



INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM
TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA INDUSTRIAL – TEI

NIXON DA SILVA MOÇAMBITE

**Gerador de Van de Graaff: Conceitos de Eletrostática
baseado na Experimentação**

MANAUS – AM

06/2022

NIXON DA SILVA MOÇAMBITE

**Gerador de Van de Graaff: Conceitos de Eletrostática
baseado na Experimentação**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora, como
exigência parcial para a obtenção de título
de Tecnólogo do Curso de Tecnologia em
Eletrônica Industrial, do Instituto Federal
do Amazonas – IFAM/CMDI.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Fonseca de
Souza.

MANAUS-AM

06/ 2022

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por me dar a oportunidade e os recursos necessários para concluir o Curso. Sem Ele, nada disso seria realidade, a sua Graça e a sua Misericórdia me sustentaram do início até o fim dessa jornada.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, orando por mim, mesmo quando estive ausente. Pois, entenderam que esse momento era necessário e que a vitória seria de toda a família.

Ao professor Daniel Souza pela sugestão do tema e pelo suporte e orientação na elaboração do TCC.

A todos os professores que se empenharam por contribuir de forma significativa com conhecimento e lição de vida para minha formação acadêmica e profissional.

Ao Seu Antônio, um grande amigo que fiz ao longo do curso. Companheiro e conselheiro nas horas difíceis. Me ajudou bastante nas produções acadêmicas, mas principalmente com lições de vida. Ficaré para sempre em minha memória.

A todos os colegas e amigos de curso com os quais eu convivi, que por meio das experiências compartilhadas me ajudaram nessa construção.

GERADOR DE VAN DE GRAAFF: CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA BASEADO NA EXPERIMENTAÇÃO

RESUMO

Diante das limitações e dificuldades que o professor encontra no ensino de Física e na execução de atividades experimentais, a presente pesquisa tem como objetivo propor o uso do gerador de Van de Graaff. Serão apresentados os componentes do gerador, destacando o seu funcionamento e aplicação, além de mostrar o processo de montagem de um modelo confeccionado a partir de materiais reaproveitáveis de fácil obtenção e baixo custo. Com base nos conteúdos de eletrostática, em especial a eletrização por atrito, foram elaboradas propostas de atividades e as possíveis abordagens das mesmas com o gerador. Mais do que avaliar a eficácia do recurso, esta pesquisa tem como intenção maior possibilitar uma alternativa ao professor de Física em sala de aula e nos laboratórios do IFAM/CMDI.

Palavras-chave: Ensino de Física; Atividade Experimental; Gerador de Van de Graaff; Eletrização por Atrito

ABSTRACT

Faced with the limitations and difficulties that the teacher finds in the teaching of Physics and in the execution of experimental activities, the present research aims to propose the use of the Van de Graaff generator. The generator components will be presented, highlighting its operation and application, in addition to showing the assembly process of a model made from easily obtainable and low cost reusable materials. Based on the contents of electrostatics, especially electrification by friction, proposals for activities and possible approaches to them with the generator were prepared. More than evaluating the effectiveness of the resource, this research aims to provide an alternative to the Physics teacher in the classroom and in the laboratories of IFAM/CMDI.

Keywords: Physics Teaching; Experimental activity; Van de Graaff generator; Electrification by Friction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Robert Jemison Van de Graaff.....	8
Figura 2: Gerador de Van de Graaff.....	8
Figura 3: Esquema do Gerador Van de Graaff.....	10
Figura 4: Processos de Eletrização.....	11
Figura 5: Eletrização por atrito.....	12
Figura 6: Série Triboelétrica.....	13
Figura 7: Base do Gerador.....	15
Figura 8: Coluna (suporte).....	15
Figura 9: Roletes inferior e superior.....	16
Figura 10: Correia.....	16
Figura 11: Esfera Metálica (domo).....	17
Figura 12: Escovas.....	17
Figura 13: Motor.....	17
Figura 14: Motor e circuito elétrico.....	18
Figura 15: Construção da coluna – Rolete inferior.....	19
Figura 16: Construção da coluna – Rolete superior.....	19
Figura 17: Escovas inferior e superior.....	20
Figura 18: Esfera Metálica.....	21
Figura 19: Gerador de Van de Graaff – Montado.....	21
Figura 20: Gerador de Van de Graaff – Modelo didático.....	24
Figura 21: Materiais e Montagem do Bastão de Testes.....	25
Figura 22: Quebra da Rigidez Dielétrica do Ar.....	26
Figura 23: Descarga Elétrica – Relâmpago.....	27
Figura 24: Materiais usados na Confecção do Torniquete Elétrico.....	28
Figura 25: Montagem do Torniquete Elétrico.....	28
Figura 26: Torniquete Eletrostático conectado ao Gerador de Van de Graaff.....	29
Figura 27: Torniquete Eletrostático.....	30
Figura 28: Para-raios.....	30
Figura 29: Materiais e Montagem do Experimento.....	31
Figura 30: Ação do Campo Elétrico dentro e fora da Cúpula do Gerador.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. OBJETIVO GERAL	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. ORIGEM E FUNCIONAMENTO DO GERADOR DE VAN DER GRAAFF	8
3.1. PROCESSO DE ELETRIZAÇÃO	10
3.1.1. Eletrização por Atrito	12
4. PERCURSO METODOLÓGICO	14
4.1. CONSTRUÇÃO DO GERADOR COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO	14
4.1.1. Materiais utilizados e confecção das partes do Gerador	14
4.1.2. Montagem do Gerador	18
5. EXPERIMENTAÇÃO: O ESTUDO DA ELETROSTÁTICA UTILIZANDO O GERADOR DE VAN DE GRAAFF	22
5.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	23
5.1.1. EXPERIMENTO 1 – QUEBRA DA RIGIDEZ DIELÉTRICA DO AR – DE ISOLANTE A CONDUTOR	25
5.1.2. EXPERIMENTO 2 – TORNIQUETE ELETROSTÁTICO – PODER DAS PONTAS	28
5.1.3. EXPERIMENTO 3 – CAMPO ELÉTRICO – FORÇAS DE ATRAÇÃO E REPULSÃO	31
6. DISCUSSÃO	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho é resultado da inquietação de como melhorar o ensino de Física do Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial do IFAM/CMDI. Como facilitar a compressão dos alunos acerca de conceitos físicos fundamentais necessários à sua formação intelectual e profissional, ou, como fazer da sala de aula um ambiente que possibilite aos alunos o desenvolvimento autônomo de suas capacidades e habilidades cognitivas, de tal forma que supere a técnica memorística de regras e fórmulas, que compromete a formação de estruturas lógicas físicas, e alcance o nível da conceituação.

A abordagem baseada apenas na exposição teórica de conteúdos ou de conceitos abstratos, não favorece o debate, a discussão, enfim, o diálogo entre os sujeitos envolvidos nesse processo, em qualquer nível de ensino que considerarmos, o que acaba comprometendo a formação de estruturas lógicas cognitivas responsáveis pela construção do conhecimento. O ensino centrado nos conceitos teóricos, sem incluir situações reais, torna a disciplina desinteressante e sem sentido para o aluno (PERUZZO, 2013), resultando na desmotivação por parte de muitos alunos, especialmente em relação aos conceitos de física.

