



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

CÁSSIA SANTOS SENA

**UMA CENTELHA DE CURIOSIDADE: A JORNADA HISTÓRICA E
EXPERIMENTAL DA GARRAFA DE LEIDEN NO ENSINO MÉDIO**

**SÃO RAIMUNDO NONATO - PI
2025**

CÁSSIA SANTOS SENA

UMA CENTELHA DE CURIOSIDADE: A JORNADA HISTÓRICA E EXPERIMENTAL
DA GARRAFA DE LEIDEN NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, *Campus* São Raimundo Nonato.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro.
Coorientadora: Profa. Esp. Aline Simões dos
Santos.

SÃO RAIMUNDO NONATO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sena, Cássia Santos

S474c Uma centelha de curiosidade : a jornada histórica e experimental da garrafa de Leiden no ensino médio / Cássia Santos Sena. - 2025.
57 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus São Raimundo Nonato, 2025.

Orientador : Prof Dr. Antônio Sousa Ribeiro.

Coorientadora : Profa Esp. Aline Simões dos Santos.

1. garrafa de Leiden. 2. ensino de física. 3. capacitores. 4. aprendizagem significativa. I. Título.

CDD - 530

Elaborado por Uliscley Silva Gomes CRB 15/938

CÁSSIA SANTOS SENA

UMA CENTELHA DE CURIOSIDADE: A JORNADA HISTÓRICA E EXPERIMENTAL
DA GARRAFA DE LEIDEN NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, *Campus* São Raimundo Nonato.

Aprovada em: 14 /02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Geiud Cavalcante da Silva Filho
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Railton Vieira dos Santos
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me ensinaram a lutar com determinação, pois independentemente das circunstâncias, desistir nunca é uma solução. Assim, aprendi a ser forte, pois fui criada por pessoas mais fortes do que eu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Nossa Senhora e a Santa Rita de Cássia por toda a intercessão ao nosso bom Deus, misericordioso e providente. Sem os seus milagres e o fortalecimento da minha fé, eu não teria conseguido seguir adiante nessa jornada de grandes desafios e vitórias.

Agradeço imensamente à minha mãe, Louraci, e ao meu pai, Auri, pois, se estou conseguindo realizar o meu sonho, é graças ao apoio e à dedicação deles, que sempre me incentivaram a permanecer firme e forte, mesmo estando longe de casa.

Agradeço meus irmãos, Danilo, Jaiane e Jaízia, que nunca mediram esforços para estar ao meu lado ao longo desta caminhada, ajudando-me a enfrentar cada momento com todo amor e afeto. Além disso, destaco, com toda a minha gratidão, a contribuição de Jaízia pelas correções no Pré-projeto e no TCC.

Agradeço aos meus sobrinhos, avôs, tios, madrinhas, padrinho, amigos e à minha comunidade, por sempre me incentivarem, rezarem por mim e alegrarem os meus dias.

Agradeço de modo especial a professora Aline Simões, que sempre contribuiu com seus conhecimentos, carinho e atenção. Obrigada por me auxiliar em todo o desenvolvimento deste trabalho e por estar presente em todos os momentos ao longo da minha trajetória.

Agradeço às famílias de Marizete, Simone, Dona Leuza, Keyla, Lúcia, Lidiana, Guadalupe, Aderaldo e Hellen, por terem me acolhido em suas casas com tanta bondade e amor.

Agradeço à família que eu construí na trajetória desses quatro anos de estudo, pois cada um contribuíram de forma diferente para a minha vida. Em especial, sou grata a Adriano, Anne Beatriz, Daniela, Patrícia, Sara e Thailan, que compartilham comigo momentos de aprendizado, desespero, alegria, brigas, confraternizações e loucuras. Sem o companheirismo, amor e união de vocês, as lutas e vitórias não teriam sido as mesmas. Obrigada por tudo o que fizeram por mim.

Agradeço a todos os professores da área da Física, Matemática e Pedagogia que contribuíram para a minha formação, principalmente, Mauryleia Marques, Antônio Ribeiro e Guilherme Mendes, que sempre esteve me incentivaram, apoiaram e ensinaram com todo amor pela profissão que escolheram.

Agradeço imensamente aos servidores do IFPI - *Campus* São Raimundo Nonato, que, direto e indiretamente, auxiliaram para alcançar este resultado.

“Isto é uma ordem ser firme e corajoso. Não te atemorizes, não tenhas medo, porque o senhor está contigo em qualquer parte para onde fores.”
Josué 1:9

RESUMO

Este trabalho propõe uma abordagem inovadora para o ensino de capacitores, um tema frequentemente negligenciado no ensino médio, especialmente pela falta de recursos e dificuldades de aprendizado. O objetivo principal é introduzir o conceito de capacitores de forma prática e envolvente, utilizando a réplica da histórica garrafa de Leiden como ferramenta didática. A pesquisa, realizada com alunos do terceiro ano do ensino médio integrado ao curso técnico de Informática do Instituto Federal do Piauí (IFPI) - *campus* São Raimundo Nonato, explora o contexto histórico dos capacitores, desde a invenção da garrafa de Leiden até os modelos atuais, abordando seus princípios de funcionamento e aplicações cotidianas. Além disso, o estudo discute a importância da aprendizagem significativa, da experimentação no ensino de Física e os benefícios do uso de Sequências Didáticas como metodologia de ensino. A abordagem qualitativa utilizada permitiu analisar o engajamento dos alunos durante as atividades, evidenciando o desenvolvimento do pensamento crítico e científico. Os resultados obtidos demonstram que a construção da réplica da garrafa de Leiden e a aplicação da Sequência Didática proposta foram eficazes para promover o ensino-aprendizagem de capacitores, enriquecendo a experiência educacional dos alunos e proporcionando um aprendizado mais significativo e duradouro.

Palavras-chave: capacitores, garrafa de Leiden, ensino de física, aprendizagem significativa, Sequência Didática.

ABSTRACT

This work proposes an innovative approach to teaching capacitors, a topic often neglected in high school, especially due to lack of resources and learning difficulties. The main objective is to introduce the concept of capacitors in a practical and engaging way, using the replica of the historic Leiden Jar as a didactic tool. The research, conducted with students in the third year of high school integrated with the IT technical course at the Federal Institute of Piauí (IFPI) - São Raimundo Nonato campus, explores the historical context of capacitors, from the invention of the Leiden Jar to current models, addressing their operating principles and everyday applications. In addition, the study discusses the importance of meaningful learning, experimentation in physics teaching, and the benefits of using Didactic Sequences as a teaching methodology. The qualitative approach used allowed for the analysis of student engagement during the activities, highlighting the development of critical and scientific thinking. The results obtained demonstrate that the construction of the Leiden Jar replica and the application of the proposed didactic sequence were effective in promoting the teaching-learning of capacitors, enriching the educational experience of students and providing a more meaningful and lasting learning.

Keywords: capacitors; Leiden Jar; physics teaching; meaningful learning; Didactic Sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de Charles François Cisternay Dufay.....	18
Figura 2 – exposição ilustrativa de Ewald Jürgen von Kleist.....	19
Figura 3 – Experimento de Kleist.....	20
Figura 4 – Réplica da Garrafa de Leiden.....	20
Figura 5 – Nollet realizou um experimento utilizando a garrafa de Leiden em um circuito elétrico formado por 180 soldados da guarda real.....	22
Figura 6 – Processo ao atritar dois materiais.....	24
Figura 7 – Sistematização de contato entre dois objetos.....	25
Figura 8 – Demonstração do experimento de indução.....	26
Figura 9 – Estrutura de um capacitor plano.....	27
Figura 10 – Capacitores cerâmicos.....	28
Figura 11 – Capacitores eletrolíticos.....	28
Figura 12 – Entrada do IFPI, <i>campus</i> São Raimundo Nonato.....	36
Figura 13 – Estudantes da turma selecionada.....	36
Figura 14 – Réplica da garrafa de Leiden.....	37
Figura 15 – Materiais utilizados para os processos de eletrização.....	38
Figura 16 – Arco utilizado para o circuito elétrico.....	38
Figura 17 – Apresentação do funcionamento da garrafa de Leiden.....	39
Figura 18 – Momento da do atrito entre o forro de PVC e o cabelo da aluna.....	40
Figura 19 – 1: Transferência de cargas para a bandeja; 2: Aterramento.....	41
Figura 20 – Transferindo cargas para a garrafa de Leiden.....	41
Figura 21 – Circuito para descarga da garrafa de Leiden.....	42
Figura 22 – Momento do circuito elétrico com o arco e a garrafa de Leiden.....	42
Figura 23 – Réplica da Garrafa de Leiden construída com recipiente de vidro.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

D.D.P Diferença de Potencial Elétrica

SI Sistema Internacional de Unidades

ENEM Exame Nacional do Ensino Médio

IFPI Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

PVC Policloreto de Vinila

PI Piauí

EaD Educação a Distância

LDB Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional

TCC Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	História da garrafa de Leiden.....	17
2.2	Processos de eletrização.....	23
2.2.1	Eletrização por atrito.....	24
2.2.2	Eletrização por contato.....	24
2.2.3	Eletrização por indução.....	25
2.3	Definição de capacitor, capacitância e classificação.....	26
2.3.1	A Capacitância.....	28
2.4	Teoria da aprendizagem significativa para o ensino da física.....	29
2.5	A importância da experimentação no ensino médio.....	31
2.6	A importância da sequência de didática nas aulas de física.....	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	Descrição do local da pesquisa e do perfil dos estudantes	35
3.2	Construção da réplica da garrafa de Leiden e processos de carregamento e descarga	37
a)	A garrafa de Leiden	37
b)	Processo de carregamento e de descarga da garrafa	38
3.3	Elaboração da Sequência Didática	38
3.4	Execução da ação pedagógica	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	Observações durante o desenvolvimento da aula	43
4.2	Análise do questionário aplicado na turma	44
4.3	Desafios encontrados durante a prática dos experimentos	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	52
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO.....	54
	ANEXO A – ALGUMAS RESPOSTAS DOS ALUNOS.....	55

1 INTRODUÇÃO

No Ensino Médio, o estudo da Física frequentemente carece de aprofundamento histórico e prático, limitando a compreensão dos alunos sobre a aplicação de conceitos em seu cotidiano. Um exemplo é o estudo dos circuitos elétricos, presentes em diversas situações do dia a dia, como na energia elétrica e em eletrodomésticos. Conforme Serway e Jewett (2014, p. 61), “um circuito geralmente consiste em um número de componentes elétricos (elementos de circuito) ligados por fios condutores e que formam um ou mais ramos fechados”.

Embora os circuitos incluam uma variedade de elementos agregados na sua construção, muitas vezes os estudantes não conseguem estudar detalhadamente cada um desses componentes. Isso ocorre tanto pelo curto tempo disponível que os docentes têm para abordar todo o conteúdo, quanto pela falta de dedicação com recursos didáticos, optando particularmente por ensinamento de formulas, para uma construção “memorística” e passageira.

