



ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL

**A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO
DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA**

**JOEL FERNANDES
CLODOALDO VALVERDE
PABLO DINIZ BATISTA**

Câmpus
Anápolis de Ciências
Exatas e Tecnológicas
Henrique Santillo



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Produto Educacional

ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL
A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE
INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA

JOEL FERNANDES
CLODOALDO VALVERDE
PABLO DINIZ BATISTA

Anápolis
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

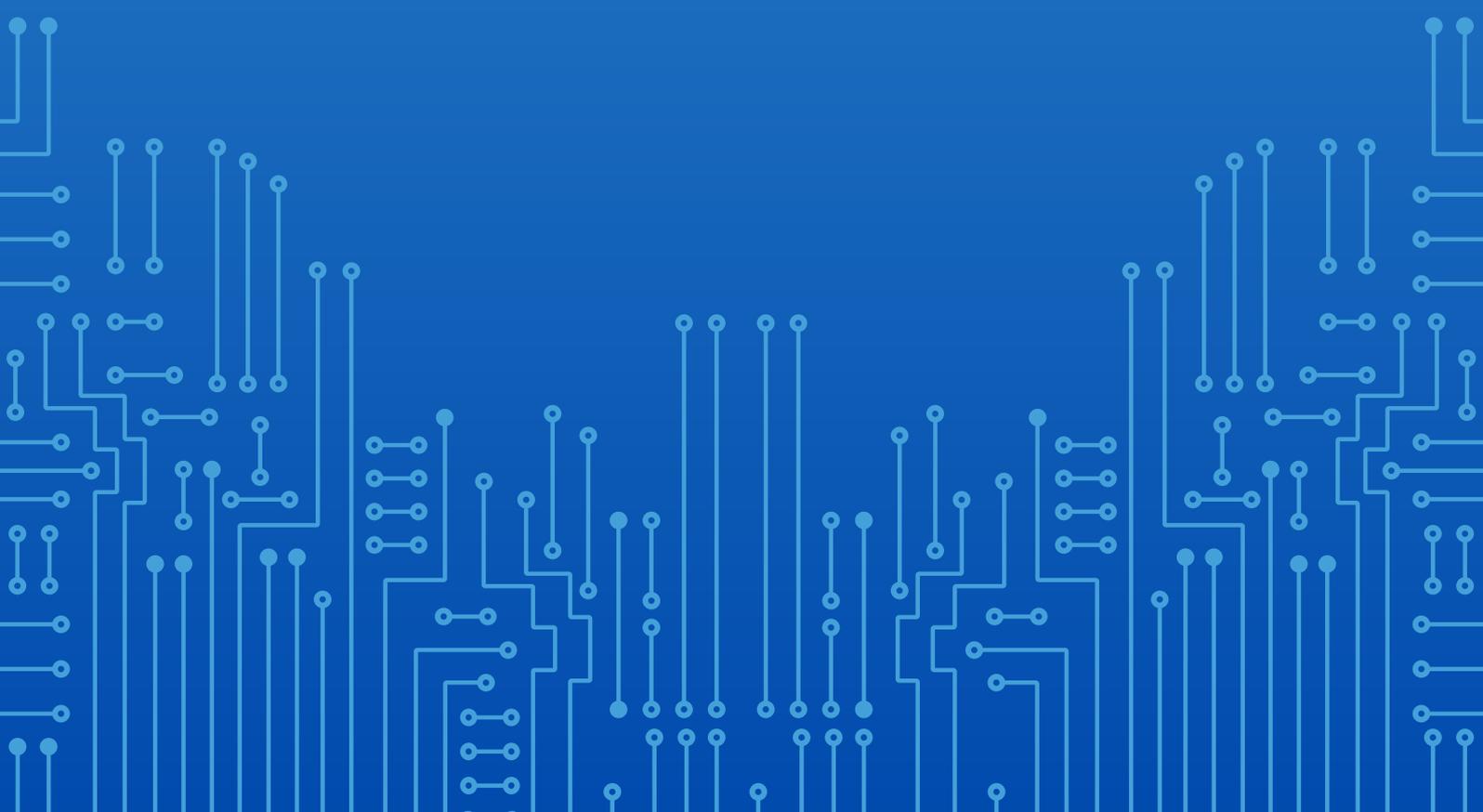
F F363 Fernandes, Joel
e ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL: A PRÁTICA
EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE
FÍSICA / Joel Fernandes; orientador Clodoaldo Valverde;
co-orientador Pablo Diniz Batista. -- Anápolis, 2024.
25 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2024.

1. Educação Inclusiva. 2. Eletroscópios. 3. Ensino
de Física. 4. Multissensorialidade. 5. Práticas
Experimentais. I. Valverde, Clodoaldo, orient. II.
Batista, Pablo Diniz, co-orient. III. Título.

SUMÁRIO

<i>1. APRESENTAÇÃO</i>	<i>05</i>
<i>2. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E INCLUSÃO</i>	<i>07</i>
<i>3. ELETROSCÓPIO: Um Instrumento Simples, Grandes Contribuições</i>	<i>09</i>
<i>4. APORTE TEÓRICO</i>	<i>13</i>
<i>5. O PRODUTO</i>	<i>14</i>
<i>6. FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO</i>	<i>17</i>
<i>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	<i>19</i>
<i>REFERÊNCIAS</i>	<i>20</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>21</i>



1. APRESENTAÇÃO

Caro colega,

O presente Produto Educacional denominado Eletroscópio Eletrônico Multissensorial constitui parte da dissertação de Mestrado intitulada “A Prática Experimental como Instrumento de Inclusão no Ensino de Física” desenvolvida na linha de pesquisa 2, que se refere a metodologias e recursos educacionais para o ensino de ciências vinculada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Tal aparato foi elaborado com o objetivo de auxiliar o professor a tornar fenômenos e conceitos eletrostáticos acessíveis a todos os estudantes.