Nesse contexto, o uso de atividades experimentais como estratégia para o ensino de Física tem sido apontada como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar física de modo significativo e consistente (PERUZZO, 2013). Pois, permitem a simulação de situações-problema presentes no cotidiano do aluno, as quais exigem soluções reais e imediatas, e isso estimula o planejamento das ações e a tomada de consciência.

Por meio da experimentação, o aluno passa a enxergar o fenômeno não só como uma teoria, mas como, uma realidade. Sendo assim, a atividade experimental apresenta-se como uma importante ferramenta pedagógica, apropriada para despertar o interesse dos alunos, motivá-los para os temas propostos pelos professores e capaz de ampliar a capacidade de abstração e compreensão dos alunos – por meio da relação da teoria com a prática – para uma aprendizagem conceitual.

Nessa perspectiva, o aluno deixa de ser um mero espectador que acata e concorda com o demonstrado, e passa a ser sujeito do processo de construção do conhecimento, interagindo de forma autônoma com o objeto do conhecimento (Gerador de Van de Graaff). Pois, como argumenta Pacheco (2006), “os alunos, em

situações de experimentação, com caráter investigativo, têm seus próprios “métodos” de proceder diante do fenômeno e, com eles, suas próprias concepções e organicidade sobre o referido fenômeno”.

Entre as atividades experimentais tem se destacado nos últimos anos a utilização de experimentos maker, os quais envolvem um conjunto de atividades criativas em que as pessoas usam, adaptam e modificam os materiais existentes para produzir alguma coisa (BUECHLEY, L. et al, 2009). O movimento maker é influenciado pela cultura do “faça você mesmo” ou, Do-It-Yourself (ou simplesmente DIY) em inglês. Esta cultura estabelece que qualquer pessoa, mesmo que não seja um especialista no assunto, pode construir, restaurar, transformar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos usando materiais de baixo custo e as suas próprias mãos (HALVERSON; SHERIDAN, 2014).

Os projetos desenvolvidos por esta técnica, são muitas das vezes codificados e compartilhados para que outros possam reproduzir, reinterpretar ou reinventá-los. Um exemplo é o Gerador de Van de Graaff – objeto de estudo deste trabalho – o qual basicamente, utiliza-se de uma correia móvel para transferir cargas elétricas para uma esfera metálica que fica na parte superior do gerador, acumulando assim grande quantidade de cargas na superfície da esfera.

Uma das formas mais simples e prática de percebermos evidências das cargas acumuladas na superfície da esfera é quando uma pessoa coloca a mão sobre a esfera e os fios de seus cabelos ficam levantados. Ao observarem efeitos como esse, os alunos ficam curiosos e buscam entender o fenômeno observado. Aumentando dessa forma o interesse pelas aulas de Física sobre Eletrostática, o ramo da Física se ocupa das propriedades das cargas elétricas em repouso.

Então, dada a importância da temática, planejamos, construímos e aplicamos um modelo do Gerador de Van de Graaff a partir de materiais de baixo custo. Os materiais de baixo custo têm sido empregados em muitos experimentos de Física, o seu uso é justificado segundo Laburú e Barros (2008) por fatores como, por exemplo: fácil manutenção, reposição rápida e fácil manuseio.

Por último, construímos um roteiro ou proposta didática para aulas experimentais de Física, do Curso de Eletrônica, utilizando o Gerador de Van de Graaff, o qual, posteriormente, será disponibilizado como produto final ao IFAM/CDMI, e poderá ser utilizado nas aulas experimentais de Física, sobre Eletrostática.

2. OBJETIVOS

2. 1. OBJETIVO GERAL

Planejar e construir um Gerador de Van de Graaff com materiais de baixo custo e utilizá-lo como ferramenta de ensino e aprendizagem em aulas experimentais de Eletrostática do Curso de Eletrônica do IFAM/CMDI.

2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a descrição e funcionamento do Gerador de Van de Graaff;
- Confeccionar um modelo de Gerador, como proposta para o ensino e aprendizagem de Eletrostática;
- Compreender os conceitos fundamentais da Eletrostática por meio da experimentação, com o uso do Gerador de Van de Graaff;
- Elaborar uma proposta de experimentos para aulas de Física sobre Eletrostática utilizando o Gerador de Van de Graaff.

3. ORIGEM E FUNCIONAMENTO DO GERADOR DE VAN DE GRAAFF

O gerador de Van de Graaff foi desenvolvido em 1929 pelo engenheiro americano Jemison Van de Graaff, com o objetivo de atingir altas tensões.

Figura 1: Robert Jemison Van de Graaff



Robert J. Van de Graaff - 22784515 (google.com)

Figura 2: Gerador de Van de Graaff



<https://delphipages.live/pt/ciencia/fisica/fisicos>

Esse equipamento foi indispensável para condução das pesquisas sobre a constituição dos átomos e pesquisas nucleares; tendo, como consequência, aplicações diretas em várias áreas do conhecimento como na Medicina e na Indústria. O gerador de Van de Graaff funciona com base no processo de eletrização por atrito, onde um corpo eletricamente neutro torna-se um corpo eletricamente carregado.

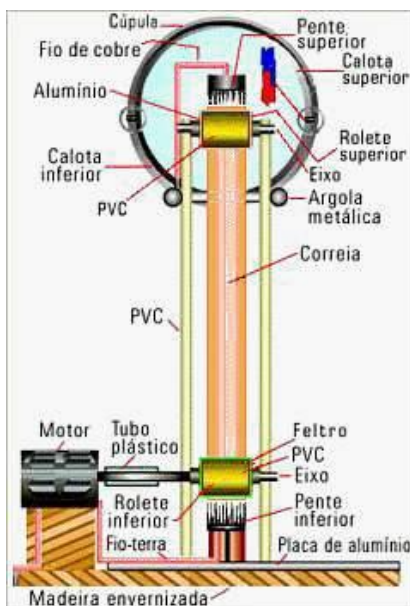
Os geradores desenvolvidos para experimentos de aceleração de partículas são de grande porte podendo chegar até 13 metros de altura e com esferas metálicas de 4,5 metros de diâmetro (figura 2); quanto maior o diâmetro da esfera maior sua capacidade de acumular cargas (LEITE 2015, p. 11). Baseando-se nos grandes projetos de construção do Gerador de Van de Graaff, outros modelos similares com a mesma composição, mas em menor proporção, podem ser construídos para fins de experimentação didática em sala de aula ou em laboratórios.

O processo de funcionamento começa a partir do movimento da correia que se eletriza por atrito com a escova, a correia tem a função de transportar as cargas vindas da escova até o pente coletor. A escova fica abaixo do rolete inferior entrando levemente em contato com a parte externa da correia. O pente coletor fica acima do rolete superior e coleta, por indução, as cargas presentes na correia eletrizada e em contato com a esfera metálica distribui as cargas por toda sua superfície de maneira uniforme.

Os roletes inferior e superior têm a função de fazer com que a correia fique em movimento, eles ficam por dentro da correia em contato com sua parte interna. O primeiro rolete, o inferior, tem o eixo conectado a uma polia que está ligada ao motor; então, sempre que o motor girar o rolete também vai girar (esse rolete que dá movimento a correia). O segundo rolete, o superior, tem o eixo livre, ou seja, ele gira de acordo com o movimento da correia e serve como tensor da correia.