Os circuitos elétricos podem ser usados em casos específicos, mesmo em sistemas exclusivamente com um único componente eletrônico. Neste trabalho, o foco está relacionado com o estudo de um deles, conhecido por capacitor. Onde será destacado o contexto histórico que levou à sua criação, pois o primeiro aparato, nomeado como a garrafa de Leiden, foi gradualmente aprimorado ao longo dos anos, tanto em termos de conceito quanto de construção e aplicação.

O estudo do cenário histórico durante a descoberta desse equipamento é essencial para aprofundar o conhecimento e promover a valorização das evidências pela História da Ciência. De acordo com Sousa, Costa e Sgarbi (2022), é de suma importância ensinar a História da Ciência, pois ela contribui para o aprimoramento dos aprendizados conceituais, dos pensamentos críticos e das reflexões inovadoras.

Para mais, são detalhados os processos de eletrizações juntamente com o conceito de carga elétrica, a fim de explicar com mais nitidez outro método diferente do que os cientistas utilizavam para transferir e armazenar cargas na garrafa de Leiden. Neste contexto, são abordadas as diferenciações e explicações desse dispositivo, denominado nos dias atuais como capacitor. Destaca-se também a importância da capacitância, uma propriedade fundamental de todo capacitor, e como essa pode ser obtida.

Além disso, abrange uma formação referente a aprendizagem significativa, o valor educacional das experimentações nas aulas de Física e a valorização da sequência didática. No qual, Clerici et al. (2017, p. 2), apud Galiazzi et al. (2001), afirmam: “uma das metodologias mais adotadas atualmente é a experimentação, uma vez que é considerada, pelos professores, uma atividade fundamental e capaz de transformar o ensino de Física e/ou Ciências”. Sendo assim, as práticas laboratoriais ganham destaque nas áreas científicas, pois auxiliam na compreensão de aulas mais demonstrativas e explicativas para todos os envolvidos, principalmente, na construção de aulas mais organizadas e dialogadas.

Consequentemente, os procedimentos bibliográficos para toda a contextualização a respeito da garrafa de Leiden foram essenciais no conhecimento científico. Em especial, nas descobertas encontradas dos capacitores, como nos eletrodomésticos, aparelhos médicos e até mesmo em grandes edificações, onde são empregados para correção de energia. Dessa forma, o ensino sobre esse componente apresentado com diferentes recursos pedagógicos, favorece aos alunos uma compreensão mais descomplicada.

Todavia, o capacitor, componente essencial em praticamente todos os aparelhos eletrônicos atualmente, desempenha um papel crucial na sociedade moderna. Sua habilidade de armazenar e descarregar uma certa quantidade de energia elétrica em um intervalo de tempo muito curto é fundamental em diversas aplicações, como no flash de câmeras digitais, na filtragem de frequência para sintonizar estações de rádio e nos desfibriladores, equipamento médico utilizado na reanimação de pacientes.

Embora os capacitores sejam elementos necessários em diversos dispositivos eletrônicos, seu estudo aprofundado, especialmente no que diz respeito à sua história, construção e funcionamento, ainda é limitado no conteúdo do ensino médio. Apesar de ser abordado no terceiro ano do ensino médio, o tema costuma ser superficial, o que impede os alunos de desenvolver uma compreensão mais completa sobre o assunto. Diante disso, a proposta de construir uma réplica da Garrafa de Leiden, o primeiro capacitor da história, visou preencher essa lacuna e oferecer aos estudantes uma experiência de aprendizado mais rica e significativa.

Diante desse contexto, este trabalho busca responder à seguinte questão: A garrafa de Leiden pode ser um recurso importante para ensinar sobre eletricidade no terceiro ano do ensino médio? Acreditamos que sim, especialmente pela ausência de

materiais didáticos que abordem o tema de forma completa e envolvente. Assim, este estudo pretende contribuir para a construção de um aprendizado mais significativo e duradouro sobre a eletricidade, a partir da pesquisa e criação de uma réplica da garrafa de Leiden. Através dos seguintes objetivos específicos:

- Construir uma réplica funcional da garrafa de Leiden utilizando materiais acessíveis e de fácil aquisição, documentando detalhadamente o processo de construção para facilitar a replicação por outros educadores.
- Desenvolver e aplicar uma sequência didática inovadora sobre a garrafa de Leiden e eletricidade, utilizando a réplica como ferramenta de aprendizado. A sequência didática deve incluir atividades práticas e teóricas que explorem os conceitos de eletricidade, carga elétrica, eletrização, capacitância e o funcionamento da garrafa de Leiden, visando alcançar uma aprendizagem significativa nos alunos.
- Avaliar a eficácia da sequência didática no desenvolvimento da compreensão dos alunos sobre os conceitos de capacitores, por meio da análise do engajamento, participação e desempenho dos alunos durante as atividades propostas.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está estruturado em quatro seções interligadas, que conduzem uma jornada desde a base teórica até as conclusões do estudo. Cada seção foi cuidadosamente elaborada para contribuir para a compreensão do tema central, explorando diferentes aspectos e aprofundando a análise de forma progressiva.

A primeira seção dedica-se à contextualização teórica da pesquisa. Inicialmente, é apresentado um panorama histórico da garrafa de Leiden, o primeiro capacitor, destacando sua importância como ponto de partida para o desenvolvimento de tecnologias que utilizamos hoje. Em seguida, são revisados conceitos-chave como os processos de eletrização, que fornecem a base para a compreensão do funcionamento da garrafa de Leiden e dos capacitores em geral.

Além disso, esta seção explora a relevância da experimentação no ensino de Física, como ferramenta para promover a aprendizagem significativa e o desenvolvimento do pensamento científico. A aplicação de sequências didáticas também é abordada, enfatizando seu potencial para tornar o ensino mais dinâmico e engajador.

A segunda seção descreve detalhadamente a metodologia utilizada na pesquisa. É apresentado o processo de construção da réplica da garrafa de Leiden, o

equipamento central para a coleta de dados. A construção da réplica é um passo crucial, pois permite aos alunos vivenciarem na prática os conceitos estudados e compreenderem o funcionamento do capacitor de forma mais intuitiva.

Além disso, esta seção apresenta a elaboração da sequência didática, a proposta pedagógica que orienta o uso da réplica da garrafa de Leiden em sala de aula. São explicitados os objetivos da sequência didática, as atividades propostas aos alunos e os critérios de avaliação do aprendizado.

A terceira seção é dedicada à apresentação e análise dos resultados obtidos na pesquisa. Os dados coletados durante a aplicação da sequência didática são apresentados e discutidos, relacionando-os com os conceitos teóricos abordados na primeira seção. Esta análise permite traçar um panorama do aprendizado dos alunos, identificando seus avanços e dificuldades na compreensão do tema.

A quarta e última seção apresenta as considerações finais do trabalho. São sintetizados os principais pontos e contribuições da pesquisa, retomando os objetivos iniciais e avaliando em que medida foram alcançados. A seção é finalizada com uma reflexão sobre o potencial da réplica da garrafa de Leiden como ferramenta para promover o aprendizado e o interesse pela ciência, tanto para os alunos quanto para outros educadores que desejam replicar a experiência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer desta seção, será apresentado todo o embasamento teórico necessário para o aprofundamento do tema “capacitores”. Inicialmente, destaca-se a trajetória histórica primordial, os materiais utilizados no carregamento do primeiro aparato e os conceitos básicos sobre o assunto. Ademais, ressaltam-se os princípios da aprendizagem significativo, bem como a importância da experimentação e da sequência didática para a construção de aulas mais dinâmicas e pedagógicas.

2.1 História da garrafa de Leiden

O contexto histórico-científico é marcado por momentos cruciais ao longo dos séculos, tanto no campo histórico quanto no experimental, que desenvolveu significativamente para a descoberta de diversos fenômenos, tecnologias e renovações presentes nos dias atuais. Segundo Silva e Miltão (2021), o estudo da História e Filosofia da Ciência, especificamente no âmbito da Física, pode gerar resultados positivos na aprendizagem dos estudantes, especialmente ao lidar com temas complexos e de difícil compreensão. Ao integrar o processo histórico no qual os experimentos e seus princípios foram desenvolvidos, é possível destacar a trajetória dos cientistas e as características de cada época e localidade. Dessa forma, promove-se a construção de um pensamento crítico, curioso e aberto, favorecendo o processo de ensino-aprendizagem dos discentes.

No século XVIII, os estudos sobre eletricidade ganharam destaque na área acadêmica, com a realização de diversas descobertas atribuídas a experimentos científicos, que ao longo dos anos, despertaram grande interesse entre pesquisadores por toda a Europa. Nesse contexto, de crescente desenvolvimento, a Holanda se destacou desde o século anterior, especialmente por meio da Universidade de Leiden, localizada na cidade de Leiden, onde foram realizados importantes experimentos no âmbito da química e da física (Jardim; Guerra, 2018).

Um dos grandes marcos desse período foi a ênfase nas práticas de Física dentro do curso de filosofia natural pelo professor Burchard De Volder (1643-1709). Volder, reconhecendo o valor das demonstrações científicas, solicitou à universidade a criação de um curso de Física Experimental. Sua proposta foi implementada no ano seguinte, integrando-se ao currículo do curso de filosofia, com o objetivo de tornar o

ensino de física mais acessível e compreensível para os estudantes (Jardim; Guerra, 2017).

Com os avanços na área da eletricidade em meados do século XVIII, as informações experimentais tornaram-se mais acessíveis, frequentemente compartilhadas por meio de correspondências entre cientistas renomeados da época. Nesse contexto, a Universidade de Leiden, que se destacava no ensino de física experimental, recebeu diversas contribuições científicas, incluindo a do químico francês Charles François Cisternay Dufay (1698-1739), da Academia de Ciências de Paris, Figura 1. Sendo um professor conhecido pelos seus diversos experimentos científicos, incluindo a eletricidade, principalmente pela “Regra de Dufay”, que contextualizou pelas suas práticas e através dos conceitos de outros cientistas. No qual, determinava que qualquer material passado por um processo seria capaz de eletrizar, porém o mesmo necessitaria estar firme de uma superfície isolada, para concentrar o fluido elétrico no objeto (Heilbron, 1979).

Figura 1 – Representação de Charles François Cisternay Dufay.



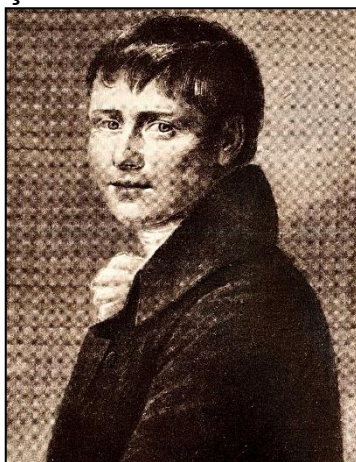
Fonte: Biografias y Vidas, (2025).

Ademais, além do material mencionado de Dufay, o cientista Georg Matthias Bose (1710-1761), docente da Universidade de Wittemberg, Alemanha, realizou um experimento em que a corrente elétrica passava pelo corpo humano isolado do chão. Essa corrente era gerada quando uma mão era aproximada de uma máquina elétrica/gerador eletrostático, enquanto a outra era colocada em um recipiente com líquido, resultando em uma faísca dentro dela, fenômeno que ficou conhecido como os “fogos de artifício de Bose” (Jardim; Guerra, 2017).