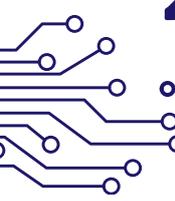
No contexto educacional atual, os avanços nas políticas de inclusão têm desempenhado um papel fundamental na promoção de uma maior diversidade nas salas de aula, atendendo estudantes com e sem deficiência em um mesmo ambiente de aprendizagem. Esses avanços decorrem de uma compreensão mais profunda das necessidades educacionais de todos os estudantes e da importância de se criar um ambiente acessível, justo e plenamente favorável ao desenvolvimento. Logo, com essa diversidade crescente, torna-se evidente que a escola inclusiva demanda uma disposição constante para a construção e reelaboração de alternativas pedagógicas criativas. Afinal, a verdadeira inclusão não é alcançada apenas por meio de políticas, mas sim nas ações cotidianas dentro da sala de aula (ORRÚ, 2017).

Portanto, para além das determinações legais e das burocracias, está a necessidade de traduzir os princípios da educação inclusiva em ações práticas e efetivas, capazes de abarcar toda a complexidade de individualidades que constitui a realidade plural da sala de aula que temos hoje. Isso exige que os professores, enquanto atores responsáveis pela condução desse processo junto aos estudantes, não se sintam apenas cobrados, despreparados e impotentes, mas sim adequadamente instrumentalizados. É nesse cenário que o eletroscópio eletrônico multissensorial, desenvolvido em nosso projeto, demonstra seu significativo potencial inclusivo. Ao traduzir os fenômenos eletrostáticos em estímulos visuais, auditivos e táteis, este dispositivo permite que estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e deficiências acessem conhecimentos com equidade.

Desta forma, o material aqui exposto versa sobre o aporte teórico que orientou nossa pesquisa, o desenvolvimento do produto, bem como seus princípios de funcionamento. Com isso, esperamos promover reflexões sobre a possibilidade de elaborar instrumentos didáticos com potencial para auxiliar os professores no ensino de todos os estudantes presentes na sala de aula comum.

Nosso propósito foi também disponibilizar um instrumento que pode contribuir para a urgente necessidade da construção de uma cultura de trabalho colaborativo entre o professor da sala de aula comum e o professor especialista do atendimento educacional especializado, que atende na sala de recursos multifuncionais, onde a inclusão nas aulas de eletrostática é apenas um exemplo dentre as inúmeras possibilidades de uma parceria potencialmente frutífera (BRAUN, 2016; GLAT, 2018). Além disso, não temos a pretensão de esgotar as possibilidades de uso do dispositivo desenvolvido, mas sim de elencar algumas sugestões de aplicação, haja vista que é importante que cada professor planeje sua atividade de acordo com sua realidade e preferências metodológicas.

2. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E INCLUSÃO



No ensino de Física, é notável a dificuldade de aprendizagem dos estudantes com as abordagens tradicionais, que priorizam o uso excessivo de abstrações matemáticas por meio de equações. Embora, estas equações expressem conceitos de maneira elegante e com uma inquestionável capacidade de síntese, muitas vezes elas exigem uma sofisticação de pensamento que ainda não está consolidada na estrutura cognitiva do estudante, representando um obstáculo adicional ao processo de apropriação dos conceitos (MOREIRA, 2011).

Já a abordagem por meio de práticas experimentais proporciona oportunidades de aprendizagem através da utilização de procedimentos próprios da ciência como: observar, questionar, formular e testar hipóteses. Dessa forma, o estudante pode perceber com clareza que, para investigar um fenômeno, são necessários pressupostos teóricos, constituindo uma complexa relação teoria-observação. Logo, as equações passam a ter maior significado e isso pode favorecer ao aumento na concentração e no engajamento dos estudantes, tornando o aprendizado mais significativo e potencializando a internalização de conceitos abstratos, já que estes adquirem materialidade e sentido (ANDRADE; COSTA, 2016).