A coluna (suporte) abriga os roletes, escova, pente e correia. Essa coluna é isolante e serve para que as cargas não se dissipem no ar e ainda serve de suporte para a esfera metálica que fica no topo da coluna, conforme a figura 3. Nesse processo, as cargas são acumuladas pela esfera metálica até que um campo elétrico de alta tensão é criado e o ar nas redondezas do condutor sofrerá um processo de ionização, o chamado efeito corona, que limitará o acúmulo de cargas elétricas na esfera.

Figura 3 – Esquema do Gerador Van de Graaff



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/gerador-de-van-graaff/>

Nesse sentido, Bernardo (2017, p. 4), reitera que

Para reproduzir processos de eletrização (atrito, contato e indução) é utilizado o gerador de Van Der Graaf que é um equipamento que se utiliza de uma correia móvel para acumular tensão eletrostática muito alta na cavidade de uma esfera de metal, capaz de armazenar grandes quantidades de cargas elétricas, podendo gerar alta tensão (cerca de 100.000 volts).

Com base na descrição, podemos então considerar modelos didáticos do gerador de Van de Graaff construídos em dimensões menores que o original, que nos permitam realizar demonstrações que contextualizam diversos aspectos dos fenômenos eletrostáticos (SAVIO, PALMA E KOJICOVSKI, 2015), como o estudo de eletrização por atrito, cargas elétricas, rigidez dielétrica etc., e que podem ser utilizados em salas de aula e laboratórios de Física do IFAM CMDI.

3. 1. PROCESSO DE ELETRIZAÇÃO

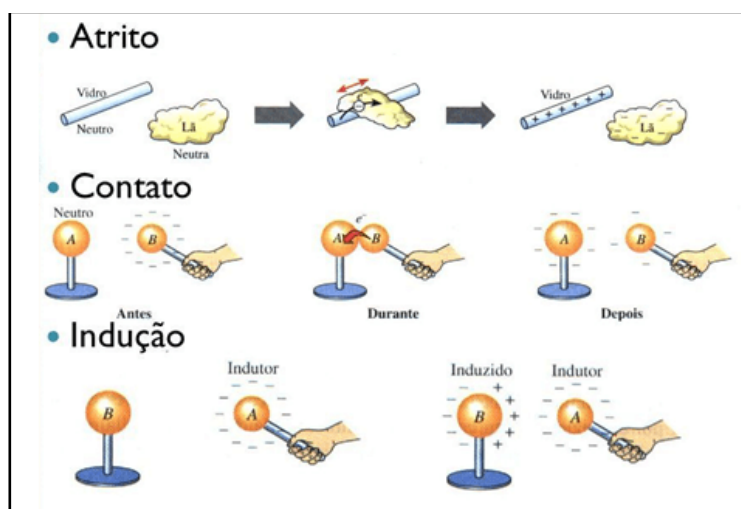
A Eletrização é o processo pelo qual um corpo eletricamente neutro – mesma quantidade de prótons e elétrons – torna-se um corpo eletricamente carregado. Todos os processos de eletrização – por atrito, por contato e por indução - consistem

em retirar ou fornecer elétrons a um corpo (Figura 4). Desse modo, quando um corpo neutro recebe elétrons, sua carga torna-se negativa, reciprocamente, ao perder elétrons, sua carga torna-se positiva.

BERNARDO (2017, p. 4), explica que

Durante esses processos de eletrização a distribuição de cargas gera um campo elétrico, afetando o espaço ao seu redor. As características do campo elétrico são determinadas pela distribuição de energias ao longo de todo o espaço afetado. Se a carga de origem do campo for positiva, uma carga negativa introduzida nele se moverá, espontaneamente, por meio da atração eletrostática, caso contrário as cargas se repelem entre si.

Figura 4: Processos de Eletrização



Fonte: <https://www.gestaoeducacional.com.br/eletrostatica>

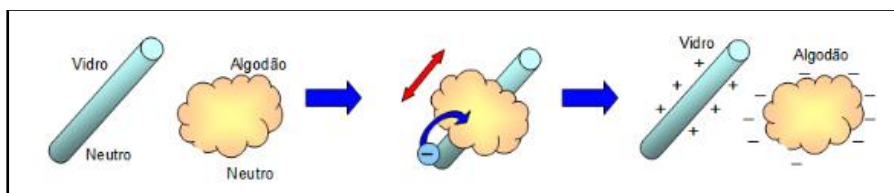
Quanto ao caso específico do gerador de Van de Graaff que apresentamos nesse trabalho, ressaltamos que trata-se de um modelo do tipo auto-excitado, o qual trabalha segundo princípios do efeito triboelétrico, um fenômeno que ocorre quando dois materiais diferentes estão bem juntos e então são puxados para que se separem, gerando atrito entre eles; quando separados, experimentam uma migração de elétrons de um para outro, tornando-se ambos eletrizados (NETTO, 2010, p. 3). É o que ocorre, por exemplo, entre a correia e o rolete inferior do Gerador de Van de Graaff.

3. 1. 1. ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

Nos materiais isolantes, em particular, os elétrons geralmente encontram-se fortemente atraídos pelos núcleos de seus próprios átomos, por isso, precisam de uma energia extra para saltar de um corpo para outro. Nesse caso, o atrito entre os corpos favorece o processo de eletrização, ou seja, quando dois corpos são atritados entre si um dos corpos perde elétrons e o outro ganha elétrons. Então, ao final do processo, os dois corpos estarão com cargas de módulo igual, mas de sinais opostos. Este processo é chamado de Eletrização por Atrito (SILVA, 2011).

Um exemplo simples onde podemos observar este fenômeno facilmente, consiste em esfregar um pedaço de algodão em um bastão de vidro. O algodão fica carregado negativamente, pois ganha elétrons; enquanto o bastão de vidro fica carregado positivamente, pois perde elétrons (Figura 5).

Figura 5: Eletrização por atrito



Fonte: Aprendendo Sobre os Tipos de Eletrização (infoenem.com.br)

No entanto, devemos considerar que nem sempre dois corpos de materiais diferentes vão se eletrizar quando atritados entre si, pois dependem de sua afinidade elétrica, ou seja, a tendência de ganhar ou perder elétrons. Então, para sabermos quais os pares de materiais que quando atritados, ficam eletrizados, existe uma tabela de afinidade elétrica, conhecida como série triboelétrica, a qual separa diferentes materiais de acordo com sua tendência de ganhar ou perder elétrons.

Na tabela da Figura 6, por exemplo, os primeiros materiais, na parte mais alta da série triboelétrica, são aqueles que tendem a adquirir cargas positivas quando atritados, ou seja, tendem a perder elétrons. Os últimos materiais, por sua vez, são aqueles que tendem a absorver elétrons e, portanto, a apresentar cargas negativas após terem sido atritados.