No entanto, essa explicação não era bem conciliada naquele tempo, e Bose não havia detalhado os passos do experimento, o que levou muitos cientistas, movidos a curiosidade, a tentar reproduzi-lo. Entre eles, destaca-se o monge beneditino e físico escocês Andreas Gordon (1712-1750), que conseguiu replicar o “fogo elétrico” e especificou o desenvolvimento do experimento. Utilizando um recipiente com água sobre uma base isolante, Gordon conectou um fio à água, ligando-o ao condutor principal de uma máquina elétrica. Nesse arranjo, os fluidos elétricos (como eram conhecidos na época) fluíam para a água e eram contidos pelo vidro semipermeável e o suporte isolante (Heilbron, 1979). Essas trocas de informações e avanços tecnológicos facilitaram o acesso a experimentos e descobertas físicas, contribuindo para a construção de muitos instrumentos futuros, incluindo a garrafa de Leiden.

Consequentemente, dois cientistas de diferentes regiões se sobressaíram ao reproduzir o experimento de Bose, utilizando os detalhes de Gordon, sem prever a grande inovação que estavam descobrindo na área da eletricidade. Ewald Jürgen von Kleist (1700-1748), físico alemão, reitor da catedral de Kammin, na Pomerânia, e graduado pela Universidade de Leiden, representado na figura 2. Kleist, foi o primeiro a realizar a invenção da garrafa de Leiden, através do seu interesse e dedicação à experimentação e à curiosidade despertada pelos “fogos de artifício de Bose”.

Figura 2 – exposição ilustrativa de Ewald Jürgen von Kleist.



Fonte: Find a Grave, (2025).

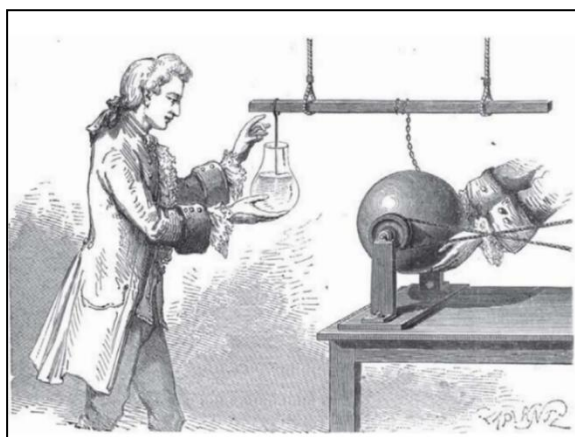
Com base nas informações descrita por Gordon, Kleist construiu o experimento utilizando um recipiente contendo uma quantidade de líquido e um fio imerso do seu

interior conectado com o gerador, tento o objetivo de transportar o fluido elétrico da máquina para o frasco e armazená-lo ali (Heilbron, 1979). Todavia, inicialmente, não conseguiu chegar no esperado, pois estava baseando-se pela Regra de Dufay. Assim, isolando o recipiente, o que impediu o sucesso imediato do experimento.

Entretanto, após diversas tentativas, Kleist teve a ideia de utilizar um carretel de madeira com um prego inserido no lugar da jarra de água. Ele observou a produção de faíscas tanto do prego quanto do carretel. Isso o levou a desenvolver uma nova concepção e a reajustar o experimento inicial para obter o tão sonhado êxito. Ao segurar o frasco com as mãos e retirá-lo do contato da máquina, Kleist observou um grande brilho, que desapareceu após caminhar mais de sessenta passos pela sala (Heilbron, 1979). Ele percebeu, então, que a luminosidade só ocorria quando segurava o frasco com a mão, contrariando a Regra de Dufay.

Ademais, Kleist observou que, durante a eletrização do instrumento segurado com uma das mãos, ao tocar o prego com a outra, recebeu um forte choque elétrico. Isso o levou a compreender que tinha conseguido armazenar a eletricidade, por volta de 11 de outubro de 1745, como representado na Figura 3. No entanto, ele só comunicou seu experimento em 4 de novembro para Johannes Nathaniel Lieberkühn (1711-1756), físico e médico alemão, integrante da Academia de Ciência de Berlim, que descreveu suas práticas como “novas e notáveis” (Heilbron, 1979). Além desse renomado, Kleist escreveu para outras quatro pessoas, porém devido à falta de detalhes e informações necessárias, eles não conseguiram reproduzir o experimento com sucesso, podendo ser analisado uma réplica desse aparato pela figura 4.

Figura 3 – Experimento de Kleist.



Fonte: Jardim; Guerra, (2018).

Figura 4 – Réplica da Garrafa de Leiden.



Fonte: Gaspar, (2013).

Além disso, os holandeses Petrus van Musschenbroek (1692-1761), físico, filósofo, médico e professor da Universidade de Leyden, e seu assistente, Jean Nicolas Sébastien Allamand (1713-1787), filósofo natural formado nessa mesma instituição, interessaram-se em reproduzir o experimento de Bose. Conforme Jardim e Guerra (2017), esses cientistas com o intuito de armazenar o fluido elétrico em um recipiente, construíram o artefato que, inicialmente, seguiram os passos descritos por Gordon, com o apoio da máquina eletrostática e aplicação dos conceitos de Dufay. No entanto, não conseguiram obter resultados satisfatórios.

Para tanto, Andreas Cuneaus, advogado e amigo de Musschenbroek, ao visitar o laboratório e observa as tentativas de reprodução do experimento, decidiu tentar realizá-lo por conta própria em sua casa, já que possuía os materiais necessário. De acordo com Heilbron (1979), naquela época pessoas de renome frequentemente possuía aparelhos científicos em casa e atribuía contribuições importantíssimas na área da ciência. Sendo assim, Cuneaus sem conhecer a Regra de Dufay, segurou o recipiente com água em uma mão e, ao eletrizá-lo, tocou o prego com a outra mão, obtendo um resultado idêntico ao de Kleist. Embora esses experimentos tenham ocorrido no mesmo período, nenhum tinham conhecimento dos trabalhos do outro.

Com essa grande descoberta, Cuneaus informou para Musschenbroek e Allamand, que reproduziram o experimento seguindo os seus passos e conseguiram almejar o resultado esperado: extrair faíscas elétricas e senti um forte choque. Segundo Heilbron (1979), isso conduziu Musschenbroek a comunica a descoberta ao renomado professor da Academia de Ciência de Paris, René Antoine Ferchault de Réaumur (1757-1783), por volta de 20 de janeiro de 1746. A comunicação contribuiu para que o experimento fosse amplamente divulgado e realizado com nitidez, por diversas pessoas interessadas na área, que obtiveram resultados positivos. Porém, devido ao pouco conhecimento disponível naquele contexto, muitos dos que realizaram o experimento relataram efeitos colaterais como dores, sangramentos nasais, tonturas e até concussões.

Ademais, de acordo com Heilbron (1979), o clérigo e físico parisiense Jean-Antoine Nollet (1700-1770), docente da Universidade Francesa ao lado de Réaumur, teve acesso à carta enviada por Musschenbroek. Isso contribuiu para que Nollet realizasse o experimento sem utilizar o vidro específico que Musschenbroek descrevia na correspondência. Ainda assim, obteve sucesso com o vidro francês, mas relatou ter sentido um mal-estar horrível.

Em abril de 1746, Nollet apresentou o trabalho de Musschenbroek em uma reunião pública da Academia de Paris, divulgando o aparato que ficou conhecido como “Jarro de Leiden”. Além disso, Nollet também conduziu a primeira prática de um circuito elétrico em série, utilizando o aparelho para eletrizar simultaneamente 180 soldados da guarda real, como uma forma de entretenimento para o Rei da França, Luís XV (Heilbron, 1979). No qual, pode ser observado uma ilustração do momento citado com a corte francesa, na Figura 5.

Figura 5 – Nollet realizou um experimento utilizando a garrafa de Leiden em um circuito elétrico formado por 180 soldados da guarda real.



Fonte: Jardim; Guerra, (2018).

Todavia, a explicação da garrafa de Leiden ocorreu pelo cientista, jornalista e diplomata norte-americano Benjamim Franklin (1706-1790). Ele recebeu uma carta do seu amigo, botânico e horticultor inglês Peter Collinson (1694-1768), que descrevia os novos instrumentos elétricos descobertos na Alemanha naquela mesma década. Isso despertou a curiosidade de Franklin, que passou a investigar e compreender fenômenos elétricos, especialmente o do jarro de Leiden. Ao realizar seus experimentos, Franklin fez uma importante descoberta: no interior do recipiente, havia fluido elétrico positivo, enquanto, no exterior, existia um grande fluido negativo, devido ao contato com o solo (aterramento). Esses fluidos eram impedidos de se encontrarem porque o vidro, que possuía propriedades isolantes bloqueava a passagem de eletricidade entre o interior e o exterior do jarro (Moura, 2019).

No contexto histórico apresentado, o método utilizado pelos cientistas para carregar a garrafa de Leiden foi o gerador de Van de Graaff. De acordo com Kazuhito e Fuke (2016), “há modelos de todos os tamanhos, frequentemente vistos em

demonstrações sobre eletricidade, pois acumulam carga com muita facilidade e provocam efeitos visuais expressivos, desde arrepiar cabelos até produzir faíscas elétricas”. No entanto, outro meio capaz de realizar o carregamento desse aparato são os processos de eletrização, que serão destacados detalhadamente a seguir.

2.2 Processos de eletrização

Em seu estado natural, os átomos e a matéria são eletricamente neutros, pois possuem o mesmo número de prótons (cargas positivas) e elétrons (cargas negativas). Para eletrizar um corpo, ou seja, alterar esse equilíbrio, é necessário realizar trabalho para adicionar ou remover elétrons, resultando em um número diferente de prótons e elétrons (Mello, 2011). Esse é um tema histórico importantíssimo, estudado por diversos pesquisadores ao decorrer de diferentes contextos relevantes, cujo início remonta ao século VI a.C., na Grécia Antiga. Foi nesse período que o grego, matemático e físico Tales de Mileto (640-546 a.c.) descobriu que o âmbar, uma resina vegetal fossilizada, atraía pequenos objetos quando atritado com lã. Como “âmbar” em grego se diz “elektron”, esse fenômeno passou a ser conhecido como fenômeno elétrico, dando origem ao termo “eletricidade”.

Consequentemente, com inúmeros estudos ao decorrer dos séculos, grandes pesquisadores descobriram que os átomos são formados por um núcleo, composto com neutros e prótons. No qual, ao seu redor orbitam os elétrons, conforme as divisões das camadas eletrônicas, contribuindo para cada composição atômica. De acordo com Mello (2011), os elétrons constituídos na última camada de diversos átomos têm a habilidade de move-los de orbita ou serem transferidos para outros átomos. Com a realização desse procedimento, é possível definir quais materiais possuem a capacidade de deslocar as cargas elétricas com mais facilidade, sendo denominado de condutor. No entanto, aqueles que apresentam muita dificuldade ou até mesmo nenhuma movimentação de carga são chamados de isolante ou dielétrico, pois ocorre a polarização das cargas no material. Ou seja, os elétrons se deslocam dentro da limitação imposta por cada átomo que o compõe.

