

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NATURAIS E LETRAS  
CURSO DE CIÊNCIAS NATURAIS (MATEMÁTICA/FÍSICA) - LICENCIATURA

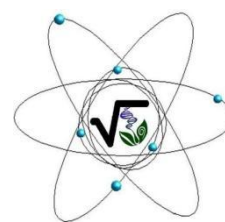
**LABORATÓRIOS VIRTUAIS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA: Um Estudo com o  
Simulador PhET sobre Cargas Elétricas**

**Autor:** Nágela Aparecida Sá Melo Bragança

**Orientador:** Gutierrez Rodrigues de Moraes

Estreito-MA

2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, NATURAIS E LETRAS  
CURSO DE CIÊNCIAS NATURAIS (MATEMÁTICA/FÍSICA) - LICENCIATURA

**NÁGELA APARECIDA SÁ MELO BRAGANÇA**

**LABORATÓRIOS VIRTUAIS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA: Um Estudo com o  
Simulador PhET sobre Cargas Elétricas**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como parte integrante dos  
requisitos para conclusão e obtenção do  
título de Licenciado em Ciências Naturais,  
com ênfase em física pela Universidade  
Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

Orientador: Gutierrez Rodrigues de Moraes

Estreito - MA

2025

B8131

Bragança, Nágela Aparecida Sá Melo

Laboratórios Virtuais Como Ferramenta Didática: um estudo com o simulador *PhET* sobre cargas elétricas. —. Estreito, MA, 2025.

50 f.

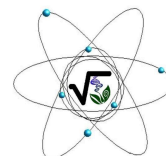
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Estreito, MA, 2025.

1. Laboratórios virtuais. 2. Ensino de física. 3. Eletrização. 4. Estreito-MA. I. Título.

CDU 53.01+303.436.4-021.131(812.1)



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nágela Aparecida Sá Melo Bragança

### LABORATÓRIOS VIRTUAIS COM FERRAMENTA DIDÁTICA: UM ESTUDO COM O SIMULADOR PHET SOBRE CARGAS ELÉTRICAS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte integrante dos requisitos para a conclusão do Curso de Ciências Naturais - Licenciatura, com ênfase em Física pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão.

Aprovado em: 01/08/2025

#### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** GUTIERREZ RODRIGUES DE MORAIS  
Data: 29/09/2025 14:43:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador

Prof. Dr. Gutierrez Rodrigues de Moraes - UEMASUL

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ISMAEL CARLOS PEREIRA DE CARVALHO  
Data: 29/09/2025 15:18:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Primeiro Membro

Prof. Dr. Ismael Carlos Pereira de Carvalho - UEMASUL

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** DAIANE ARAUJO AVELINO BEZERRA  
Data: 07/10/2025 08:17:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Segundo Membro

Profª. Me. Daiane Araújo Avelino Bezerra - UEMASUL

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
Centro de Ciências Agrárias, Naturais e Letras  
Avenida Brejo do Pinto, S/N - Brejo do Pinto. CEP: 65975-000. Estreito - MA  
C.N.P.J 26.677.304/0001-81- Criado nos termos da Lei nº 10.694, de 05.10.2018



Dedico este trabalho à minha filha, Helena,  
Minha inspiração diária, luz dos meus dias e  
razão do meu esforço constante em buscar um  
futuro melhor. Que este trabalho seja uma  
pequena parte do legado que desejo deixar a  
você: o valor do conhecimento, da persistência  
e do amor. Que você cresça sabendo que tudo  
o que faço carrega um pedaço do meu amor  
por você.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a mim mesma por não ter desistido, mesmo diante dos dias mais difíceis, dos obstáculos mais duros e das noites em que duvidei da minha própria capacidade. Reconheço minha força, minha coragem e minha persistência. Honro cada escolha, cada esforço silencioso, cada lágrima que escondi e cada passo que dei rumo a este sonho. Hoje, com o coração pleno, celebro a mulher que fui e a mulher que me tornei.

Expresso minha mais profunda gratidão a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante essa longa e desafiadora jornada de mais de cinco anos. Àqueles que não soltaram minha mão nos momentos de maior provação, meu eterno reconhecimento.

Ao pai da minha filha, Eduardo Bragança, que nunca permitiu que eu desistisse dos meus estudos. Seu incentivo foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Ao Jonas Marques, que na etapa final não permitiu que eu abandonasse meus sonhos. Com sua alegria, brincadeiras e bom humor, conseguiu transformar momentos difíceis em instantes de leveza e esperança. Estendo minha gratidão à sua família, que me acolheu com carinho, mesmo sendo uma completa desconhecida.