Figura 6: Série Triboelétrica

	A	B	C
1		Materiais	
2		Pele Humana seca	
3		Couro	
4		Pele de Coelho	
5		Vidro	
6		Cabelo Humano	
7		Fibra sintética	
8		Lã	
9		Chumbo	
10		Pele de gato	
11		Seda	
12		Alumínio	
13		Papel	
14		Algodão	
15		Aço	
16		Madeira	
17		Âmbar	
18		Borracha dura	
19		Níquel e Cobre	
20		Latão e Prata	
21		Ouro e Platina	
22		Poliéster	
23		Filme de PVC	
24		Poliuretano	
25		Polietileno (fita adesiva)	
26		Polipropileno	
27		Vinil (PVC)	
28		Silicone	
29		Teflon	

Fonte: <https://www.hardwarecentral.net/single-post/cap-20-eletróstática>

Para saber quais materiais são compatíveis, ou seja, que se eletrizarão ao serem atritados, devemos escolher aqueles que se encontram o mais distante uns dos outros na tabela, como o último e o primeiro, por exemplo. Fazendo isso, garantimos que um dos elementos absorva os elétrons soltos pelo outro elemento com o qual é atritado.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa está pautada numa abordagem qualitativa, tendo em vista o objeto de estudo e as características do fenômeno a serem investigados, os quais sugerem a interação do sujeito com o objeto do conhecimento, buscando apreender a relação teoria-prática na construção do conhecimento, por alunos do Curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial do IFAM/CMDI. Para tanto, adotamos como modalidade de pesquisa a experimentação, contemplando as fases de planejamento, concepção, aplicação, análise e avaliação de um protótipo do Gerador de Van De Graaff.

Começamos com a pesquisa bibliográfica, onde estudamos sobre a origem do gerador, seu criador e o objetivo para o qual o Gerador de Van de Graaff foi criado. Ainda com base na pesquisa bibliográfica, apresentamos cada componente que compõe o Gerador e explicamos sobre o funcionamento de cada parte, e, também do todo, o qual se dá por meio do princípio da eletrização por atrito.

Cumprida a fase da pesquisa bibliográfica, passamos então ao planejamento e à construção de um modelo de Gerador de Van de Graaff. Desta feita, substituímos os componentes do gerador original por peças cujos materiais são de fácil obtenção e de baixo custo, potencializando o uso desse recurso como ferramenta didática nas aulas de Física do Curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial do IFAM/CMDI. Paralelamente, foram elaborados experimentos para a utilização do modelo em sala de aula e laboratórios do IFAM/CMDI.

4. 1. CONSTRUÇÃO DO GERADOR COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Inicialmente, apresentaremos materiais utilizados e em seguida o processo de montagem do gerador relacionando cada peça à sua função. Todos os registros de imagens dos materiais e do processo de montagem foram feitos pelo autor.

4. 1. 1. Materiais utilizados e confecção de cada parte do Gerador

Base: Para a base do Gerador utilizamos dois pedaços de madeira de tamanhos diferentes, medindo 62 cm x 10 cm e 44 cm x 7 cm, ambos serrados pela metade

(Figura 7a). Com os pedaços de madeira maior formamos uma base de 31 cm de comprimento por 20 cm de largura, apoiada em suportes de madeira menores medindo 22 cm de comprimento por 7 cm de largura, como mostra a Figura 7b.

Figura 7 - Base do Gerador



Coluna: Para a coluna utilizamos um Cano PVC de 50 mm de diâmetro e 43 cm comprimento (Figura 8). A escolha pelo material isolante é necessária para que não haja interferência na separação e condução das cargas geradas pelo processo de eletrização.

Figura 8 – Cano PVC 50mm para confecção da Coluna (suporte)



Roletes: Para o rolete inferior utilizamos um tubo de marcador para quadro branco (pincel) na cor azul, coberto por fita isolante e recoberto com fita teflon, recortado sob medida e encaixado no próprio eixo do motor. Para o rolete superior utilizamos como eixo fixo, um tubo de marcador para quadro branco (pincel) de 10 cm de comprimento,

passando por dentro de uma luva de $\frac{1}{2}$ polegada, a qual está livre para movimentar-se (em MCU) em torno do eixo fixo (Figura 9).

Figura 9 - Roletes inferior e superior



Correia: Para a confecção da correia, utilizamos tiras de EVA de 2,5cm de largura por 35cm de comprimento; sendo suas extremidades unida e coladas uma à outra com cola especial (Figura 10). A correia de borracha é responsável por transportar as cargas geradas pelo processo de eletrização até à cúpula do gerador.

Figura 10 - Correia



Esfera Metálica (domo): Foram usadas duas vasilhas de alumínio de 14 cm de diâmetro e 7 cm de altura. Com o auxílio de um objeto pontiagudo (faca), uma das vasilhas foi furada no centro e fixada com parafuso e porca borboleta no CAP 50 mm, que por sua vez, é encaixado na parte superior da coluna (cano PVC 50 mm). Em seguida juntamos as duas vasilhas fixando-as com fita isolante, a fim de deixá-las num formato semelhante ao de uma esfera. (Figura 11).

Figura 11 - Esfera Metálica (domo)



Escovas: Para confecção da escova e do pente coletor utilizamos uma latinha de alumínio. Com o auxílio de uma tesoura, recortamos duas peças retangulares de mesmo tamanho, cujas dimensões são de 8 cm x 4 cm. Em uma das extremidades de cada peça retangular fizemos recortes em forma de serra, especificamente nas extremidades que a escova e o pente terão contato com a correia e com a esfera, respectivamente (Figura 12).

Figura 12 - Escovas



Motor: Motor de bomba de máquina de lavar roupa (Figura 13). Todas as peças e conexões elétricas foram oriundas de material descartável.

Figura 13 - Motor



4. 1. 2. Montagem do Gerador

A montagem do Gerador se deu em três etapas: Motor e circuito elétrico, coluna (com o conjunto roletes/correia/escovas) e esfera metálica.

4. 1. 2. 1. Motor e circuito elétrico

Nessa etapa do processo de construção utilizamos os seguintes materiais:

- Motor de bomba de máquina de lavar
- 1 Fio flexível duplo (cabo de força)
- 1 Interruptor tipo pera
- 2 Terminais fêmea pré-isolado

Primeiro cortamos o plug fêmea do cabo de força e nessa mesma extremidade separamos os fios por 10 cm aproximadamente e conectamos os terminais fêmea isolando-os com fita isolante. Em seguida, à uma distância de 35 cm da extremidade dos terminais fêmea, separamos os fios do cabo de força mais uma vez, agora por 15 cm, para conexão do interruptor tipo pera. Por último, conectamos o cabo de força no Motor (Figura 14).

O interruptor tipo “pera” deu-nos a possibilidade de ligar e desligar o Gerador, em fase de testes ou demonstrações, sem a necessidade de desconectar da tomada. Para fixar o motor à base de madeira utilizamos uma abraçadeira.

Figura 14 – Motor e circuito elétrico

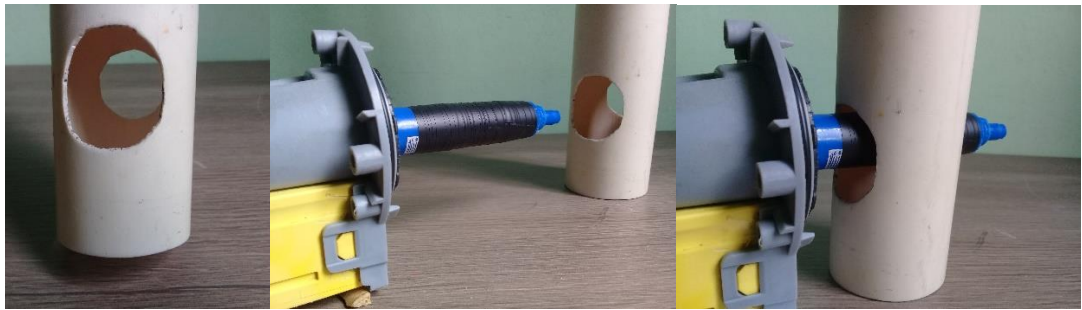


4. 1. 2. 2. Coluna – roletes, correia e escovas

Essa é a parte essencial do gerador de Van der Graaff, da qual depende o seu princípio de funcionamento que inclui principalmente os roletes e a correia. O processo consistiu na montagem da coluna (suporte) do gerador, a qual compreende os roletes inferior e superior, as escovas inferior e superior e a correia.