A Carga elétrica é a propriedade física responsável pelos fenômenos elétricos. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida utilizada para a carga é o Coulomb (C), onde um Coulomb corresponde à carga elétrica de $6,25 \times 10^{18}$

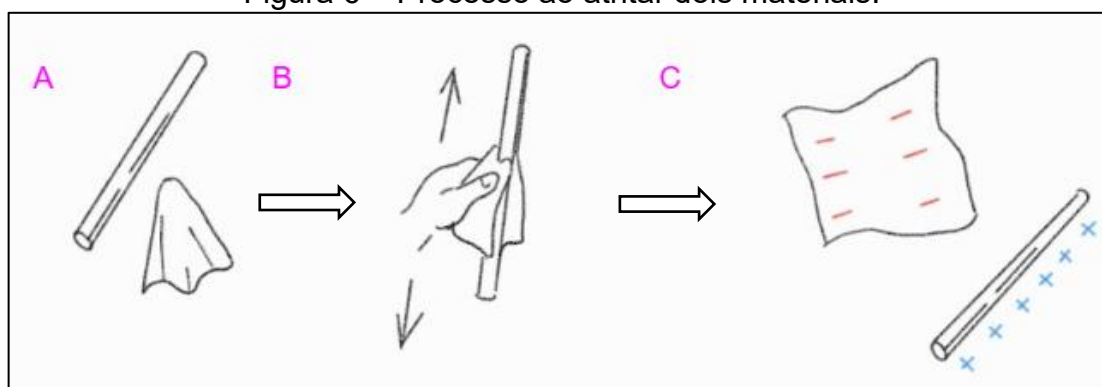
prótons (ou elétrons). Além disso, é representada pelo símbolo Q . De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2012), a carga elétrica é uma característica fundamental das partículas que compõem a matéria, ou seja, é uma propriedade inerente à própria existência dessas partículas.

Logo, para tornar eletricamente carregado um objeto, os meios mais simples para alcançar esse resultado são os processos de eletrização. Durante a aplicação desses métodos, as cargas dos materiais se organizam, repelindo-se ou atraindo-se entre si. Ou seja, quando possuem o mesmo sinal, ocorre um distanciamento, com sinais opostos, há uma aproximação. Existem três tipos de processo de eletrização:

2.2.1 Eletrização por atrito

Ocorre quando dois materiais são friccionados, fazendo com que adquiram cargas opostas, como podemos analisar na Figura 6, o bastão de vidro e a seda estão neutros, mas ao se atritarem o bastão fica com sinais positivos e a seda com cargas negativa. Para definir quais cargas os objetos atritados adquirem, é viável sempre examinar a série triboelétrica, uma tabela que ordena os materiais conforme a sua habilidade de ceder ou receber os elétrons, ou seja, ela estabelece qual material tornará positivo ou negativo com a realização da prática (Gaspar, 2013), como ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Processo ao atritar dois materiais.



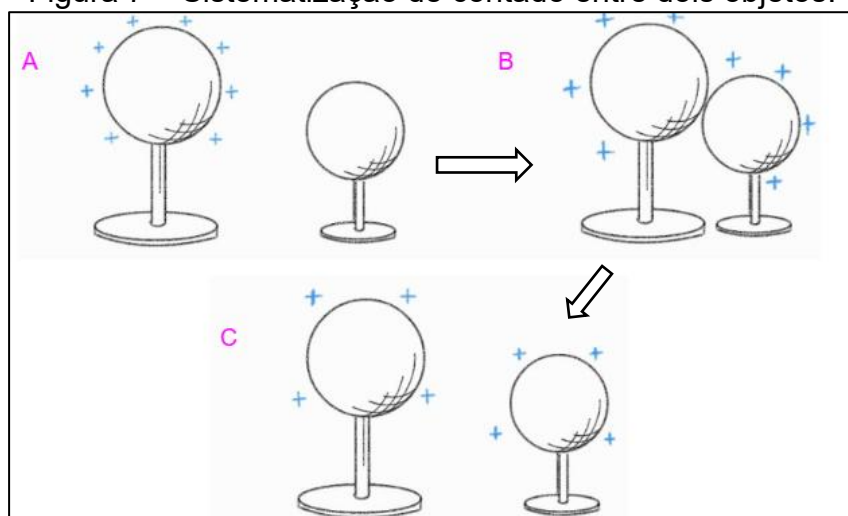
Fonte: Simões, (2025).

2.2.2 Eletrização por contato

Acontece quando dois ou mais corpos se aproximam de um material eletrizado, assim, permitindo a transferência de cargas elétricas e resultando todos com mesmos

sinais. Sendo possível observar na Figura 7, no momento que o objeto **A** carregado negativamente toca no corpo **B** com carga neutra, os dois adquirem eletrização negativa, até mesmo depois da sua separação. Conforme Biscuola, Doca e Bôas (2013), depois da realização experimental para saber a quantidade de cargas que cada objeto obtém, precisa do modelo e das dimensões deles. No entanto, se forem materiais idênticos os números de cargas elétricas serão iguais.

Figura 7 – Sistematização de contato entre dois objetos.

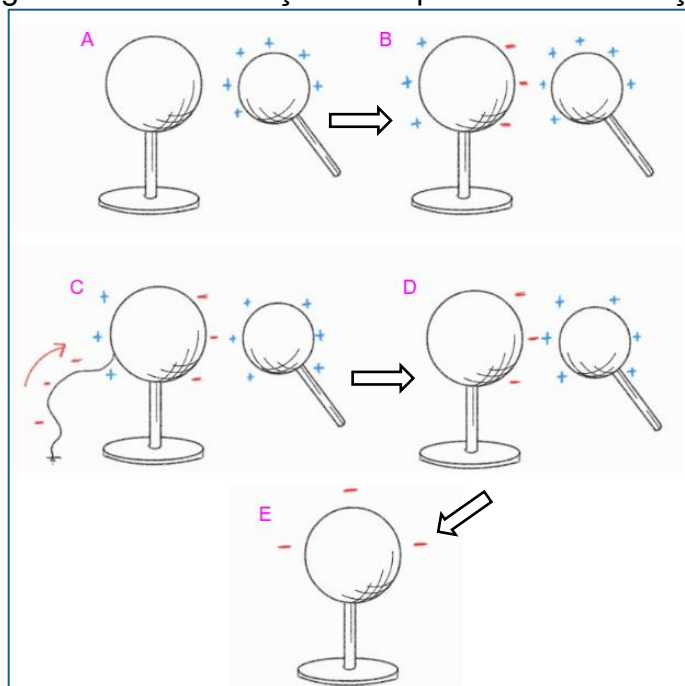


Fonte: Simões, (2025).

2.2.3 Eletrização por indução

Sucedo no momento que um objeto neutro, sendo fabricado de composição condutora, como materiais metálicos, sal de cozinha, ar úmido, corpo humano e entre outros, agrupa os seus elétrons livres devido à influência de um corpo carregado positivamente ou negativamente próximo a ele, sem que haja contato direto entre ambos. Podendo ser compreendido com mais nitidez pela Figura 8. No qual, o corpo eletrizado positivamente representa o indutor e o outro material neutro equivale o induzido, que terá as suas cargas positivas redistribuídas em um local específico, pela repulsão dos elétrons e da atração dos sinais opostos. Nesse processo de eletrização, também é possível carregar eletricamente o objeto induzido. Ao longo da execução da prática, é necessário conectar um fio entre o objeto induzido e a terra para que aconteça o carregamento do material (Biscuola, Doca e Bôas, 2013).

Figura 8 - Demonstração do experimento de indução.

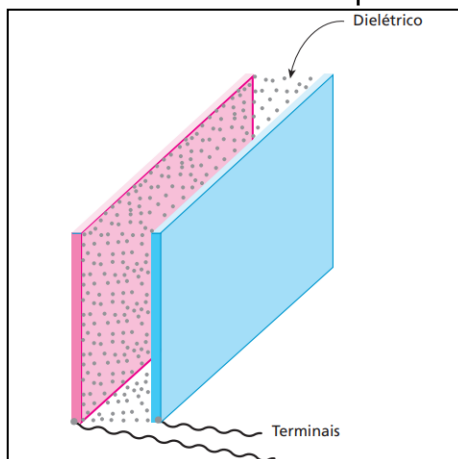


Fonte: Simões, (2025).

2.3 Definição de capacitor, capacitância e classificação

O capacitor, conhecido também como condensador, é um dos componentes eletrônicos mais utilizados em circuito elétrico, pois tem a capacidade de acumular e liberar cargas elétricas em um período de tempo muito curto. De acordo com Kazuhito e Fuke (2016), existem diferentes formatos geométricos, dentre os quais se destacam o esférico, o cilíndrico e o plano. Eles são formados por condutores com sinais opostos, denominados armaduras, que são agrupadas em terminais metálicos que definem a diferença de potencial entre si. Essas placas são separadas por um dielétrico, ou seja, um material isolante, como ar, borracha, celulose, vidro ou teflon. Assim sendo, comumente encontrados em aparelhos elétricos, são construídos cada um com suas estruturas. Entretanto, com a mesma característica de placas condutoras, material isolante e terminais, como pode ser analisado na estrutura de um capacitor plano pela Figura 9.

Figura 9 – Estrutura de um capacitor plano.

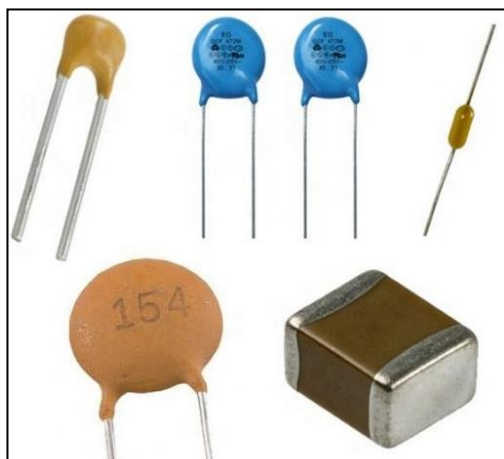


Fonte: Biscuola; Doca; Bôas, (2012).

De acordo com Biscuola, Doca e Bôas (2012), a principal função do capacitor é acumular cargas para produzir energia potencial elétrica (ou eletrostática). Desse modo, o capacitor é eficiente em armazenar uma certa quantidade de carga, para gerar descargas elétricas em um intervalo de tempo muito curto ou gradualmente, assim, contribuindo para regular o fluxo de corrente em um circuito. Porém, a quantidade estabelecida desse prazo no procedimento, dependerá dos componentes formados em um circuito elétrico e da sua capacitância.