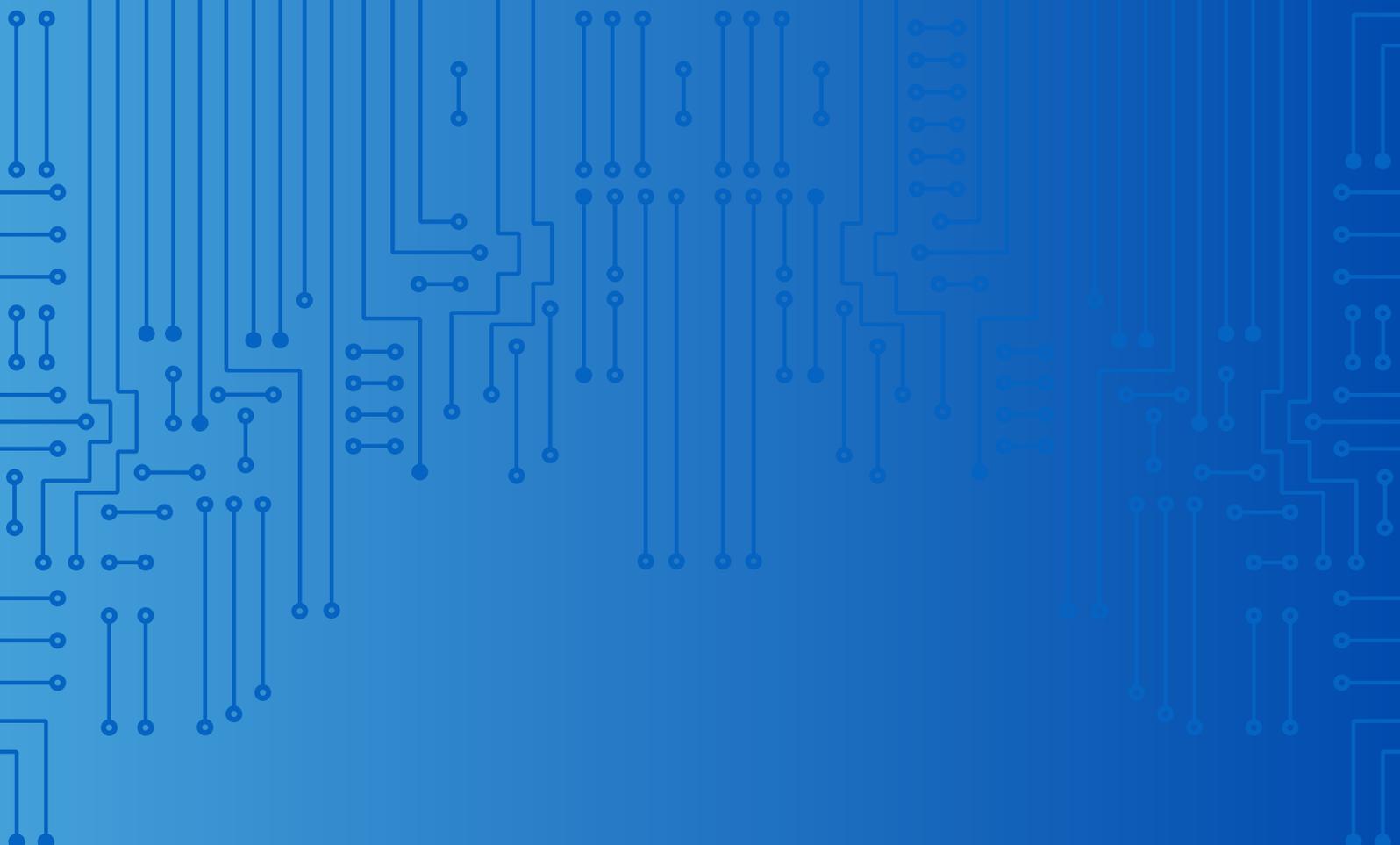


Porém, é preciso levar em consideração toda a diversidade dos estudantes presentes no contexto da sala de aula, uma vez que pesquisas realizadas recentemente mostram que o número de matrículas de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE), em escolas regulares, vem aumentando de maneira significativa nos últimos anos no Brasil (BATISTA; USTRA, 2021).

Desta forma, torna-se necessário que o aparato experimental proposto oportunize múltiplos canais sensoriais de acesso aos conceitos que se pretenda mediar a internalização. Isso contempla tanto o estilo de aprendizagem de cada estudante quanto pode ser um instrumento de compensação social, que propõe enxergar o sujeito a partir de suas potencialidades e não de possíveis limitações biológicas, no caso do estudante com alguma deficiência sensorial ou intelectual (VIGOTSKI, 2022).

Logo, a condição não suficiente, porém fundamental para garantir a efetividade do processo de ensino e aprendizagem de forma justa e, verdadeiramente, numa perspectiva inclusiva, passa pela disponibilidade de recursos pedagógicos e de acessibilidade que ofereçam a cada aprendiz as ferramentas necessárias à apropriação do conhecimento. Assegurando, deste modo, o desenvolvimento de todos os estudantes presentes no contexto da sala de aula comum (MENDES; REIS, 2021).



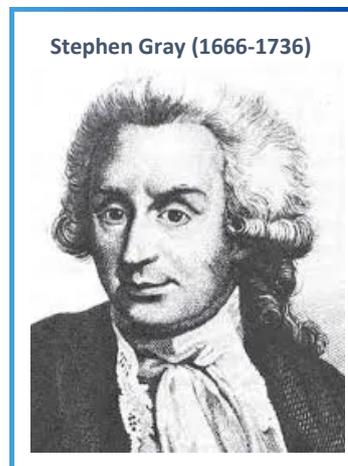
A decorative background pattern of white circuit traces and nodes on a blue gradient background, located in the upper half of the page.

3. ELETROSCÓPIO:

UM INSTRUMENTO SIMPLES,
GRANDES CONTRIBUIÇÕES

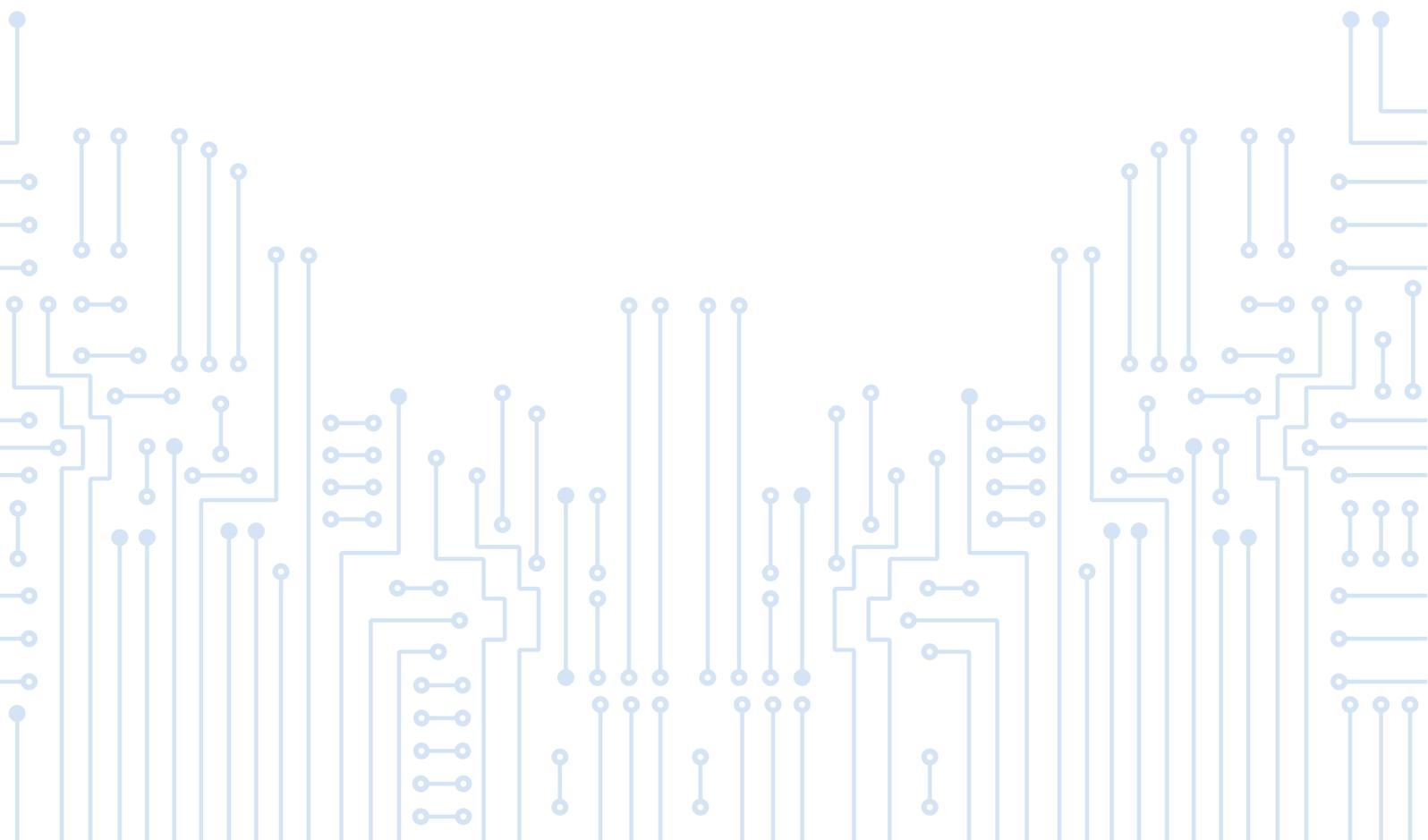
CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS EM CONDUTORES E ISOLANTES POR STEPHEN GRAY