Primeiro, em uma das extremidades da coluna de PVC de 50mm de diâmetro, fizemos dois furos em pontos opostos e equidistantes ao centro de sua circunferência, para introduzirmos o rolete inferior que está fixado do próprio eixo do motor (figura 15). Antes de fixarmos o rolete inferior, colocamos a correia abraçando-o de modo que este sistema, rolete/correia, gire conjuntamente quando do acionamento do motor.

Figura 15: Construção da coluna – Rolete inferior



Em seguida, furamos a coluna na outra extremidade onde será fixado o eixo fixo do rolete superior. Os furos devem ser opostos e equidistantes em relação ao centro da circunferência de 50 mm de diâmetro da coluna. Para completar o rolete superior e garantir que a correia girasse em torno do eixo fixo do rolete superior, utilizamos uma luva de $\frac{1}{2}$ polegada (Figura 16) Antes de fixarmos o rolete superior na coluna, a correia foi inserida abraçando-o exatamente na luva de $\frac{1}{2}$ polegada.

Figura 16: Construção da coluna – Rolete superior



Na próxima etapa, conectamos a escova, juntamente com o encaixe da coluna (CAP de 50 mm) à base de madeira (figura 17a). Ajustamos a escova de tal maneira que sua posição favorecesse o atrito com a correia e, conseqüentemente, a eletrização. Da mesma forma, usando um parafuso com rosca borboleta, fixamos o pente coletor juntamente com o encaixe superior da coluna (CAP 50 mm) à esfera metálica (figura 17b).

Figura 17: Escovas inferior e superior



Ressalta-se que o pente coletor não deve encostar-se à correia, mas precisa estar próximo a ela, para poder coletar, por indução, as cargas e distribuí-las pela superfície da esfera.

4. 1. 2. 3. Esfera Metálica

Para a confecção e conexão da esfera metálica à coluna utilizamos os seguintes materiais:

- Duas vasilhas de alumínio de 14 cm de diâmetro;
- 1 Parafuso com porca tipo borboleta;
- Fita adesiva.

Unimos as duas vasilhas de alumínio pela borda e fixamos com fita adesiva formando uma esfera. Com o auxílio de um parafuso borboleta fixamos a esfera no CAP 50mm juntamente com a escova da parte superior da coluna do Gerador (Figura 18).

Figura 18: Esfera Metálica



Por fim, temos um Modelo de Gerador de Van de Graaff montado (Figura 19) e pronto para ser usado na demonstração de fenômenos físicos sobre Eletrostática, conforme proposta didática feita. Para a realização dos experimentos foram confeccionados os instrumentos necessários. Para o bastão de teste utilizamos um marcador de quadro branco (pode ser cano PVC ou cabo de vassoura) e uma latinha de alumínio. Para o torniquete elétrico, utilizamos um clip, fio rígido e pino (alumínio) de câmara de ar. E, para verificar o campo elétrico no “Experimento 3” utilizamos tiras finas de papel de seda ou de alumínio (ou copinhos de alumínio).

A montagem do Bastão de Testes e do Torniquete Elétrico será descrita juntamente com seu respectivo experimento no tópico “5. 1: SEQUÊNCIA DIDÁTICA”.

Figura 19: Gerador de Van de Graaff – Montado



5. EXPERIMENTAÇÃO: O ESTUDO DA ELETROSTÁTICA UTILIZANDO O GERADOR DE VAN DE GRAAFF

Considerando o valor que as atividades adquirem quando as colocamos numa série ou sequência significativa, ampliamos a unidade elementar – atividade ou tarefa – para uma nova unidade de análise conhecida como sequência de atividades ou sequência didática, considerada como uma unidade preferencial para análise da prática, que permitirá o estudo e a avaliação sob uma perspectiva processual, que inclua as fases de planejamento, aplicação e avaliação, exigindo, portanto, toda uma preparação.

Pais (2002, p.112) explica que:

Uma sequência didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática. Essas aulas são também denominadas sessões, tendo em vista o seu caráter específico para pesquisa. Em outros termos, não são aulas no sentido da rotina da sala de aula, tal como acontece na execução de todo projeto, é preciso estar atento ao maior número possível de informações que podem contribuir no desvelamento do fenômeno investigatório.

Dessa forma, com base nas análises e discussões feitas a partir da pesquisa bibliográfica, e levando-se em consideração as sérias limitações na aprendizagem dos alunos do 3º ano do Ensino Médio em relação a conceitos básicos de física sobre Eletricidade – os quais, de certa forma, são pré-requisitos para cursos de Ensino Superior que precisam desta base de conhecimento, como por exemplo o Curso de Eletrônica – elaboramos uma sequência didática, onde planejamos e construímos um modelo de Gerador de Van de Graaff utilizando materiais de baixo custo, e realizamos atividades práticas envolvendo conceitos de Eletrostática como: carga elétrica, eletrização por atrito etc.

Nas fases de planejamento e confecção do Gerador de Van de Graaff, dedicamo-nos à escolha de materiais reutilizáveis, ao estudo e análise conceitual do funcionamento do Gerador, especialmente dos conceitos físicos que estariam envolvidos nas atividades propostas e definimos os objetivos ou resultados esperados, os quais se referem à compreensão da atividade cognitiva dos sujeitos, envolvendo os mecanismos lógicos do conhecimento físico, sobre “Eletrostática”.

Nesse sentido, o objetivo das atividades propostas pela sequência didática foi antes de tudo, promover um ambiente pedagógico de aprendizagem que permitisse ao aluno agir e fazer inferências sobre o objeto do conhecimento (Gerador de Van de Graaff), a fim de contribuir para o desenvolvimento de sua capacidade de investigação e argumentação. E, a partir dessa interação com o meio formado pelos próprios alunos, o professor e o recurso do Gerador de Van de Graaff, fosse possível a construção e/ou o aperfeiçoamento de conceitos físicos relacionados à Eletrostática.

A seguir apresentamos a sequência didática com atividades desenvolvidas pela estratégia da experimentação com o uso do Gerador de Van de Graaff.