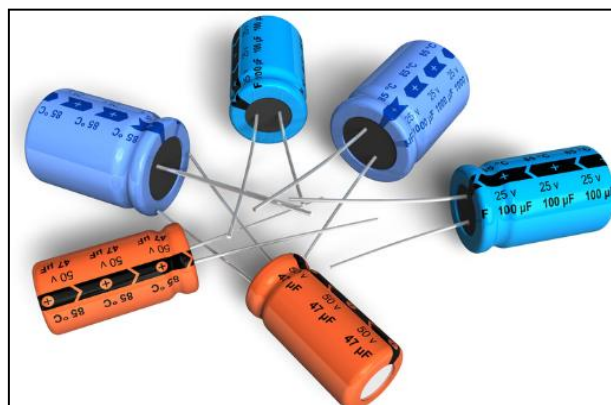
À medida que a tecnologia progrediu, os capacitores passaram a ser amplamente utilizados, principalmente na eletrônica, uma área da ciência destinada ao estudo dos equipamentos e fenômenos relacionados as cargas elétricas. Isso impulsionou os fabricantes a aperfeiçoarem os capacitores, resultando em uma ampla variedade de tipos em suas linhas de produção. Segundo Gaspar (2013), destaca-se os cerâmicos, formatos com estruturas metálicas separados por um dielétrico; os eletrolíticos, compostos de folhas de alumínio agrupadas com camadas de óxido de alumínio, imersas em uma solução ácida nomeada eletrólito. Como podem ser visualizados pelas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Capacitores cerâmicos.



Fonte: Eletro Aquila, (2025).

Figura 11 – Capacitores eletrolíticos.



Fonte: Econtron componentes eletrônicos, (2025).

Logo, existem diversas estruturas, tamanhos, composições e aplicações de capacitores, para auxiliarem na filtragem, oscilação, circuito temporizador, acoplamento de sinais e entre outros. No qual, segundo Kazuhito e Fuke (2016), destacam que podem ser observados ao ligar um rádio e sintonizar na estação adequada, no momento de utilizar um flash de uma câmera fotográfica e no desfibrilador para recompor o ritmo cardíaco corporal.

Nessa perspectiva, ao utilizar um ou mais capacitor em um circuito elétrico, eles serão carregados no momento que a corrente elétrica percorrerá as suas placas, gerando uma diferença de potencial elétrica (D.D.P.), também conhecido como tensão. De acordo com Gaspar (2013, p. 75), “quando as placas de um capacitor carregado são ligadas por um fio condutor, ele se descarrega. Isso significa que elétrons passam da placa negativa para a positiva até que ambas as placas se neutralizem”. Nesse sentido, cada capacitor tem a sua tensão máxima, porém, se depositar uma D.D.P. menos do que o seu limite ele armazenara, já se passar acima do imposto pela fábrica acontecerá um vazamento ou explosão.

2.3.1 A Capacitância

Com o avanço dos estudos sobre capacitores, foi possível definir a quantidade de cargas elétricas armazenadas como capacitância (ou capacidade eletrostática), uma grandeza física escalar. Conforme Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 265), “a capacitância é uma medida da quantidade de carga que precisa ser acumulada nas placas para produzir uma certa diferença de potencial entre elas”. Assim, a

capacitância reflete a capacidade do capacitor de agrupar cargas elétricas em sua estrutura, possibilitando o fortalecimento de energia elétrica de forma eficiente.

Portanto, a capacitância é representada pelo símbolo (C) e necessita da geometria das armaduras do capacitor para obter seus resultados. Ademais, sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o farad (F), sendo comum o uso dos seus submúltiplos, como microfarad, nanofarad e picofarad. Outra forma de expressá-la é em coulomb por volt (C / V). Pelo qual, é calculada com a relação entre carga elétrica (Q) e diferença de potencial (V), que são diretamente proporcionais, representada pela equação: $C = \frac{Q}{V}$ (Kazuhito e Fuke, 2016).

2.4 Teoria da aprendizagem significativa para o ensino da Física

Em meados do século XX, o psicólogo norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008) desenvolveu a teoria da aprendizagem significativa com o objetivo de aperfeiçoar as dimensões no processo do ensino-aprendizagem dos estudantes. Ele propôs novas estratégias para o desenvolvimento das aulas ministradas pelos docentes. No qual, afirma Moreira (2006, p. 16).

Aprendizagem significativa caracteriza-se, pois, por uma interação (não uma simples associação), entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitivas e as novas informações, pelos quais estas adquirem significado e são interligados à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.

Desse modo, os discentes são orientados a integrar diretamente os seus conhecimentos prévios com os conteúdos apresentados pelos docentes, seguindo uma sequência lógica de complexidade, indo dos assuntos mais amplos aos mais específicos. Além disso, é importante destacar que os estudantes precisam estar dispostos a vivenciar essa abordagem de ensino para que a aprendizagem seja mais significativa e eficaz. Assim, cria-se uma oportunidade de auxiliar os discentes que estejam dispostos a interagir e aprender com os conteúdos abordados na grade curricular.

Entretanto, nos dias atuais, ainda nos deparamos com a utilização de aulas exclusivamente teóricas, voltadas apenas para obtenção de resultados em dias de provas, sem preocupação com a aprendizagem dos estudantes. Isso perpetua um ciclo de aulas tradicionais, ainda enraizado no sistema educacional. De acordo com

Moreira (2021), esse método, imposto nas escolas para a preparação no mercado de trabalho, tem como foco principal a memorização de conteúdo sem um propósito significativo e é conhecido como a “cultura do ensino para testagem”. Ele o relaciona à aprendizagem mecânica de Ausubel, pois ambos compartilham o mesmo conceito. Dessa forma, os educadores deixam de se preocupar em envolver os alunos no processo do ensino-aprendizagem, comprometendo a construção de conhecimentos sólidos, interativos e significativo, ao longo da vida.

Nessa perspectiva, segundo Hattie (2017), tanto os professores iniciantes quanto os mais experientes necessitam, primeiramente, compreender como os estudantes aprendem o conteúdo para, posteriormente, organizarem a forma de ensiná-lo, pois, muitos ainda estão presos ao ensino e não à aprendizagem. Por isso, muitos docentes precisam estar abertos para as mudanças, impulsionando novos meios educativos que envolvam o maior número possível de alunos dispostos em aprender, para, só então, aperfeiçoar o método de ensinar. Dessa forma, sendo possível posicionar os estudantes no centro da aprendizagem, promovendo uma relação mais mútua com o professor e possibilitando a construção de pensamentos críticos, elaborados e científicos.

Todavia, em conformidade com Moreira (2021), aprendizagem significativa precisa estar interligada com a aprendizagem mecânica, pois há uma zona cinza onde envolve os elementos de ambas, ou seja, a ligação entre a memorização e a compreensão de um determinado assunto. Isso auxiliará no desenvolvimento do trabalho educativo, tornando os conteúdos mais claros e objetivos para os estudantes, através do ensino recebido, os materiais instrucionais e as atividades desenvolvidas. Assim, ao utilizar esse método, relacionado os conteúdos com o mundo real, apoiando-se em recursos didáticos e exercícios, os alunos são estimulados a aplicar, refletir e entender o significado do que estão aprendendo.

Contudo, para promover a interação dos estudantes com seus conhecimentos prévios e conciliar a aprendizagem com o ensino, especialmente na área da Física, é fundamental relacionar os conteúdos aos diversos acontecimentos, construções e fenômenos do cotidiano. Conforme Mathias (2022, p. 18),

“Uma formação que vai além da simples preocupação com passar informações, uma formação para a vida, diga-se de passagem, o conhecimento da Física que tenha utilidade para além de avaliações, notas, exames e até mesmo do ENEM”.

Assim, o conhecimento adquirido além do ensino para testagem nas aulas de Física tem potencial de ser aplicado tanto na solução de pequenos quanto de grandes problemas no contexto teórico experimental. Para mais, podendo despertar o interesse pela ciência, permitindo que o estudante contribua para novas descobertas, compreenda diversos fenômenos ou até mesmo se tornar um grande cientista.

2.5 A importância da experimentação no ensino Médio

O ensino médio na maioria das escolas brasileiras carece de laboratórios científicos, especificamente na área da Física, uma disciplina fundamentada em experimentações, análises e produções matemáticas. “De acordo com o Censo Escolar do ano de 2019, somente 42,1% das Escolas Públicas de Ensino Médio do Brasil apresentavam laboratório de Ciências” (Nascimento; Nascimento, 2020, p. 3). Esse dado evidencia a subvalorização dos laboratórios na situação das políticas educacionais e governamentais, destacando a falta de investimento em recursos essenciais para o ensino experimental das ciências.

No entanto, muitas das instituições que possuem um laboratório de Física na sua estrutura dificilmente é utilizando. Isso ocorre, em grande parte, devido à falta de equipamentos variados que abranjam os conteúdos da disciplina ou, principalmente, pela ausência de professores interessados em proporcionar suas aulas de forma a integrar teoria e prática. Sendo um método proposto no artigo 35, inciso IV da Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDB), associado ao ensino médio, que destaca “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionados a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (Brasil, 1996, p. 14).

Consequentemente, os dois conceitos educativos precisam estar interligados para que ocorra uma explicação sem lacunas, pois um depende do outro para a realização das suas comprovações. Segundo Rosenbaum (2014, p. 1), “não há teoria sem prática e a prática torna-se precária sem uma teoria que a sustente”. Nesse sentido, as teorias de todos os conteúdos são essenciais na apresentação de uma aula, porém, na maioria das explicações, não se pode abrir mão da prática, por ser uma ferramenta capaz de demonstrar com clareza os conhecimentos apresentados em cada tema.

Nesse contexto, as ferramentas disponíveis nos laboratórios do ensino médio desempenham um papel crucial no apoio às aulas ministradas pelos professores. Além disso, envolvem diretamente os discentes no processo de ensino-aprendizagem, especialmente em relação aos conteúdos com grau de complexidade maiores, tornando-os mais demonstrativos, explicativos e atrativos. Por outro lado, uma boa aplicação das aulas utilizando materiais experimentais, não é estritamente necessário dispor de equipamentos específicos de laboratórios. É possível construir recursos didáticos com materiais acessíveis, permitindo que a prática experimental ocorra em qualquer ambiente acadêmico. Assim, a experiência prática não se limita à presença de um laboratório com equipamentos sofisticados, mas em qualquer local acadêmico com materiais de fácil acesso pode suceder uma aplicação experimental (Borges, 2002).

Todavia, existem diferentes experimentos na área da Física que podem ser construídos com equipamentos de fácil disponibilidade, permitindo a abordagem de diversos conteúdo do ensino médio e alcançando propriedades similares às dos instrumentos sofisticados de laboratório. Isso é possível, sobretudo, com a colaboração e o comprometimento mútuo entre professor e aluno. Pois, todos os indivíduos do meio educativo precisam interagir plenamente, para suceder uma aprendizagem significativa e mais sólida, que integre de maneira eficaz a teoria e a prática.

Então, a realização de uma aula aplicando esse recurso didático, seja ele um equipamento laboratorial ou construído com ferramentas simples auxilia os docentes na contextualização dos conteúdos. Além disso, proporciona aos discentes a oportunidade de interagir, refletir e solucionar questões necessárias para o momento de ensino-aprendizagem e, torna-se um método possível para ser utilizado devidamente. Conforme Silva e Lima (2019, p. 383), “a experimentação, usada como recurso didático no ensino de Física, possibilita ao aluno um momento de vivência com os fenômenos físicos, expandindo a visão da abstração construída em sala de aula”.