Por volta do ano 1729, o cientista inglês Stephen Gray (1666-1736) ao realizar experimentos com uma pena pendurada próxima à extremidade de um tubo metálico, cujo outro lado estava em contato com um globo de vidro eletrizado, observou um comportamento intrigante: a pena era inicialmente atraída em direção ao tubo e, em seguida, repelida ao tocá-lo. No processo de detecção da eletricidade,



Gray utilizava eletroscópios de linhas ou penas e conduzia experimentos que envolviam a eletrização de corpos extensos, como barras e fios metálicos. Com o auxílio desses eletroscópios rudimentares, ele examinava sob quais condições os efeitos elétricos surgiam ao longo desses corpos. Essas observações foram cruciais para a descoberta da condução da eletricidade. Gray, ao pensar na eletricidade como um fluido, percebeu que ela se propagava através de alguns corpos, como metais, enquanto era bloqueada por outros, como vidro ou madeira. Isso o levou a rejeitar os antigos conceitos de "corpos elétricos" e "não elétricos", introduzidos por Gilbert, e a redefinir esses corpos como condutores, que permitiam a passagem da eletricidade, e isolantes, que a bloqueavam. Além de oferecer uma nova compreensão sobre a natureza da eletricidade, essas descobertas também representaram uma nova compreensão sobre a natureza dos materiais, diferenciando-os com base em suas propriedades condutoras e isolantes (MEDEIROS, 2002).

As descobertas de Gray sobre condutores e isolantes foram fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias essenciais no mundo moderno. Hoje, materiais como cobre e alumínio são vitais para a transmissão de energia elétrica e na fabricação de dispositivos eletrônicos. Por outro lado, isolantes como plástico e borracha garantem a segurança e a eficácia desses sistemas. Assim, as investigações de Gray não apenas ampliaram a compreensão científica de sua época, mas também impulsionaram o desenvolvimento tecnológico que continua a evoluir, influenciar e transformar nossas vidas cotidianas.



A IONIZAÇÃO DO AR E A DESCOBERTA DOS RAIOS CÓSMICOS POR VICTOR HESS

O eletroscópio foi utilizado para detectar a ionização no ar—presença de partículas eletrizadas—e desempenhou um papel crucial na descoberta dos raios cósmicos. Em 1912, o físico austríaco *Victor Franz Hess* (1883-1964) utilizou eletroscópios em voos de balão para medir a ionização em diferentes altitudes. Ao eletrizar o eletroscópio, Hess observava o tempo necessário para que o dispositivo se descarregasse, um indicativo da quantidade de partículas ionizantes no ar.



Victor Franz Hess (1883-1964)

Durante seus experimentos, Hess notou que a ionização aumentava significativamente com a altitude, um fenômeno que não podia ser explicado apenas pela radiação terrestre. Essa observação o levou a concluir que a ionização extra era causada por uma forma de radiação desconhecida, proveniente do espaço. Essa radiação, que ficou conhecida como "raios cósmicos", foi uma descoberta revolucionária que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1936, destacando o eletroscópio como um instrumento de grande relevância na pesquisa científica, tanto na “medição” da ionização do ar quanto na descoberta da origem extraterrestre dos raios cósmicos (ASSIS, 2018).

Esses dois exemplos ilustram que a verdadeira capacidade de um instrumento não se resume ao que ele é em si, mas às possibilidades que emergem da criatividade, dos meios e dos objetivos de quem o utiliza.

4. APORTE TEÓRICO

Segundo a teoria histórico-cultural de *Vigotski*, os elementos que constituem as funções psicológicas superiores (atenção consciente, percepção, pensamento lógico, fala, imaginação, criatividade etc.) da psique humana têm seu desenvolvimento caracterizado por dois momentos. O primeiro se dá no mundo externo, na cultura, nas relações interpessoais; para, num segundo momento, serem internalizados através da mediação pedagógica e/ou simbólica, com o uso de instrumentos concretos e/ou



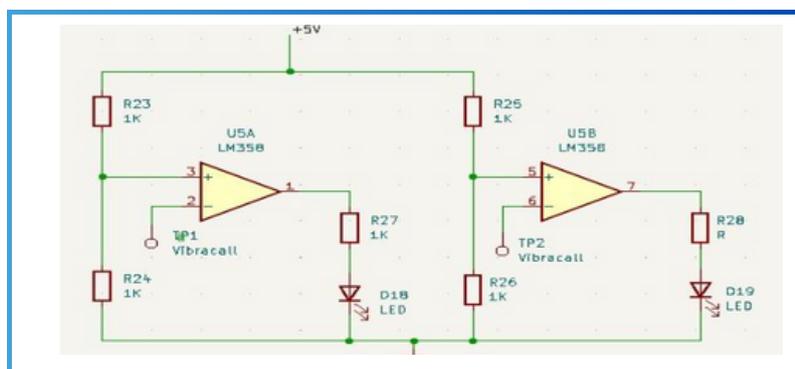
abstratos (signos), tornando-se, assim, parte da personalidade de cada sujeito, isto é, convertendo-se em elementos intrapessoais. Sendo esta uma lei geral da aprendizagem e do desenvolvimento de todas as pessoas, com ou sem deficiência (VIGOTSKI, 2022).