5. 1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nº DE EXPERIÊNCIAS: 03

Objetivos comuns a todas as experiências:

- Desenvolver a capacidade de abstração dos estudantes por meio da promoção de experiências concretas e estruturadas com o uso do Gerador de Van de Graaff.
- Favorecer a tomada de consciência dos estudantes em relação aos acertos e erros que cometem ou das dúvidas que aparecem ao realizarem experiências com o Gerador de Van de Graaff;
- Promover o diálogo – pautado na ação e reflexão – entre os estudantes e entre estes e o professor – na troca de opiniões, levantamento de hipóteses, perguntas, questionamentos e conclusões – como condição para a aprendizagem de conceitos físicos;
- Desenvolver o espírito de trabalho em equipe, participativo e responsável, no sentido de cooperação mútua para a solução de problemas;

GERADOR ELETROSTÁTICO DE VAN DE GRAAFF

O gerador de Van de Graaff foi desenvolvido em 1929 pelo engenheiro americano Jemison Van de Graaff, com o objetivo de atingir altas tensões. O gerador

de Van de Graaff funciona com base no processo de eletrização por atrito, onde um corpo eletricamente neutro torna-se um corpo eletricamente carregado. Com o uso de um modelo didático do Gerador de Van de Graaff (Figura 20), as aulas de Física sobre Eletrostática passam a ter uma abordagem prática e conceitual, facilitando a compreensão dos estudantes acerca dos fenômenos físicos envolvidos.

Figura 20: Gerador de Van de Graaff – Modelo Didático



O processo de funcionamento começa a partir do movimento da correia que se eletriza por atrito com a escova, a correia tem a função de transportar as cargas vindas da escova até o pente coletor. A escova fica abaixo do rolete inferior entrando levemente em contato com a parte externa da correia. O pente coletor fica acima do rolete superior e coleta, por indução, as cargas presentes na correia eletrizada e em contato com a esfera metálica distribui as cargas por toda sua superfície de maneira uniforme.

5. 1. Experimento 1: Quebra da Rigidez Dielétrica do Ar – De isolante à condutor

Conteúdos trabalhados: isolantes e condutores elétricos, campo elétrico, relâmpago, corrente elétrica e rigidez dielétrica de materiais;

Objetivo: Compreender conceitualmente a mudança de comportamento do ar de isolante para condutor e entender como acontecem os relâmpagos;

Material: Gerador de Van de Graaff e Bastão de testes. Para a confecção do bastão de testes utilizamos: 01 lata de refrigerante (condutor), 01 marcador de quadro branco (isolante) (pode ser usado um pedaço de cano PVC de 3/4) e cola.

Montagem do Bastão de Testes: Corta-se a ponta do marcador de quadro branco (isolante) e cola-se à base inferior da latinha de alumínio (condutor). A latinha deve ser lixada (superfície externa) a fim de facilitar a interação eletrostática (descarga elétrica) com a cúpula do Gerador de Van de Graaff.

Figura 21: Materiais e montagem do Bastão de Testes



Descrição e Análise da Experiência: Aproxima-se o bastão de testes da cúpula do gerador em funcionamento e observa-se pequenos raios ou faíscas saindo da esfera para o bastão. Essas faíscas, são pequenas descargas elétricas resultantes do acúmulo de cargas na esfera do gerador. Essas descargas acontecem porque o ar que era um isolante passa a ser um condutor devido à intensidade do campo elétrico ser muito alta.

O ar possui uma rigidez dielétrica de 3×10^6 N/C, que é um valor baixo comparado a outros materiais como o vidro 14×10^6 N/C. Portanto, quando o valor do campo elétrico ultrapassa 3×10^6 N/C acontece a quebra da rigidez dielétrica e o ar passa a ser um condutor. O ar como condutor passa a ter vários elétrons livres e isso possibilita o transporte de carga elétrica. Então, quando aproximamos o bastão da

esfera carregada a intensidade do campo elétrico aumenta e acontece uma descarga elétrica que vai da esfera para o bastão, assim podemos ver o pequeno raio.

Figura 22: Quebra da Rigidez Dielétrica do Ar



Com base na equação $Q_{\text{máx}} = A \cdot \delta_{\text{máx}}$, que relaciona a carga máxima ($Q_{\text{máx}}$) com a área (A) da esfera metálica, e da densidade superficial de carga máxima dada pela equação: $\delta_{\text{máx}} = E_{\text{máx}} \cdot \epsilon_0$, onde E é o campo elétrico na face externa do condutor (esfera do Gerador), com valor máximo igual a: $E_{\text{máx}} = 3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ e ϵ_0 é a permissividade elétrica do ar, com seu valor igual a: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$, foi possível determinar o valor teórico da carga acumulada na esfera do Gerador.

Então, com o raio da esfera medindo 7 cm, calculamos a sua área e em seguida, calculamos o valor da carga máxima armazenada no gerador (dada em Coulomb) conforme mostramos a seguir:

$$Q_{\text{máx}} = A \cdot \delta_{\text{máx}} \rightarrow Q_{\text{máx}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot E_0 \cdot \epsilon_0$$

$$Q_{\text{máx}} = [4 \cdot \pi \cdot (7,0 \cdot 10^{-2})^2 \text{ m}^2] \cdot (3 \cdot 10^6 \text{ N/C}) \cdot (8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2)$$

$$Q_{\text{máx}} = 1,63 \cdot 10^{-6} \text{ C ou } Q_{\text{máx}} = 1,63 \mu\text{C}$$

Para o cálculo do valor experimental do potencial elétrico no gerador tomamos como parâmetro a rigidez dielétrica do ar igual $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$, dada em Volts por metro, a qual é equivalente ao valor máximo do campo elétrico $E_{\text{máx}} = 3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ suportado pelo ar antes da quebra de sua rigidez dielétrica, isto é, antes de tornar-se condutor. Então, tomando a unidade de medida **Volts por metro** (V/m) e convertendo para **Volts por centímetro** (V/cm), temos que: $\frac{3 \cdot 10^6 \text{ V}}{1 \text{ m}} = \frac{3 \cdot 10^6 \text{ V}}{1 \cdot 10^2 \text{ cm}} = (3 \cdot 10^6 \text{ V}) \cdot (1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}) = 3 \cdot 10^4 \text{ V/cm}$. Onde concluímos que para **1 cm** correspondem **30.000 Volts**.

Em seguida, observamos e medimos – com o auxílio de uma régua escolar – a distância ***d*** aproximada entre a esfera do Gerador e o bastão de testes quando ocorrem as faíscas, ou seja, quando ocorre a transferência de cargas ou descarga elétrica que sai da esfera do Gerador para o bastão de testes devido à quebra da rigidez dielétrica do ar. Esta medida (distância ***d***) foi realizada por várias vezes com valores experimentais variando de 0,6cm à 1cm; donde consideramos razoável o valor médio ***d* = 0,8 cm** para o cálculo do valor experimental do potencial elétrico.

Com base na medida experimental ***d* = 0,8 cm** e na conversão de unidades – de N/C pra V/m – feita acima, procedemos então do cálculo do valor experimental aproximado do potencial elétrico do nosso Gerador de Van de Graaff por meio da seguinte relação:

$$\begin{array}{ccc} 30.000 \text{ V} & \text{-----} & 1\text{cm} \\ x & \text{-----} & 0,8\text{cm} \end{array} \rightarrow x = 24.000 \text{ V}$$

Donde concluímos que: **$V_{\text{exp}} = 2,4 \cdot 10^4 \text{ V}$** .

Aplicação: Com essa experiência, podemos fazer analogias e explicar fenômenos como, por exemplo, os relâmpagos que acontecem durante chuvas e tempestades devido ao acúmulo de cargas nas nuvens, com descargas atmosféricas da ordem de milhões de volts. As nuvens se carregam negativamente e a Terra com a superfície positiva, à medida que as nuvens vão se carregando mais, o campo elétrico aumenta e quando ocorre à quebra da rigidez dielétrica do ar podemos ver o relâmpago.