Consequentemente, a construção e utilização da réplica da Garrafa de Leiden em uma aula sobre eletricidade, direcionada a turmas de terceiro ano do ensino médio, traz benefícios significativos para todos os envolvidos no processo de aprendizado. Em conformidade com Clerici *et al.* (2017), no seu relato de experiência destaca a construção da Garrafa de Leiden pelos estudantes do terceiro ano do ensino médio,

com utilizações dos processos de eletrização para carregá-lo, assim, conseguindo obter diversos resultados, quanto investigativos, analíticos e reflexivos. Desse modo, evidencia-se a relevância desse aparato como recurso didático para a compreensão do tema sobre capacitores, além de estimular melhores resultados na aprendizagem dos estudantes.

Logo, as práticas experimentais desempenham uma parte fundamental no ensino-aprendizagem, ao envolver os estudantes na produção de seus próprios conhecimentos, promovendo a vivência de informações importantíssimas e profundas para a vida. Como afirma Rosito (2008, p. 203),

“As atividades experimentais devem sempre complementar tanto a ação quanto a reflexão. Não basta envolver os alunos na realização dos experimentos, mas também procurar integrar o trabalho prático com a discussão, análise e interpretação de dados obtidos”.

Dessa maneira, ao ministrar uma aula experimental, é importante que cada etapa do processo esteja diretamente relacionada ao conteúdo abordado e aos resultados esperados, envolvendo todos os participantes de forma ativa. Sendo assim, para que os docentes possam atender a essas demandas educacionais e conduzir uma aula organizada, é fundamental a utilização de uma sequência didática, para proporcionar uma aprendizagem mais estruturada aos alunos.

2.6 A importância da Sequência de Didática nas aulas de Física

A sequência didática é uma construção de diversas ações relacionadas ao um certo conteúdo, que o docente necessita aplicar ao longo do processo de ensino-aprendizagem dos discentes. Essas atividades são elaboradas por etapas, podendo ser utilizado diferentes recursos didáticos que facilitam a sua compreensão, sendo composto de várias conexões entre si, para um determinado propósito. Como afirma Zabala (1998, p. 24), “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articulados para realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”.

Consequentemente, a criação das sequências didáticas no ambiente educacional, necessariamente, no currículo de Física, auxilia e incentiva os docentes a manusearem diferentes métodos educativos com propostas avaliativas adequadas para cada momento da aplicação do conteúdo. Conforme Siqueira (2022, p. 76),

“Representa um meio pelo qual o professor desenvolve seu trabalho de forma planejada e coordenada com vistas a alcançar seus objetivos instrucionais desenvolvendo nos estudantes competências e habilidades específicas”.

Desse modo, contribuindo para a realização de aulas mais sistematizadas e dialogadas com que abrangem todos os envolvidos em um conhecimento recíproco e com domínios estabelecidos.

Além disso, por serem produzidos por vários momentos pedagógicos, beneficia na estrutura da educação disponibilizada aos discentes, principalmente, por favorecer a estratégia utilizada pelo o professor ao apresentar o assunto. Pois, possibilita a oportunidade de realizar o levantamento dos conhecimentos prévios, relacionar o convívio com os fenômenos, envolvê-los na construção experimental, demonstra o contexto histórico e os cálculos obtidos. Sendo assim, uma sequência didática precisa ser completa e organizada com toda a base do conteúdo, contribuindo significativamente com os estudantes através da construção do pensamento crítico constituído ao decorrer do ensino, com o objetivo de estabelecer uma compreensão concreta para a vida (Lima, 2018).

Portanto, a realização cronológica dos conceitos de um determinado tema constituído por meio dessa ação pedagógica realizada por diversas estratégias instrutivas, auxilia na estruturação da aula ministrada pelos docentes e em uma aprendizagem integral e autônoma na vida dos educandos. De acordo com Sucupira (2017), existe diferentes técnicas de ensino, porém, ao desenvolver uma sequência didática abrange todo uma estratégia para abordar o máximo do assunto, principalmente, por colaborar tanto no trabalho profissional dos professores, quanto no conhecimento adquirido pelos alunos.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho abrange a pesquisa bibliográfica, utilizada para auxiliar na análise dos diferentes materiais disponíveis, contribuindo para a elaboração das informações necessárias ao avanço dos estudos sobre o contexto histórico e os conceitos de capacitor, com ênfase na garrafa de Leiden. De acordo com Gil (2010), essa modalidade de pesquisa está diretamente interligada ao embasamento teórico de trabalhos desenvolvidos, além de definir conhecimentos precisos a respeito do conteúdo na atualidade. Dessa forma, colaborando na produção contextual com pesquisas apropriadas para o crescimento científico na área investigada.

Além disso, o estudo adota a abordagem qualitativa, com o objetivo de descrever, compreender e explorar a aplicação dos recursos didáticos construídos através das pesquisas, voltados para o processo do ensino-aprendizagem em uma turma da terceira série do Ensino Médio de uma instituição pública. Nesse sentido, segundo Prodanov e Feitas (2013), o método qualitativo tem como principal propósito relatar o andamento do material de trabalho, juntamente com observação, coleta e argumentação dos dados referentes ao ocorrido da prática. Assim, esse procedimento colabora para a produção das informações reflexivas, favorecendo o aprofundamento e a formação dos conhecimentos adquiridos no ambiente de análise.

3.1 Descrição do local da pesquisa e do perfil dos estudantes

O presente estudo aconteceu no Instituto Federal do Piauí - IFPI, *campus* São Raimundo Nonato, localizado na rodovia BR 020, na cidade de São Raimundo Nonato - PI. O *campus* contém diferentes blocos, setores, banheiros, quadra poliesportiva, laboratórios de Física, Química, Biologia, Matemática e Informática. A Figura 12 mostra a entrada principal.

Figura 12 – Entrada do IFPI, *campus* São Raimundo Nonato.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Essa instituição pública possibilita formações na Educação Profissional Técnica na modalidade Integrada e Concomitante/Subsequente, graduações na categoria presenciais (Tecnólogo em Gastronomia, Tecnologia em Sistemas para Internet, Licenciatura em Física, Licenciatura em Matemática) e na modalidade de Educação a Distância - EAD (Licenciatura em Geografia, Licenciatura em Letras – Português, Licenciatura em Educação Especial e Inclusiva).

O projeto foi aplicado no segundo semestre de 2024 (2024.2) à turma do 3º ano do Ensino Médio Integrado ao curso Técnico em Informática, composta por 29 alunos. Essa turma foi selecionada para participar das atividades nas duas aulas semanais de Física, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Estudantes da turma selecionada.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

3.2 Construção da réplica da garrafa de Leiden e processos de carregamento e descarga

Para a confecção da garrafa de Leiden e dos materiais para os processos de eletrização, foram necessários utilizar os seguintes materiais.

a) A garrafa de Leiden

Para a construção do aparato foi utilizado uma garrafa de água mineral de 500 ml, com a mesma quantidade do conteúdo dentro, uma barra de ferro, uma esfera metálica com diâmetro de 1,8 cm, papel alumínio, fita adesiva e uma rolha. Como observado na Figura 14.

Figura 14 – Réplica da garrafa de Leiden



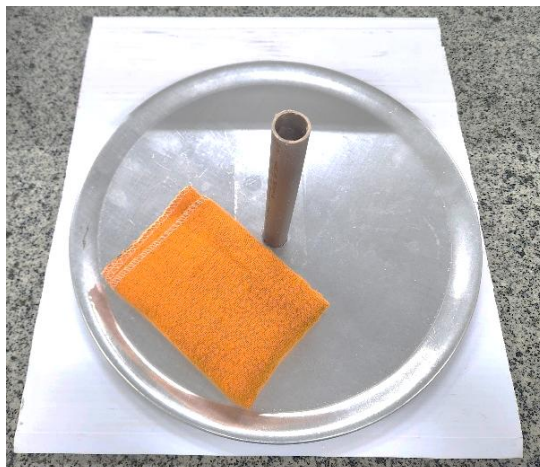
Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Inicialmente, na produção da garrafa de Leiden, ocorreu a soldagem da esfera na barra de ferro. Em seguida, adicionou o papel alumínio em volta da garrafa e prendeu-o com fita adesiva. Depois, inseriu a barra de ferro em uma das extremidades da rolha. Na qual, transpassou até a outra superfície, onde sucedeu uma determinação de um comprimento considerável, para a imersão do material na água do interior da garrafa. Posteriormente, abriu um círculo na tampa da garrafa com a mesma dimensão da rolha e agrupou-a no recipiente.

b) Processo de carregamento e de descarga da garrafa

Para os processos de eletrização (Carregamento da garrafa) foi utilizados forro e cano de PVC (Policloreto de Vinila), toalha de algodão, bandeja de alumínio, como ilustra a Figura 15.

Figura 15 – Materiais utilizados para os processos de eletrização.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Em relação ao processo de descarga da Garrafa de Leiden foram utilizadas duas pequenas esferas de ferro de 1 cm de diâmetro, acopladas em um raio de bicicleta e uma alça de madeira, conforme a Figura 16.

Figura 16 – Arco utilizado para o circuito elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

3.3 Elaboração da Sequência Didática

Com a aplicação deste projeto em sala de aula, demandou necessariamente a formação da sequência didática que abrangesse de forma especial alguns dos

conceitos pesquisados a respeito ao conteúdo de capacitor, presente no ramo da eletricidade ensinada na terceira série do Ensino Médio. Sendo apontado os seguintes assuntos: contexto histórico, experimentação do primeiro capacitor, diferentes maneiras de carregá-lo, definição, estruturas, utilidades e capacitância.

A construção do ensino-aprendizagem de todos esses conteúdos mencionados para a formação dos conhecimentos dos discentes, durou cerca de duas aulas em seguida uma da outra de 1h cada. Dessa maneira, por meio avaliativo da participação dos alunos no decorrer das explicações, perguntas sobre os conceitos, relações com o cotidiano, envolvimento com a prática e com a realização de uma atividade dissertativa com cinco questões referentes aos conhecimentos adquiridos.

Além disso, essa ação pedagógica foi composta por etapas, contendo cada uma o seu próprio objetivo, sendo representada logo abaixo e explicada por meio do Sequência Didática que está mais detalhada no Apêndice A.

3.4 Execução da ação pedagógica

Na primeira etapa da sequência didática, os alunos foram introduzidos ao conceito de capacitores e capacitância por meio de um diálogo para tentar extrair seus conhecimentos prévios. Em seguida, utilizando um Data Show, foi apresentada uma linha do tempo ilustrando a história inicial do capacitor, com destaque para o experimento da garrafa de Leiden e o processo de armazenamento de cargas elétricas (Figura 17).

Figura 17 – Apresentação do funcionamento da garrafa de Leiden.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Após a introdução histórica aos capacitores, a primeira etapa da sequência didática aprofundou o conhecimento dos alunos sobre o tema. Em um diálogo aberto, exploramos os conhecimentos prévios dos alunos sobre capacitores e capacitância, abordando também os três processos de eletrização: atrito, contato e indução.