Portanto, pensar em um ensino justo e inclusivo pressupõe o oferecimento de ferramentas que possibilitem a cada um, independentemente de sua singularidade, o acesso e a internalização do conhecimento, considerando a existência dessa lei geral para a aprendizagem. Incluir não significa apenas inserir, mas, antes de tudo, reconhecer e valorizar as diferenças, permitindo, dessa forma, que todos possam ser contemplados em suas especificidades (JACAÚNA NETO; SILVA; SILVA, 2021).

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é outro conceito central na teoria de Vygotsky, que se refere à distância entre o que uma criança pode realizar sozinha (nível de desenvolvimento real) e o que ela pode realizar com a ajuda de um adulto ou de colegas mais experientes (nível de desenvolvimento potencial). A ZDP deve, portanto, ser o campo de atuação das práticas educativas, pois nela, os professores podem fornecer o suporte necessário para que os estudantes realizem atividades ligeiramente acima de seu nível de competência atual. Tal mediação pedagógica possibilita aos estudantes a transição dos conceitos espontâneos (experiências cotidianas) para os conceitos científicos (explicações teóricas sistematizadas), promovendo uma transformação e ampliação do entendimento, e alcançando, assim, níveis mais elevados de compreensão e abstração (VIGOTSKI, 2009).

5. O PRODUTO

Para a construção do eletroscópio eletrônico desenvolvido neste trabalho, a primeira etapa consistiu em desenhar o esquemático do circuito no programa *KiCad* EDA. A utilização desse tipo de plataforma permite a criação de esquemas eletrônicos organizados, que facilitam a compreensão e a reprodução, seja na matriz de contatos (*protoboard*) ou placa de circuito impresso (PCB). A lista de componentes utilizados e os esquemáticos elaborados no *KiCad* EDA está disponível em uma pasta no Google Drive¹. Após a elaboração do esquemático, iniciou-se a fase de montagem e testes dos componentes na protoboard, permitindo importantes ajustes e correções. Para assistir a uma demonstração prática do dispositivo em funcionamento, acesse o vídeo que disponibilizamos no YouTube² ou escaneie o QR Code ao lado da Figura 2.



¹ Disponível em:
<https://drive.google.com/drive/folders/1S1TxN5jGE4xN8lPtUaaUwdfsydelrzix?usp=sharing>



Fonte:
 Autores
 (2023).



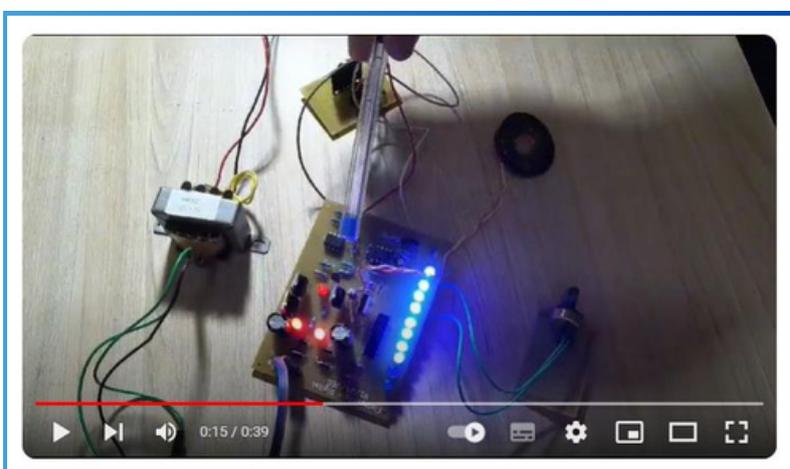
² Para visualizar o protótipo em funcionamento com ênfase na percepção tátil, acesse o vídeo no YouTube: <https://youtube.com/shorts/4ml6CHEXPmk>

Figura 02: Montagem e teste completo em protoboard

Após todos os testes e ajustes realizados, foi feito o desenho da placa de circuito impresso a partir do esquema eletrônico projetado no *KiCAD* EDA, em apenas uma camada. Um arquivo *Gerber*, que é padrão na fabricação de PCBs, foi gerado e encaminhado para fabricação a uma empresa nacional especializada.

Com todos os componentes testados e soldados o protótipo entrou em funcionamento e realizamos um experimento³ (Figura 3). O qual demonstra que, ao aproximar uma caneta inicialmente não eletrizada (neutra, $Q=0$) do sensor JFET, nada acontece. Porém, após ser atritada com uma flanela de algodão, a caneta de tubo plástico (polietileno) fica eletrizada negativamente ($Q<0$), de acordo com a série triboelétrica. O dispositivo indica essa eletrização através do acionamento de uma sequência de LEDs, que representa a variação da intensidade do campo elétrico detectada pelo sensor devido à aproximação da caneta eletrizada. Simultaneamente, há a emissão de sinais sonoros com variação de frequência e o acionamento dos motores de vibração. Assim, tanto o fenômeno eletrostático (eletrização) quanto uma série de conceitos científicos, como campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico, transformações de energia, entre outros, podem ser qualitativamente percebidos de forma simultânea por três canais sensoriais (visual, auditivo e tátil)⁴. Ao final, a caneta é descarregada pelo pesquisador, que está aterrado, o que é verificado ao aproximá-la novamente do dispositivo.

Figuras 3 e 4 : Protótipo em funcionamento, pode ser acessado pelo link abaixo ou escaneando o QR Code ao lado das Figuras 3 e 4.



Fonte: Autores (2024).



³ Disponível em:
<https://youtube.com/shorts/H1mUit73nZ0?feature=share>



⁴ Para visualizar o protótipo em funcionamento com ênfase na percepção tátil, acesse o vídeo no YouTube:
<https://youtube.com/shorts/4ml6CHEXPmk>

Finalmente, para acomodar o circuito eletrônico analógico em seu interior, foi realizada a impressão 3D do invólucro do protótipo, idealizado na forma de um disco voador, buscando um apelo visual atraente e evitando os riscos associados a instrumentos com quinas. Nesta etapa, enfrentamos o desafio de fazer adaptações para acomodar o circuito de maneira funcional e estética. Substituímos os LEDs azuis por vermelhos. O resultado de todo o processo pode ser visto nas Figuras 5 e 6:

Figuras 5 e 6: Invólucro em impressão 3D



Fonte : Autores(2024).