Aos meus amigos que foram pilares nessa caminhada: ao Jeferson, por seus conselhos sempre carregados de sabedoria e serenidade. À Elierika, confidente leal e amiga para todas as horas. À minha melhor amiga, Kelly Anne, que esteve comigo em cada passo dessa trajetória, só ela sabe o quanto foi árduo e o quanto desejei esse diploma. À Beatriz Serra, que desde que entrou na universidade iluminou minha mente e me inspirou com sua presença.

À minha querida e amada vovó, Maria Rita, que foi meu suporte em todos os instantes, especialmente nos dias mais sombrios. Sua força, afeto e presença constante me deram ânimo para seguir em frente.

Sou grata à minha mãe, Cheila, que, mesmo enfrentando desafios próprios, sempre esteve ao meu lado da forma como pôde, sendo mãe em sua mais genuína essência.

Aos meus irmãos Keila e Paulo Iran, e às minhas irmãs de coração Vitória e Quezia, deixo minha sincera gratidão por cada gesto de apoio e amor.

A todos que, mesmo de maneira breve, deixaram sua marca na minha trajetória: meu agradecimento é genuíno e profundo.

Aos meus professores que sempre estiveram disponíveis para esclarecer dúvidas e guiar meu percurso acadêmico, especialmente ao meu orientador Gutierrez, pelo

comprometimento e orientação.

Sou igualmente grata a todos os colegas que conheci ao longo dessa jornada universitária. Cada conversa, trabalho em grupo, gesto de apoio e risadas compartilhadas tornaram essa caminhada mais leve e memorável. Foi uma honra dividir esses anos com pessoas tão especiais.

Minha maior e mais profunda gratidão é dedicada à minha filha, Helena, o grande amor da minha vida. Foi por ela –e para ela– que lutei com todas as minhas forças. Que este diploma represente o amor e o futuro que desejo construir para nós duas.

"Educar é um ato de amor, por isso, um ato de coragem. É, sobretudo, um ato de resistência."

Paulo Freire

## RESUMO

Este trabalho investiga o uso de laboratórios virtuais como ferramenta didática no ensino de Física, com foco na temática de cargas elétricas. A pesquisa foi realizada com estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública no município de Estreito – MA, utilizando o simulador *PhET Interactive Simulations* da Universidade do Colorado. A metodologia envolveu a aplicação de um pré e pós-teste para avaliar as percepções, o interesse e a aprendizagem conceitual dos alunos antes e após o uso da simulação “Balões e Eletricidade Estática”. Os resultados demonstraram ganhos significativos na compreensão dos conceitos de eletrização, maior motivação dos alunos e uma mudança positiva na percepção sobre a disciplina de Física. A experiência evidenciou que o uso de tecnologias educacionais interativas pode ser uma alternativa eficaz para suprir a ausência de laboratórios físicos nas escolas públicas e tornar as aulas mais dinâmicas e significativas.

**Palavras Chaves:** Laboratórios virtuais; ensino de física; eletrização.

## ABSTRACT

This study investigates the use of virtual laboratories as a didactic tool in Physics education, focusing on the topic of electric charges. The research was conducted with 3rd-year high school students from a public school in the municipality of Estreito – MA, using the *PhET Interactive Simulations* developed by the University of Colorado. The methodology included the application of pre- and post-tests to assess students' perceptions, interest, and conceptual understanding before and after using the simulation "Balloons and Static Electricity." The results showed significant improvements in students' comprehension of the concept of electrization, increased motivation, and a more positive perception of Physics as a subject. The experience revealed that interactive educational technologies can be an effective alternative to compensate for the lack of physical laboratories in public schools and help make classes more dynamic and meaningful.

