de:

- a. Aula prática b. Aula teórica

4. Na sua opinião, o professor de física possui domínio do conteúdo ensinado?

- a. Sim b. Não

5. Em sua opinião, o professor possui uma boa didática?

a. Sim

b. Não

c. As aulas seriam mais interessantes se a estrutura da escola possibilitasse a realização de mais aulas práticas em laboratório com equipamentos específicos.

6. Como você se considera quanto a sua dedicação nos estudos?

a. Muito comprometido.

b. Freqüento as aulas, porém nem sempre realizo as atividades.

c. Falto muita aula.

7. As aulas experimentais (práticas) facilitam o entendimento dos conceitos físicos?

a. Com toda certeza, sim.

b. Não faz diferença alguma para mim.

c. Tenho muita dificuldade de compreensão apenas com aulas teóricas e as aulas práticas me ajudam a compreender muito melhor o conteúdo

8. As aulas experimentais te motivam a ir para a escola?

a. Sim, já que significa uma oportunidade de interação com os colegas.

b. Não.

9. As aulas com experimentos práticos te ajudam a ver sentido na aplicabilidade da Física em sua vida cotidiana?

a. Sim b. Não

10. O uso de recursos práticos te ajuda a entender a matemática presente na disciplina de Física?

a. Sim

b. Não

c. Não consigo relacionar matemática e física.