⁵ Acesse o vídeo do funcionamento do protótipo na sua versão final em: <https://youtu.be/8aSpHU8XKuU>

6. FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO

O componente chave do aparato trata-se de um transistor de efeito de campo de junção (JFET) de canal n, que possui três terminais: dreno (D), fonte (S) e porta (G). O canal n, é o caminho condutor entre o dreno e a fonte. As regiões da porta, que são do tipo p, formam junções p-n com o canal n. Quando não há tensão na porta, o canal n está aberto, permitindo a passagem de corrente do dreno para a fonte I_{DS} . Aplicando uma tensão negativa na porta ($V_{GS} < 0$) as regiões de depleção⁶ ao redor das junções p-n se expandem, estreitando o canal n. Isso aumenta a resistência do canal, reduzindo a corrente que pode fluir entre o dreno e a fonte. O desafio da construção do aparato foi converter esta variação de corrente no canal n do JFET em sinais perceptíveis para todos os estudantes.

Para melhor compreensão, o circuito total do eletroscópio eletrônico multissensorial será apresentado em cinco partes. Primeiramente, a fonte de tensão é responsável por fornecer tensões contínuas para todos os componentes do circuito, tendo como entrada uma tensão alternada de 220 V.

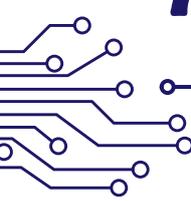
A fonte linear é composta por um transformador, 4 diodos, 2 capacitores e três reguladores de tensão. O segundo circuito eletrônico é responsável por detectar e quantificar o campo elétrico, utilizando para isso um JFET canal n MPF102 e um amplificador operacional LM358. O MPF102 atua como sensor de modo que o campo elétrico na porta é capaz de modular a corrente elétrica entre o dreno e a fonte I_{DS} . Esta corrente é convertida em tensão através do resistor *shunt* R4 e amplificada pelo LM358. A presença de um campo elétrico na porta do MPF102 reduz a corrente elétrica I_{DS} . Por isso, é proposto um segundo amplificador operacional LM358 configurado como um subtrator, de tal forma que a tensão V_s (tensão de saída) seja diretamente proporcional ao campo elétrico detectado pelo MPF102. O amplificador subtrator permite a subtração entre dois sinais. A tensão V_s é utilizada como entrada para três outros circuitos.

⁶ As regiões de depleção são áreas que se formam devido à recombinação de elétrons e buracos nas interfaces (junção p-n), que são pobres em cargas livres (elétrons e buracos). Elas criam uma barreira de potencial que dificulta o fluxo de corrente através da junção.

O primeiro deles é responsável por representar a intensidade do campo elétrico por meio de uma barra gráfica de 10 LEDs através do circuito integrado LM3914. Portanto, na medida em que o campo elétrico detectado pelo MPF102 aumenta, os LEDs sequencialmente se ascendem, uma vez que a tensão V_s é diretamente proporcional ao campo elétrico devido ao circuito subtrator.

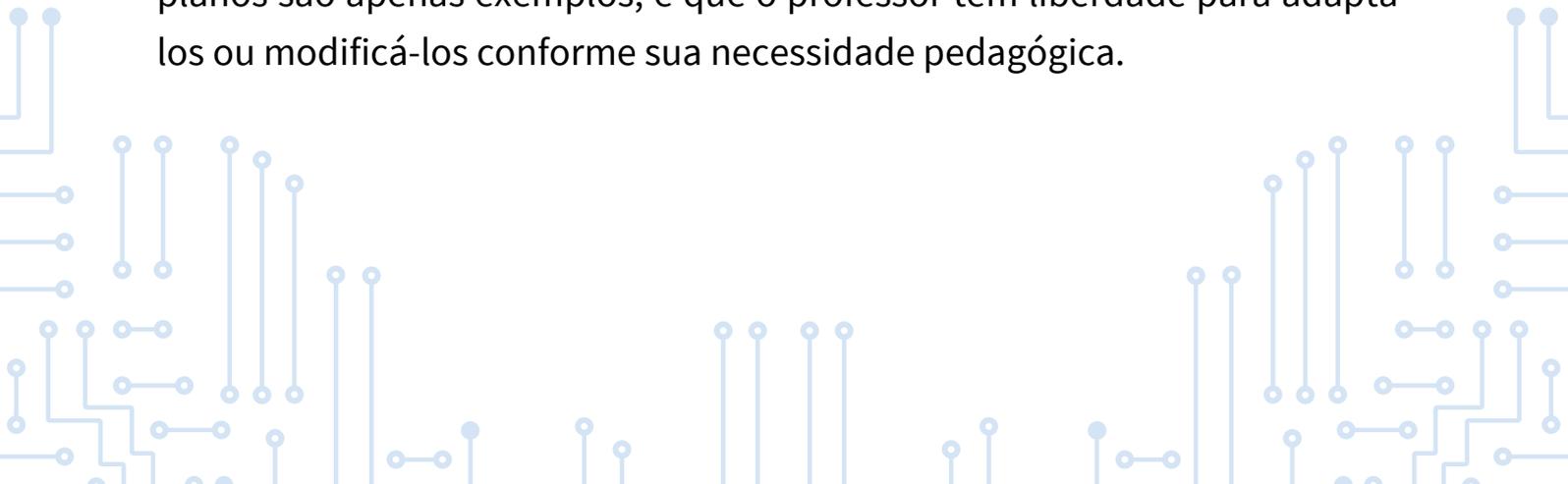
A tensão V_s também é a entrada para o circuito integrado KA331, cuja saída está conectada a um alto-falante através do transistor de potência TP141. Este circuito eletrônico atua como um conversor de tensão para frequência, convertendo a tensão de entrada V_s em um trem de pulsos cuja frequência é proporcional a essa tensão. Dessa maneira, o KA331 permite que o campo elétrico seja representado em um sinal sonoro de modo que a frequência se torna mais aguda com a aproximação do corpo eletrizado do sensor do eletroscópio. Finalmente, a tensão V_s também alimenta dois motores elétricos de vibração (*vibracall*), convertendo a energia elétrica em mecânica e possibilitando a percepção tátil da presença de corpos negativamente eletrizados, detectados.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS



Os eletroscópios tradicionais pendulares ou de folhas, usados para demonstração de fenômenos eletrostáticos em sala de aula, se limitam à representação visual das informações geradas nesses aparatos. O dispositivo aqui proposto, além do visual, oferece os canais auditivo e tátil, podendo assim ser funcional para estudantes com deficiência visual, auditiva ou sem deficiência, caracterizando-se dessa forma como um dispositivo multissensorial e inclusivo.