**Keywords:** Virtual laboratories; physics education; electrization.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Interface do PhET.....	15
Figura 2 - Página inicial PhE.....	15
Figura 3 - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”.....	16
Figura 4 - Descrição da simulação.....	16
Figura 5 - Atividades prontas, enviadas por docentes.....	17
Figura 6 - Recursos de ensino.....	17
Figura 7 - Sugestão de uso do simulador “Balões e Eletricidade estática”.....	18
Figura 8 - Eletrização por atrito entre materiais diferentes.....	21
Figura 9 - Transferência de cargas por contato direto.....	22
Figura 10 - Processo de indução com aterramento.....	22
Figura 11 - Simulador “Balões e Eletricidade Estática”.....	26
Figura 12 - Respostas (%) do pré teste, questões 01 a 07.....	27
Figura 13 - Respostas (%) do pós teste, questões 01 a 07.....	29
Figura 14 - Questões conceituais (pré-teste).....	30
Figura 15 - Questões conceituais (pós teste).....	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>LABORATÓRIOS VIRTUAIS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>PhET – Colorado</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>CARGAS ELÉTRICAS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Processos de eletrização</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1</b>	<b>Participantes</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2</b>	<b>Instrumentos</b> .....	<b>25</b>
<b>5.3</b>	<b>Procedimentos</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise das Questões do Pré-teste (Questões 1 a 7 – Percepção e Atitudes Iniciais)</b> .....	<b>27</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise das Questões do Pós-teste (Questões 1 a 7 – Percepção Após o Laboratório Virtual)</b> .....	<b>28</b>
<b>6.3</b>	<b>Análise das Questões Conceituais (Questões 8 a 10)</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>
	<b>APÊNDICES 1</b> .....	<b>41</b>
	<b>APÊNDICES 2</b> .....	<b>42</b>
	<b>ANEXO A</b> .....	<b>44</b>
	<b>ANEXO B</b> .....	<b>45</b>
	<b>ANEXO C</b> .....	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No ensino médio a disciplina de física é frequentemente percebida como uma das mais complexas para grande parte dos alunos. E isso se dá também porque tradicionalmente as aulas são meramente teóricas, isto é, aquela em que o professor fala e escreve na lousa. Segundo (Carvalho,1998) afirma que a atividade experimental é uma das metodologias mais eficazes para se construir o conhecimento. Dessa maneira, é importante quebrar o tabu de que a disciplina de física é puramente teórica e comece a utilizar de outros recursos para que os alunos não sejam meros ouvintes, ou seja, é necessário metodologias ativas para transcender a abordagem puramente teórica.

Ademais, atualmente os novos alunos vivem na geração ligada às tecnologias, em que tudo que vão fazer utilizam a internet e suas funcionalidades, seja usando o aparelho móvel para conversar, seja para pesquisas escolares. Partindo disso, na esfera educacional também deve passar por mudanças, em que precisam deixar de lado aquela história de que o professor é o único e total detentor de conhecimento e também de que aquilo que usaram no passado pode funcionar hoje, porque os tempos mudaram e juntos os estudantes também. Assim, o educador deve ser o facilitador, ele dá meios para os alunos aprenderem o mundo a sua volta (Freire, 1974).

Uma das alternativas é o uso das tecnologias educacionais, que é utilizar as tecnologias na educação para facilitar o conhecimento dentro e fora de sala de aula (Alves, 2014). Desse modo, a tecnologia pode ser usada como recurso didático para melhor aprendizagem e o professor tem papel de facilitador (Moran, 2000). Nessa metodologia o aluno tem que ser o objeto central, para isso deve haver parceria professor-aluno. Para Valente (1999), vai exigir do professor uma formação continuada, para que assim ele possa entender a máquina, então, o educando deve ter seus conhecimentos aprimorados constantemente, mas sozinho ele não consegue sem a ajuda da escola e dos demais órgãos responsáveis. Para adentrar nesse mundo o professor precisa de auxílio, seja da escola, seja do estado ou até mesmo das famílias.

Para realizar esse tipo de metodologia nas escolas públicas brasileiras, ainda é um dilema, pois as desigualdades educacionais existem em diferentes escalas (Lacruzi, 2009). Uma dessas dificuldades é a questão da infraestrutura, em que a maioria não possui espaço físico e equipamentos apropriados para realizarem metodologias que fogem do modelo tradicional de ensino. Tomando essa questão para a disciplina de física no ensino médio, destaca que uma das técnicas mais eficientes para a compreensão das disciplinas de ciências

são o uso da experimentação, nos quais são utilizados laboratórios para obter certos resultados, contudo a infraestrutura nas escolas públicas, excepcionalmente no ensino médio, é inviável sair do modelo tradicional (Millar, 2010). Mas como o professor poderia sondar essas questões ,tanto de infraestrutura quanto de capacitação contida?

Tendo em vista essa questão, uma possibilidade viável é o uso de laboratórios virtuais (LV) , que além de ser acessíveis e de fácil uso (que não vai ter outra demanda de outra formação do professor , que vai minimizar a escassez de equipamento e de estruturas físicas nas escolas públicas brasileiras), a priori nas escolas de ensino médio da rede pública do município de Estreito, Maranhão que é o enfoque de nossa pesquisa. A única demanda para introduzir em sala de aula é um computador, projetor e internet, que na maioria das escolas é mais usual de possuírem. Esses programas educacionais utilizam softwares para simular experimentos reais e que o professor de física pode usar em suas aulas (Santos, 2018).