Figura 23: Descarga Elétrica Atmosférica - Relâmpago



Fonte: Mundo da Elétrica (mundodaeletrica.com.br)

Experimento 2 - Torniquete Eletrostático – Poder das Pontas

Conteúdos trabalhados: poder das pontas, vento elétrico e para-raios;

Objetivo: Descrever o funcionamento do torniquete elétrico em função do poder das pontas, da ionização provocada nas moléculas do ar e, conseqüentemente, entender como funciona um para-raios;

Material: Gerador de Van de Graaff, Torniquete Elétrico e cabo com garras nas extremidades. Para confecção do torniquete elétrico utilizamos: 01 clip 8/0, 01 eixo de carrinho de brinquedo, 01 suporte de celular (isolante) e fita adesiva (pode usar cola).

Figura 24: Materiais usados na confecção do torniquete elétrico



Montagem do Torniquete Elétrico: Primeiramente o clip deve ser desenrolado/esticado até ficar reto, para então ser conformado (com martelo ou marreta) até que se obtenha uma parte achatada bem na metade de sua extensão. Em seguida, dobra-se as extremidades em sentidos opostos e, com o uso de um objeto pontiagudo, faz-se um pequeno orifício no centro da parte achatada do clip onde será introduzido o eixo de apoio. Antes, porém, o eixo de apoio deve ser fixado no suporte isolante com fita adesiva ou cola apropriada.

Figura 25: Montagem do Torniquete Elétrico



Descrição e Análise da Experiência: Com o auxílio de um cabo com garras nas extremidades, conecta-se o torniquete elétrico ao gerador de Van de Graaff (Figura 26). À medida que o gerador vai carregando pode-se observar o torniquete girando devido ao “poder das pontas”, onde há maior densidade elétrica.

Figura 26: Torniquete elétrico conectado ao Gerador de Van de Graaff



Este fenômeno é explicado com base em três fatos que ocorrem com as pontas:

1. Uma região pontuda (com ponta) se eletriza mais facilmente que uma região que não é pontuda.
2. Um corpo já eletrizado tende a perder mais cargas elétricas nas regiões com pontas do que nas regiões planas, devido a esse fato é difícil manter eletrizado um objeto com pontas.
3. Em um corpo eletrizado a região com pontas exerce sobre outros corpos uma força maior que as regiões sem pontas.

Então, o movimento circular do torniquete se dá pelo fato de uma região pontuda ter uma concentração maior de cargas, assim essa região atrai mais cargas de sinal oposto à sua. Quando essas cargas são atraídas para as pontas são deslocadas juntamente moléculas de ar; essas moléculas se chocam com o torniquete e fazem com que ele gire (Figura 27).

Figura 27: Torniquete Eletrostático



Aplicação: Uma aplicação para o poder das pontas muito utilizada é o para-raios. Este é um dispositivo de segurança contra raios, foi inventado por Benjamin Franklin no século XVIII. O funcionamento do para-raios consiste basicamente em pontas metálicas que geralmente são colocadas em pontos muito altos, o para-raios é ligado por meio de um fio condutor a uma placa metálica enterrada no solo (Terra). Assim, quando uma nuvem carregada passa pelo dispositivo o campo elétrico fica muito intenso, então as moléculas em volta do dispositivo se eletrizam positivamente (A Terra é naturalmente positiva) isso as tornam condutores. Dessa maneira a nuvem se descarrega através do para-raios.

Figura 28: Para-raios



Fonte: www.margirius.com.br

Experimento 3: O campo elétrico e sua representação física – Forças de atração e repulsão

Conteúdos trabalhados: campo elétrico, valor do campo elétrico no interior de um condutor eletrizado, forças de atração e repulsão.

Objetivo: Verificar e explicar o fenômeno do campo elétrico e as forças que atuam nesse campo, bem como a ação do campo elétrico no interior de um condutor eletrizado.

Material: Gerador de Van de Graaff, 01 folha de papel de seda, 01 tesoura e 01 fita adesiva.

Montagem do Experimento: Para explicar o fenômeno do campo elétrico, recortamos tiras finas de papel e prendemos com fita adesiva algumas destas tiras na parte externa e outras na parte interna da esfera do Gerador de Van de Graaff.

Figura 29: Materiais e montagem do experimento



Descrição e análise do experimento: Ao acionamos o Gerador e conforme ele vai carregando observamos o que acontece com as tiras de papel. Então, percebemos que as tiras da parte externa são repelidas, enquanto as tiras da parte interna não sofrem nenhuma influência (Figura 30).

Como a carga na superfície externa de um condutor se distribui na própria superfície externa, as tiras de papel de seda também se eletrizam com a mesma carga do condutor, vindo a se repelirem, o que é observado com o afastamento das tiras em relação à superfície externa da esfera. Já no interior da esfera não ocorre tal fenômeno, devido ao fato do campo elétrico no interior de um condutor eletrostático ser nulo.

Figura 30: Ação do Campo Elétrico dentro e fora da Cúpula do Gerador



6. DISCUSSÃO

Para o cálculo de carga máxima armazenada no gerador, achamos conveniente usarmos o campo elétrico máximo, quando ocorre a quebra da rigidez dielétrica do ar. Com relação ao potencial elétrico gerado, obteve-se um valor experimental igual a $2,4 \cdot 10^4 \text{ V}$, o qual teve como base a distância em que ocorre a transferência de cargas entre bastão metálico de testes e a esfera metálica do gerador. Esta distância foi calculada com o auxílio de uma régua, e repetida várias vezes, com valores experimentais variando de 0,6cm à 1cm.

Mas, diante de um potencial elétrico tão alto, surge o seguinte questionamento: como é possível colocarmos as mãos na esfera do Gerador e não sofremos dano algum? O grande segredo do Gerador de Van de Graaff é que, embora o potencial elétrico seja de até 24.000volts, a quantidade de carga ou a carga máxima ($Q_{\text{máx}} = 1,63\mu\text{C}$) é bem pequena, fazendo com que possamos tocar na esfera sem maiores problemas. Sendo baixa a corrente elétrica envolvida, estamos suscetíveis a um choque mínimo.

Além disso, o choque não depende do potencial, mas de uma diferença de potencial. Então, uma pessoa, ao estar isolada do chão e em contato com a esfera eletrizada, fica no mesmo potencial da esfera, o mesmo efeito que ocorre quando um pássaro pousa em um fio de alta tensão e não se machuca. Diante do exposto e dos experimentos executados com o uso do Gerador de Van de Graaff vemos a importância das atividades experimentais para a observação e explicação de fenômenos físicos do cotidiano, de forma clara, simples e objetiva.

A atividade experimental no ensino de Ciências é considerada uma parte fundamental. Podemos compreendê-la como uma metodologia que atua na construção do conhecimento e método científico (GALIAZZI et al, 2001). O uso dessas atividades não deve ser direcionado apenas para a formação de cientistas, mas também de um cidadão atuante. Sér   et al (2003) traz uma fala que mostra a importância dessa metodologia:

Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. (p.39)

O professor pode escolher utilizar essas atividades de formas diferentes, seja como investigação, primeiro o aluno observaria e a partir de questionamentos buscaria a compreensão do observado ou pode usá-la como demonstração de uma teoria antes explicada. Segundo Reginaldo et al (2012), a experimentação é uma atividade multifuncional, onde tem o potencial de trabalhar muitas ideias, tipos diferentes de compreensão e muitas capacidades. Porém o professor precisa definir que tipo de experimentação é cabível em cada momento.