Com o auxílio de slides ilustrativos, detalhamos o deslocamento das cargas elétricas em cada processo de eletrização, solidificando a base teórica necessária para o entendimento dos capacitores. Em seguida, apresentamos os capacitores utilizados atualmente, descrevendo suas diferentes estruturas, composições e formas de manuseio, além de abordar o conceito de Capacitância de cada dispositivo.

Para consolidar o aprendizado sobre o processo de eletrização por atrito, realizamos uma atividade prática utilizando materiais simples: um forro de PVC e o cabelo de uma aluna. A fricção do cabelo no forro de PVC demonstrou a transferência de cargas elétricas de forma eficaz, conforme ilustrado na Figura 18. A substituição da toalha de algodão pelo cabelo da aluna, como agente de atrito, otimizou o experimento, evidenciando a importância da escolha de materiais adequados para a transferência de cargas.

Figura 18 – Momento da do atrito entre o forro de PVC e o cabelo da aluna.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Logo depois, foi posicionado a bandeja em contato com o forro de PVC, posicionando os dedos em cima da bandeja, para ocorrer o aterramento e carregá-la de cargas elétricas de mesmo sinal (Figura 19).

Figura 19 – 1: Transferência de cargas para a bandeja; 2: Aterramento.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Finalmente, a bandeja foi aproximada da esfera da garrafa de Leiden, que estava envolta em papel alumínio, com o intuito de transferir cargas da bandeja para a garrafa, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Transferindo cargas para a garrafa de Leiden.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

O processo de carregamento foi repetido 10 (dez) vezes, garantindo que a garrafa de Leiden armazenasse cargas suficientes para gerar uma pequena descarga elétrica perceptível no circuito formado por seis pessoas (alunos e professora), conforme demonstrado na Figura 21.

Figura 21 – Circuito para descarga da garrafa de Leiden.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Posteriormente, sucedeu a execução de outro experimento utilizando a garrafa de Leiden, colocando-a posicionada na superfície de uma carteira escolar. Após o seu carregamento por meio dos processos de eletrização já mencionado, aproximou-se o arco com as esferas da réplica, uma esfera no papel alumínio e a outra na esfera da garrafa, como ilustra a Figura 22. Durante o experimento, foi possível observar faísca capaz de ser vista a olho nu.

Figura 22 – Momento do circuito elétrico com o arco e a garrafa de Leiden.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Em seguida, encaminhado para a última parte da ação pedagógica, aconteceu a entrega e resolução individual de uma atividade de cinco questões dissertativas, que serviu de base para análise do presente trabalho (Apêndice B e Anexo A).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, evidenciam-se as ocorrências presenciadas no decorrer das aulas, os resultados elaborados pelos estudantes por meio do questionário de reflexão e alguns desafios encontrados ao longo das realizações experimentais.

4.1 Observações durante o desenvolvimento da aula

Durante a aplicação da sequência didática em sala de aula, iniciamos com uma discussão reflexiva sobre o conhecimento prévio dos alunos a respeito de capacitores. Constatamos que o tema era pouco familiar para a maioria, que desconhecia o material de estudo. No entanto, ao aprofundarmos a discussão e apresentarmos o capacitor eletrolítico utilizado atualmente, os alunos conseguiram relacioná-lo a um objeto com a função de armazenar substâncias, baseando-se no nome e nos números apresentados no dispositivo. Esse processo de identificação e relação com conhecimentos existentes na vivência dos alunos despertou a curiosidade da turma.

Em seguida, os alunos se mostraram atentos à abordagem cronológica dos eventos que levaram à invenção da Garrafa de Leiden e à explicação detalhada de seu funcionamento. As figuras nos slides e a exibição de um vídeo sobre a Regra de Dufay e os "fogos de artifício de Bose", apresentado pela cientista e influenciadora do Instagram Kananda Eller, fizeram grande sucesso, principalmente entre os alunos que já conheciam o vídeo e incentivaram os demais a assistirem. Essa atividade facilitou a compreensão dos passos percorridos pelos pesquisadores para a descoberta do aparato e envolveu os alunos com o uso de mídias presentes em seu cotidiano.

Além disso, promovemos um debate sobre como carregar a Garrafa de Leiden. Os alunos recordaram o contexto histórico do método utilizado pelos cientistas e mencionaram o gerador de Van der Graaf, que haviam conhecido recentemente durante uma visita e demonstração prática no laboratório de Física com o professor da disciplina. Também foram apresentados os processos de eletrização, tema abordado em estudos anteriores. Essa discussão aprofundou o entendimento sobre as cargas elétricas nos experimentos e seu armazenamento no instrumento de estudo.

Em resumo, a aplicação da sequência didática, combinando diferentes recursos e abordagens, permitiu aos alunos construir um conhecimento mais sólido sobre

capacitores, desde os conceitos básicos até o funcionamento da Garrafa de Leiden, relacionando-os com seus conhecimentos prévios e com situações do dia a dia.

Ao apresentar a estrutura básica, os formatos e os tipos de capacitores utilizados atualmente, destacando alguns eletrônicos do dia a dia que os incluem em sua composição, como rádio, televisão, câmera fotográfica, ventilador e desfibrilador, houve uma conversa ativa entre todos os envolvidos na aula. Os alunos discutiram sobre como esse componente se comporta nos aparelhos citados, e algumas de suas declarações foram: "Já tinha visto o desfibrilador em filmes, novelas, séries e jogos de futebol, mas não sabia como funcionava".

Durante a explicação sobre o descarregamento do capacitor em um ventilador, os alunos fizeram conexões com o impulso necessário para seu funcionamento, o flash da câmera fotográfica, com a espera de segundos para surgir, e a estação escolhida de rádio. Ficaram impressionados ao descobrirem a utilidade do capacitor em cada um desses dispositivos que utilizam cotidianamente. Dessa forma, a apresentação de utensílios vivenciados pelos alunos foi satisfatória para a fundamentação do assunto exposto.

Após essas explicações, um aluno perguntou: "Qual a diferença de capacitor para bateria?". Em vista disso, foi esclarecido o tempo de vida e a composição química de uma bateria, e a diferença entre os segundos para carregar e descarregar um capacitor.

Posteriormente, com a exposição dos conceitos sobre capacitância, foi feita uma relação com os conhecimentos prévios dos alunos no início da aula. A capacidade de armazenar cargas elétricas nas estruturas de um capacitor foi comparada com a quantidade suportada por uma garrafa de água de 500ml. Essa analogia tornou mais claras as informações necessárias para a compreensão do tema.

4.2 Análise do questionário aplicado na turma

A partir da análise dos questionários respondidos pelos alunos, foi possível identificar os seguintes argumentos e afirmações. Estes foram agrupados em três resultados distintos, detalhados no Apêndice B.

1. Como o contexto histórico contribuiu para a compreensão do conteúdo?

Os discentes prestaram muita atenção no decorrer de toda abordagem histórica, que apontaram o compartilhamento do conhecimento por cartas, o favorecimento detalhado das imagens e a contribuição introdutória para o assunto. Conforme a observação do aluno 1 *“para demonstrar como surgiu e entendermos melhor a origem”*.

2. O que achou mais interessante na aula?

Os relatos mais frequentes nas respostas, foram o momento do choque e da faísca com a réplica da Garrafa de Leiden. Além disso, ressaltaram o desenvolvimento histórico e os materiais simples capazes de carregar o artefato e compreender a teoria. Ademais, o aluno 2 comentou *“achei interessante entender como conceitos básicos de eletricidade, como a armazenagem de carga foram explicados de forma prática com a garrafa de Leiden, conectando a teoria e a experimentação”*.

3. O que você conseguiu compreender com mais facilidade e por quê?

As respostas encontradas na maioria da questão dirigiram-se na compreensão do funcionamento e armazenamento de forma rápida e eficaz do capacitor. Como também, a contribuição da realização e explicação dos experimentos para gerar eletricidade. De modo abordado pelo aluno 3 *“o que é um capacitor e para o que serve, pelo fato do experimento claro e objetivo”*.

4. Como o experimento realizado ajudou a entender o funcionamento do capacitor?

Muitos dos alunos destacaram o momento da prática, em fechar o circuito e receber em seguida o choque elétrico, compreendendo a rapidez que um capacitor possui em carregar e descarregar em segundos. Além disso, relacionaram o funcionamento com os exemplos apresentados em sala, como o flash da câmera fotográfica. Para mais, enfatizaram a utilização dos materiais condutores e isolantes, o armazenamento e a distribuição de cargas elétricas positiva e negativa nas placas dos capacitores. De modo a afirmar o aluno 4 *“ajudou a entender como o capacitor armazena carga, quando é conectado a uma fonte de energia e como ele libera a carga”*.

5. Defina onde foi utilizado os processos de eletrização na realização da prática com a garrafa de Leiden?

Esta foi uma das perguntas mais complexa para os estudantes compreendê-la, pois ocorreu muitas dúvidas, que necessitou ser explicado detalhadamente a localização dos processos de eletrização no experimento executado. Dessa maneira, acontecendo o entendimento nítido de alguns, podendo ser destacando na escrita do aluno 5 *“O atrito foi gerado pelo cabelo em contato com a placa; o contato ocorreu quando a forma tocou a esfera e a indução ocorreu quando o menino segurou a garrafa”*. Como também, sucedeu a dificuldade de outros, em diferenciar e expressar o momento de cada processo de eletrização com a realização da prática.

4.3 Desafios encontrados durante a prática dos experimentos

Inicialmente, ao ser construído a garrafa de Leiden com recipiente de vidro de espessura grossa e em volta do seu exterior uma lata de refrigerante, como demonstrado pela figura 23, não foi possível carregá-la com os processos de eletrização nem com a utilização do gerador de Van der Graaf do laboratório de Física do IFPI *campus* São Raimundo Nonato – PI. Assim, resultando na análise mais aprofundada dos tipos de dielétrico capazes para o manuseado da prática experimental. Com isso, sendo necessário a troca desse isolante inicial pela garrafa de água mineral constituída de plástico.

Figura 23 – Réplica da Garrafa de Leiden construída com recipiente de vidro.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Além disso, ao ocorrer a tentativa da prática no período de inverno chuvoso na região de estudo, com a utilização dos processos de eletrização para carregar a garrafa de Leiden, sucedeu uma grande falha na abordagem experimental. Na qual, obteve uma observação relacionada a umidade do local, pois no momento que esse fenômeno estar no máximo, os experimentos apresentam dificuldade na distribuição das cargas elétricas em passar de um material para o outro. Conforme Jardim e Guerra (2018), relatam a presença da faísca mais intensa no ambiente de menor umidade ao realizar em dias diferentes a mesma estruturação experimental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo atingiu os objetivos propostos, explorando os aspectos históricos e teóricos da Garrafa de Leiden para fundamentar a compreensão da relevância dos capacitores no cotidiano. A construção da réplica da Garrafa de Leiden e sua aplicação em sala de aula, juntamente com o conhecimento adquirido, despertaram o interesse dos alunos, um conteúdo que poderia ter sido negligenciado.

A sequência didática, ao integrar métodos educacionais eficazes, contribuiu para conectar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema a um aprendizado mais elaborado e aprofundado sobre os conceitos iniciais do capacitor, especialmente sua estrutura e funcionamento no dia a dia. O desenvolvimento da aula foi marcado por um aprendizado duradouro e significativo, com a participação mútua dos envolvidos (alunos e professor).