Optamos por apresentar o produto, descrever seu processo de elaboração, bem como os fenômenos e conceitos de eletricidade presentes em seu funcionamento. No entanto, não seguimos a tendência majoritária dos trabalhos que estabelecem roteiros específicos para a utilização do aparato, pois acreditamos que o uso do instrumento pode ser ampliado pela liberdade de aplicação que o professor considerar mais adequada. Reforçamos apenas que o dispositivo permite a realização de experimentos sobre processos de eletrização, carga elétrica, identificação e comportamento de condutores e isolantes, blindagem eletrostática, campo elétrico, força elétrica, entre outros. Além disso, propomos uma abordagem focada nos processos históricos de construção de conceitos científicos. Como sugestão adicional, elaboramos três planos de aula para o uso do produto, os quais estão disponíveis nos anexos. Reforçamos que esses planos são apenas exemplos, e que o professor tem liberdade para adaptá-los ou modificá-los conforme sua necessidade pedagógica.



REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. Y. I.; COSTA, M. B. O laboratório de ciências e a realidade dos docentes das escolas estaduais de São Carlos-SP. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 208- 214, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160029>

ASSIS, Andre Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2018.

BATISTA, Heloisa Fernanda Francisco; USTRA, Sandro RV. Inclusão no ensino de Física: caracterizando desafios a partir de uma análise de artigos da SciELO. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC**, v. 11, n. 2, p. 53-68, 2021.

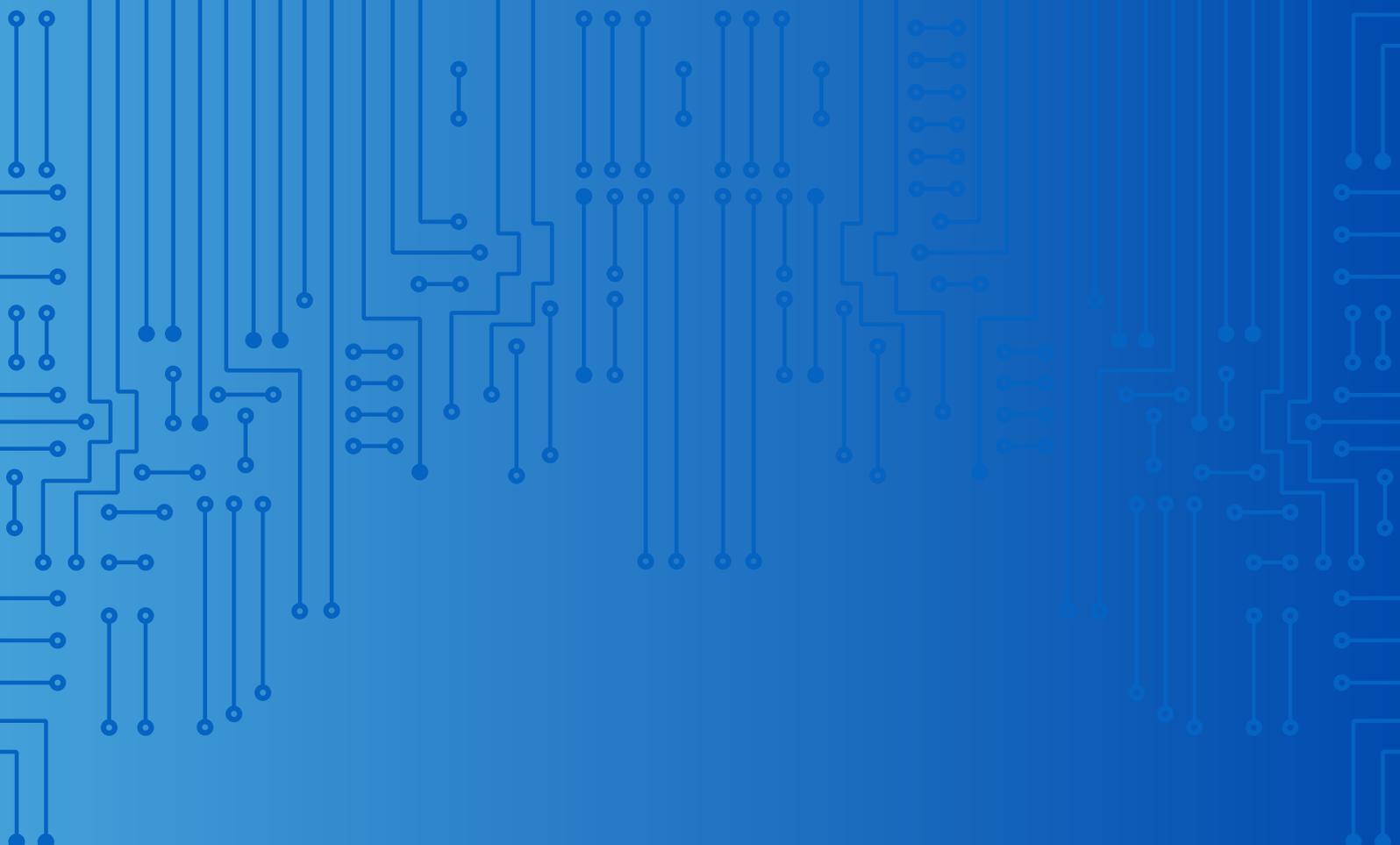
BRAUN, Patricia; MARIN, Márcia. Ensino colaborativo: uma possibilidade do Atendimento Educacional Especializado. **Revista Linhas**, v. 17, n. 35, p. 193-215, 2016.

GLAT, Rosana. Desconstruindo representações sociais: por uma cultura de colaboração para inclusão escolar. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 24, p. 9-20, 2018.

ROSITO, B. A. **O ensino de Ciências e a experimentação**. In: **Roque Moraes (Org.). Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, Lev Semionovich. **Obras completas - Tomo Cinco: Fundamentos de Defectologia**. Tradução do Programa de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE); revisão da tradução por Guilherme Arias Beatón. -Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022. 488p. e-Book. ISBN: 978-6587438-31-3.