O uso dessa metodologia no Ensino de Física tem muito a acrescentar devido à possibilidade de despertar o interesse no aluno. Segundo Laburú (2006), os alunos não se manterão interessados caso não enxerguem um significado ou utilidade para determinado assunto da disciplina. Por tanto o uso de atividades experimentais pode auxiliar o professor antes, durante ou depois de explicar um conteúdo. Muitos experimentos têm caráter demonstrativo e isso pode fazer com que aluno passe a enxergar uma utilidade para o aprendizado em Física.

Diante de diversas dificuldades apresentadas a respeito do ensino de física, a construção de um gerador de Van de Graaff a partir de materiais de baixo custo se torna viável, os materiais utilizados são facilmente encontrados e por se tratar de um equipamento com materiais acessíveis a manutenção também é de baixo custo. É importante também lembrar que a utilização de matérias de baixo custo na construção não torna o equipamento menos eficiente (LABURÚ et al, 2008). A utilização do gerador não depende de um laboratório superpreparado, tão pouco de um técnico para poder preparar o equipamento. Portanto trata-se de uma alternativa para os professores que apenas utilizam metodologias tradicionais e que abdicam de outros métodos.

Os experimentos propostos trazem assuntos não só do conteúdo de Física, mas também uma abordagem de assuntos que estão presentes no dia a dia dos alunos. É comum ver em noticiários reportagens sobre tempestades com raios que destroem casas. Isso pode causar o interesse do aluno em saber como acontece e porque acontece esse fenômeno (LABURÚ, 2006). O gerador faz uma pequena simulação de como é um raio, o professor pode usar isso para explicar os conteúdos e possíveis aplicações.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho com atividades experimentais evidencia as diversas possibilidades de se observar, comprovar e explicar os fenômenos físicos que se estuda na teoria a partir de experimentos construídos com materiais acessíveis e de baixo custo, ocasionando questionamentos e indagações a respeito dos temas abordados, provocando dessa forma a curiosidade, a interação com o processo, e, conseqüentemente, uma compreensão mais concisa e conceitual dos fenômenos eletrostáticos.

De acordo com as análises feitas durante a pesquisa, a proposta da experimentação didática apresenta-se como uma estratégia de ensino viável para promover um ambiente de aprendizagem propício ao desenvolvimento de habilidades cognitivas que favoreçam a construção do conhecimento.

Nessa perspectiva, concluímos que é possível o planejamento e a construção de um gerador de Van de Graaff com o uso de materiais reaproveitáveis e de baixo custo, como um recurso aliado ao professor de Física, pois permite a execução de atividades experimentais com base nos conteúdos de eletrostática, que assim como outros temas da Física causam dificuldades de compreensão nos alunos do Curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial do IFAM/CMDI.

As atividades desenvolvidas ou propostas, pela estratégia da experimentação didática, com o uso do modelo de Gerador de Van De Graaff, podem favorecer a interação entre os alunos, estimulando sua atividade cognitiva e o diálogo entre estes e o professor mediador; sendo o diálogo, nesse caso, condição necessária à tomada de consciência dos alunos por meio da execução e da explicação de suas ações e produções frente às situações didáticas com o Gerador de Van de Graaff. Além disso, as atividades experimentais a partir de materiais de baixo custo podem incentivar e aumentar a frequência de práticas experimentais.

Nosso objetivo, com a construção do Gerador de Van de Graaff utilizando materiais de baixo custo, é propor ao professor uma abordagem diferente nas aulas de Física sobre eletrostática. Um trabalho pedagógico que faça funcionar a relação professor-aluno-conhecimento com base em uma educação dialógica e problematizadora, a qual permite o debate, a discussão e a troca de opiniões, de modo que o aluno tenha condições de superar a curiosidade ingênua, da pura percepção e da reprodução passiva, e alcance o nível da curiosidade epistemológica, mediante a

ação e a reflexão, a abstração e a tomada de consciência; condições necessárias à construção do conhecimento.

Pois, sabemos que, seja por falta de recursos didáticos, ou, por conta dos métodos tradicionais de ensino pautados na concepção empirista – antidialógica e unilateral – muitos alunos, começando pelos de escolas públicas de ensino médio, apresentam extremas dificuldades em Física. Nesse sentido, acreditamos que este trabalho com o Gerador de Van der Graaff possa incentivar professores a adotar a experimentação na prática pedagógica, e, principalmente, motivar os alunos do Curso de Eletrônica do IFAM/CMDI para a aprendizagem de física.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, P. T. O.; Gerador de van der graaf: investigando a condutibilidade elétrica. **Saberes Docente**, Juína/MT/Brasil, v. 2, n. 4, p. 1 – 12, Jun/Dez. 2017.

BUECHLEY, L. et al. DIY for CHI: methods, communities, and values of reuse and customization. Ext. In: Abstracts CHI. 2009.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. *Ciência & Educação*, vol. 7, n. 2, p.249 – 263, 2001.

HALVERSON, E.; SHERIDAN, K. The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, v. 84, n. 4, p. 495 – 504, 2014. Disponível em: < Halverson & Sheridan 2014 by Erica Halverson - Issuu.com >. Acesso em: 10/06/2022.

SILVA, J. N.; Uma abordagem histórica e experimental da Eletrostática. *Estação Científica (UNIFAP)*, Macapá/AP, v. 1, n. 1, p. 99 – 113, fev/2011.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, nº. 3, p. 380 – 404, dez. 2006.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. Laboratório caseiro para-raios: um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 168 – 182, abr. 2008.

LEITE, F. B. R. L.; Montagem do gerador de van de graaff para o uso em atividades experimentais no ensino de física. *Planaltina – DF*, nov. 2015.

NETTO, L. F.; Gerador eletrostático de Van de Graaff, *Feira de Ciências – O imperdível mundo da Física Clássica*, p. 1 – 28, ago. 2010

PACHECO, D. A experimentação no ensino de ciências. *Ciência & Ensino (ISSN 1980- 8631)*, v. 2, n. 1, 2006.

PAIS, L. C. Didática da matemática: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PERUZZO, J. A Física Através de Experimentos: Mecânica. V.I / Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

REGINALDO, C. C. et al. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul - ANPED SUL, 2012, Caxias do Sul. Anais do IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul - ANPED SUL, 2012.

SAVIO, J. d. L. PALMA, R. KOJICOVSKI, S. GERADOR DE VAN DE GRAAFF. EVINCI – Evento de Iniciação Científica. De 19 a 23 de Outubro de 2015. Centro Universitário – UNIBRASIL. Pró-reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Assuntos Comunitários – PROPPEX.

SÉRÉ, M. G. et al. O papel da experimentação no ensino da Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.1, p. 30 – 42, abr. 2003.

SILVA, J. N.; Uma abordagem histórica e experimental da Eletrostática. Estação Científica (UNIFAP) Macapá, v. 1, n. 1, p. 99 – 113, 2011.