Os resultados evidenciaram a importância da prática experimental no entendimento da distribuição de cargas elétricas e do tempo de carregamento e descarregamento da garrafa de Leiden. Essa experiência colaborou para a construção de pensamentos científicos e reflexivos nos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem.

A réplica da garrafa de Leiden, ao demonstrar a descarga e a faísca elétrica em um circuito, engajou e despertou a curiosidade dos discentes, revelando-se um recurso pedagógico valioso para auxiliar professores e alunos na construção de um aprendizado interativo e enriquecedor.

No entanto, para utilizar esse material educativo de forma eficaz, foi necessário condensar o conteúdo sobre o aspecto histórico, os métodos de carregamento e a teoria inicial do capacitor, devido à carga horária limitada de duas aulas. Essa limitação aponta para a necessidade de pesquisas futuras que explorem os assuntos abordados de forma mais aprofundada, com a aplicação em mais aulas e a inclusão de diferentes tipos de circuitos elétricos e cálculos relacionados ao tema.

Em suma, todas as etapas deste estudo contribuíram para o aprendizado dos estudantes, comprovando a importância de uma abordagem mais didática dos conteúdos do ensino médio, em particular do 3º ano do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, Florianópolis, dez. 2002.
- BISCUOLA, G. J.; DOCA, R. H.; BÔAS, N. V. **Tópicos de Física**, Vol. 3. 18ª ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional**, LDB. 9394/1996. Brasília: MEC, 1996.
- CLERICI, K. S. *et al.* **Garrafa de Leiden**: praticando ação e reflexão em sala de aula. IV CIECITEC, 2017.
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física, Vol. 3**: Eletromagnetismo e Física Moderna. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2013.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WARLKER, J. **Fundamentos de Física, Vol. 3**: Eletromagnetismo. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HATTIE, J. **Aprendizagem visível para professores**: Como maximizar o empacoto da aprendizagem. Porto Alegre: Penso, 2017.
- HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th centuries**: a study of Early Modern Physics. Univ. of California Press, 1979.
- JARDIM, J.; GUERRA, A. República das letras, Academias e Sociedades Científicas no século XVIII: a garrafa de Leiden e a ciência no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 774-797, 2017.
- JARDIM, J.; GUERRA, A. A Garrafa de Leiden em uma perspectiva histórica na ciência: replicando experimento históricos e suas alternativas com materiais de baixo custo. **Física na escola**, v.16, n. 12, 2018.
- KAZUHITO, K.; FUKU, L. F. Física para o Ensino Médio, Vol. 3: Eletricidade/Física Moderna. 4ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- LIMA, D. F. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. **Revista Triângulo**, v. 11, n. 1, 2018.
- MATHIAS, A. L. R. 2022. **Metodologias ativas aplicadas e aprendizagem de conceitos de física no ensino médio: uma proposta de intervenção para o uso de PhET**. Tese (Licenciatura de Física) Universidade Federal do Maranhão, São Luiz – MA, 2022.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinenses de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MELLO, V. L. **Instrumentação para o Ensino de Física III**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

MOURA, B. A. **A filosofia natural de Benjamin Franklin**: traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz. Santo André: Editoria UFABC, 2019.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

NASCIMENTO, J. S.; NASCIMENTO, E. F. V. C. Educação e Ensino de Matemática, Ciências Exatas e Ciências da Natureza. **Anais Educon**, v. 14, n.14, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Nova Hamburgo: Feevale, 2013. E-book.

ROSENBAUM, L. S. Na prática, a teoria é outra: os resultados das pesquisas e sua influência nas salas de aula. **Revista Educação Pública**, 2014.

ROSITO, Berenice Alvares. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque (org). **Construtivismo e Ensino de Ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR. J. W. **Princípios da Física, Vol. 3**: Eletromagnetismo. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SIQUEIRA, K. S. **Uma proposta de sequência didática para o ensino da física de materiais semicondutores**. Dissertação (Mestre em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

SILVA, M. K. L.; MILTÃO, M. S. R. O Uso da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física, Aspectos Teóricos e Práticos. **Caderno de Física da UEFS**, v. 19, n. 2, 2021.

SILVA, M. G. A.; LIMA, A. M. A experimentação como recurso didático nas representações sociais construídas por licenciandos/as em física do IFPE. **Revistas Atos de Pesquisa em Educação**, v. 14, n. 2, 2019.

SOUSA, J. R.; COSTA, P. R. B.; SGARBI, A. D. História e Filosofia da Ciência no contexto do Ensino de Ciências: um olhar a partir da produção Stricto Sensu brasileira. **História da Ciência e Ensino**, v. 25, p. 122-139, 2022.

SUCUPIRA, I. S. **Sequência didática como estratégia facilitadora do processo de ensino-aprendizagem de frações**. Dissertação, (Mestrado Profissional em Ensino das Ciências) - Universidade do Grande Rio "Professor José de Souza Herdy", Duque de Caxias, 2017.

ZABALA, A. **A Prática Educativa:** Como ensinar. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO

Professora: Cássia Santos Sena

Disciplina: Física

Tema: Capacitor

Título: Os aprendizados iniciais para o aprofundamento histórico, conceituais e experimental referente aos capacitores

Objetivo geral: Compreender a estrutura científica do primeiro capacitor, com base na sua origem histórica e experimental, bem com os seus avanços e benefícios para a sociedade nos dias de hoje.

Público alvo: Estudantes de informática do 3º ano do Ensino Médio

Justificativa: A realização da Sequência Didática para o conteúdo de capacitor é de primordial importância, pois contribui significativamente para a utilização de diferentes metodologias pedagógicas que favorecem o processo de ensino-aprendizagem dos discentes.

Objetivo específico:

- Encontrar relações relevantes com o assunto aplicado;
- Analisar os esforços científicos que resultaram na experimentação da Garrafa de Leiden;
- Realizar um breve diálogo sobre a utilização dos equipamentos capazes de carregar o experimento;
- Identificar os métodos de carregamento manuseados para o armazenamento de cargas no aparato;
- Comparar as classificações e capacidades dos capacitores na atualidade;
- Verificar por meio da prática com a Garrafa de Leite, a eficácia do seu funcionamento;
- Reconhecer os conhecimentos adquiridos ao decorrer das aulas.

Sequência didática utilizada na aplicação das descobertas referente ao capacitor		
Etapas	Descrição da atividade	Duração
Situação-Problema	Diálogo juntamente com os estudantes sobre o conhecimento relacionado ao capacitor, principalmente, do que eles compreendiam do assunto.	10 minutos
Contexto histórico	Apresentação cronológica de todo o descobrimento do capacitor.	25 minutos
Atividade I	Socialização do conhecimento dos alunos a respeito do gerador de Van de Graaff e dos três processos de eletrização: atrito, contato e indução.	5 minutos
Carregamento da Garrafa de Leiden	Descrição do gerador e detalhadamente dos processos de eletrização para o carregamento da Garrafa de Leiden.	20 minutos
Definição de capacitor e capacitância	Classificações com relação aos diferentes tipos, utilidades e capacidade dos capacitores.	25 minutos
Realização do experimento	Com o Garrafa Leiden já construída, será carregada utilizando os três processos de eletrizações para a demonstração do circuito elétrico.	20 minutos
Atividade II	Realização das escritas de cinco perguntas feitas pelos estudantes relacionada aos temas abordados em aula.	15 minutos
Total de aulas: 2 aulas de 1 h cada		

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

Reflexão de aprendizagem

1. Como o contexto histórico contribuiu para a compreensão do conteúdo?

2. O que achou mais interessante na aula?

3. O que você conseguiu compreender com mais facilidade e por quê?

4. Como o experimento realizado ajudou a entender o funcionamento do capacitor?

5. Defina onde foi utilizado os processos de eletrização na realização da prática com a garrafa de Leiden?

ANEXO A – ALGUMAS RESPOSTAS DOS ALUNOS**Resposta do aluno 1.**

Reflexão de aprendizagem

1. Como o contexto histórico contribuiu para a compreensão do conteúdo?
O contexto histórico mostrou como a descoberta da garrafa de Leiden representou um marco no estudo da eletricidade, permitindo avanços na compreensão do armazenamento de energia elétrica e na construção de dispositivos eletrônicos modernos.
2. O que achou mais interessante na aula?
Achei interessante entender como conceitos básicos de eletricidade, como a armazenagem de cargas, foram explorados de forma prática com a garrafa de Leiden, conectando a teoria à experimentação.
3. O que você conseguiu compreender com mais facilidade e por quê?
Consegui compreender como mais facilmente o processo de armazenagem de carga elétrica, porque o experimento demonstrou visualmente como a eletrização ocorre e é mantida dentro do capacitor.
4. Como o experimento realizado ajudou a entender o funcionamento do capacitor?
O experimento mostrou como as cargas elétricas podem ser acumuladas e armazenadas em condutores separados por um isolante.
5. Defina onde foi utilizado os processos de eletrização na realização da prática com a garrafa de Leiden?
Os processos de eletrização foram utilizados na carga da garrafa, quando o condutor foi eletrizado através de atrito ou indução.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2024).

Resposta do aluno 2

Reflexão de aprendizagem

1. Como o contexto histórico contribuiu para a compreensão do conteúdo?

O contexto histórico contribuiu para uma melhor compreensão para o tema e entendimento do assunto.

2. O que achou mais interessante na aula?

O experimento sendo realizado na prática foi uma das partes mais importantes e mais interessantes da aula, mas o contexto histórico foi bem interessante.

3. O que você conseguiu compreender com mais facilidade e por quê?

Uma dúvida particular que eu tive era "qual a diferença de capacitores para baterias?". Depois da explicação um pouco mais de física, entendi o conteúdo.

4. Como o experimento realizado ajudou a entender o funcionamento do capacitor?

Na o experimento ajudou a compreender que um capacitor armazena energia e descarrega ela rapidamente, dando um choque em todos os presentes no experimento.

5. Defina onde foi utilizado os processos de eletrização na realização da prática com a garrafa de Leiden?

A eletrização estática foi usada para gerar diferença de carga de batida para o pua, a eletrização por contato foi usada para carregar a garrafa e a por indução foi usada para descarregar a garrafa.

Resposta do aluno 3.

Reflexão de aprendizagem

1. Como o contexto histórico contribuiu para a compreensão do conteúdo?
Ajudou a compreender como acontece a realização do capacitor e o seu desenvolvimento ao longo dos anos.
2. O que achou mais interessante na aula?
O experimento da garrafa de Leiden.
3. O que você conseguiu compreender com mais facilidade e por quê?
O processo de eletrização do capacitor foi de fácil entendimento por ser prático.
4. Como o experimento realizado ajudou a entender o funcionamento do capacitor?
Ajudou a entender como funciona o processo de eletrização, e também a sua descarga.
5. Defina onde foi utilizado os processos de eletrização na realização da prática com a garrafa de Leiden?
O experimento da garrafa de Leiden consistiu em dar alguns processos, foram eles: atrito, indução e contato.