ANEXOS

Seguem abaixo três propostas de aulas que utilizam o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial como recurso pedagógico para o ensino médio. Cada aula tem um foco específico, mas todas são estruturadas para incentivar a aprendizagem ativa e inclusiva.

AULA 01:

Introdução à Eletricidade Estática

Objetivo: Compreender o conceito de eletrização e os tipos de carga elétrica.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, canetas plásticas, flanelas de algodão, balões, régua de plástico.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Pergunte aos estudantes se já sentiram um choque ao tocar em alguém ou em um objeto. Explique que esse fenômeno está relacionado à eletricidade estática.
 - Apresente o conceito de eletrização por atrito, enfatizando que diferentes materiais podem ganhar ou perder elétrons ao serem friccionados.
-

2. Demonstração (10 min):

- Mostre o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial e explique como ele detecta a eletricidade estática por meio de representações visuais (LEDs), auditivos (sons) e táteis (vibrações).
 - Faça uma demonstração utilizando uma caneta plástica e uma flanela de algodão. Atrite a caneta e aproxime-a do sensor do eletroscópio, mostrando a detecção do dispositivo em tempo real.
-

3. Atividade Prática (20 min):

- Divida os estudantes em grupos e distribua os materiais (canetas, flanelas, balões, régua).
 - Cada grupo deve eletrizar um objeto e testá-lo no eletroscópio. Eles devem observar e anotar as diferentes reações do aparelho ao aproximarem os objetos.
-

4. Discussão (10 min):

- Reúna os estudantes para compartilhar suas observações. • Discuta porque certos objetos geraram detecções mais intensas e como isso está relacionado ao tipo de material utilizado.
- Explique brevemente os tipos de carga elétrica (positiva e negativa) e a série triboelétrica.

AULA 02:

Condutores e Isolantes

Objetivo: Diferenciar materiais condutores e isolantes usando o eletroscópio eletrônico.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, fios de cobre, madeira, vidro, papel, alumínio, tecidos.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Revise brevemente o que é eletrização e como os materiais podem ser eletrizados por atrito.
 - Explique que alguns materiais permitem a passagem de “eletricidade” (condutores), enquanto outros bloqueiam essa passagem (isolantes).
-

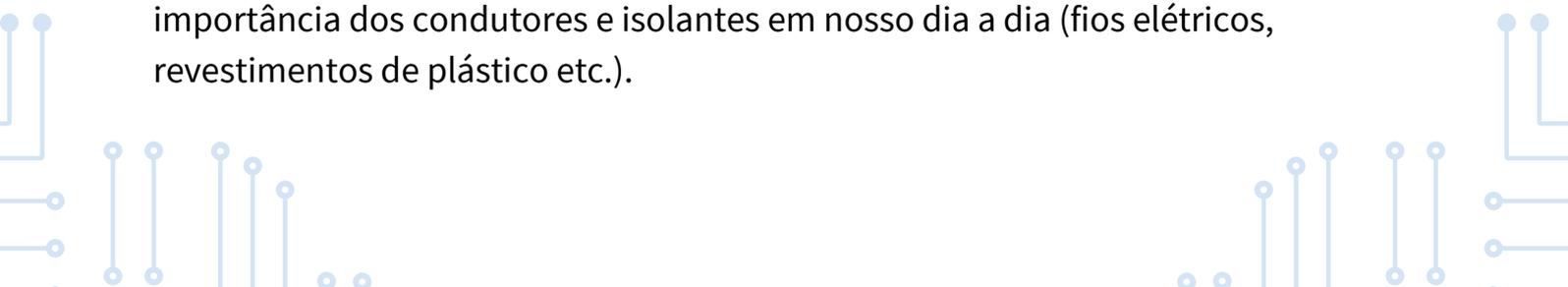
2. Demonstração (15 min):

- Demonstre a diferença entre condutores e isolantes utilizando o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial.
 - Eletrize uma caneta e aproxime-a de diferentes materiais (fios de cobre, madeira, vidro, papel etc.). Peça aos estudantes para observarem como o eletroscópio reage a cada material.
-

3. Atividade Prática (15 min):

- Distribua os materiais entre os grupos e instrua os estudantes a testarem os objetos com o eletroscópio.
 - Eles devem classificar cada material como condutor ou isolante, com base na resposta do aparelho. .
-

4. Discussão (10 min):

- Pergunte aos estudantes: "Por que certos materiais conduzem eletricidade e outros não?"
 - Explique de maneira simples o conceito de condutividade elétrica e a importância dos condutores e isolantes em nosso dia a dia (fios elétricos, revestimentos de plástico etc.).
- 

AULA 03:

Campo Elétrico e Força Eletrostática

Objetivo: Introduzir o conceito de campo elétrico e força eletrostática.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, esferas de isopor, fios metálicos, canetas plásticas eletrizadas, flanelas de algodão.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Explique o que é campo elétrico, usando a analogia de um ímã e seu campo magnético invisível.
 - Diga aos estudantes que o eletroscópio é capaz de detectar o campo elétrico ao redor de um objeto eletrizado.
-

2. Demonstração (15 min):

- Aproxime uma caneta eletrizada do sensor do Eletroscópio Eletrônico Multissensorial e mostre como o campo elétrico afeta o aparelho.
 - Pergunte aos estudantes como a intensidade do campo elétrico varia com a distância entre o sensor e o objeto eletrizado.
-

3. Atividade Prática (15 min):

- Cada grupo deve eletrizar uma caneta e medir como o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial reage à medida que a distância entre a caneta e o sensor aumenta.
 - Os estudantes devem registrar a intensidade do campo elétrico, observando as respostas visuais, auditivas e táteis.
-

4. Discussão (10 min):

- Reflita com os estudantes sobre a relação entre a força eletrostática e a distância do objeto carregado.
 - Conclua explicando que o campo elétrico diminui com o aumento da distância, conforme demonstrado pelos experimentos.
-

Essas aulas ajudam a consolidar conceitos abstratos de eletricidade de maneira prática, envolvendo todos os estudantes em um ambiente de aprendizado inclusivo.

AUTORES

Joel Fernandes



Pablo Diniz Batista



Clodoaldo Valverde