Será utilizado para a realização da pesquisa o Simulador Interativas Physics Education Technology (PhET), da Universidade do Colorado, que foi fundado em 2002, nele são encontradas simulações nas áreas da matemática e ciências, que trazem a experimentação interativa e a visualização de fenômenos físicos de forma prática, segura e acessível.

Este trabalho propõe analisar o uso de laboratórios virtuais como complemento às aulas presenciais de Física em uma turma do 3º (terceiro) ano do Ensino Médio. A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública estadual localizada na cidade de Estreito/Maranhão, com uma turma composta por 36 estudantes. A intervenção pedagógica foi aplicada após a abordagem tradicional do conteúdo de eletrostática, utilizando o simulador "Balloons and Static Electricity" do PhET Colorado como recurso complementar.

Para avaliar a eficácia da proposta, foi aplicado um questionário composto por perguntas objetivas, com o intuito de identificar o nível de compreensão dos alunos sobre os conceitos de carga elétrica, eletrização e interação entre corpos eletrizados. Além disso, buscou-se analisar o impacto do uso do laboratório virtual na motivação e no interesse dos alunos pelo conteúdo. As respostas foram analisadas de forma qualitativa e quantitativa, permitindo traçar um panorama das contribuições pedagógicas do uso de simulações interativas no processo de ensino-aprendizagem.

## 2. LABORATÓRIOS VIRTUAIS

Laboratórios virtuais (LV) são simuladores que mostram como funciona um laboratório físico tradicional (Silva, 2006). Dessa forma, quando nas escolas não possuírem laboratório físicos essa ferramenta será uma experiência de grande ajuda para entenderem como funciona um laboratório real. Esses laboratórios podem ser manipulados e acessados por qualquer pessoa e por várias ao mesmo tempo, basta terem banda larga e algum recurso tecnológico como: computadores ou celulares e fazer o login nas plataformas, depois já podem começar a simular qualquer tipo de experimento seja na área de: física, biologia, química ou na de matemática .

Existem vários tipos de LV com simulações mais modestas ao mais sofisticado (Trentin, 2002). Então, quem for utilizar terá várias opções de ilustrações e de simulações e poderá escolher o que mais encontrou facilidade e o melhor experimento para a aula desejada, a maioria são gratuitos e são bem fáceis de utilizar, basta escolher o programa que tiver maior afinidade. Alguns exemplos são: O PhET (Universidade de Colorado), LaVirt (USP- Universidade de São Paulo), PraxiLabs, Algodoo e muitos outros à disposição dos estudantes e professores.

Os laboratórios podem ser categorizados por três tipos: sem interações, interações parciais, interações totais. (Trentin, 2002). Segundo o mesmo autor, o primeiro é aquele que só possui textos e imagens para explicar o determinado conteúdo; nas interações parciais são apresentadas escritas e uma simulação, mas não possui variação do experimento será sempre o mesmo resultado, os usuários não conseguem mudar as variáveis; a última categoria são os mais utilizados, neles podem ser modificados os valores e as componentes, ou seja, ocorrem mudanças nos experimentos, o usuário será o realizador da experimentação como ocorre nos laboratórios reais, terá a possibilidade de testar resultados. Dessa maneira, o professor poderá selecionar o mais vantajoso para cada tipo de aula e de assunto.

Eles foram desenvolvidos para que os consumidores tenham um ambiente interativo, seguro e barato, onde possam criar ou aprimorar o conhecimento científico (Santos e Silva, 2020). Dessa forma, são ótimas formas para quando o local não possuir infraestrutura adequada, e para o professor inovar em suas aulas.

Diversos estudiosos destacam os benefícios dos laboratórios virtuais como ferramenta pedagógica no ensino das ciências, especialmente na física. Um caso bem expressivo é o trabalho de Melo et al. (2017), que realizou um experimento com o uso do PhET em algumas turmas do ensino médio. Eles deduziram que ao utilizar a simulação “ Balões e

Eletricidade Eletrostática” os alunos tiveram uma compreensão mais concreta sobre os processos de eletrização que também possibilitou uma aprendizagem mais ativa e investigativa.

Outro trabalho realizado foi de Oliveira e Silva(2020) manusearam o LV Algodoo, que é um simulador de física 2D, em práticas sobre as leis de Newton. Concluíram que os discentes tiveram maior visualização dos conceitos de aceleração e da força resultante, e o desempenho nas nas provas bimestrais aumentaram significativamente.

Além disso, na pesquisa realizada por Nascimento e Santos (2019), eles apuraram os efeitos da aplicação do Crocodile Physics, no conteúdo de circuitos elétricos. A investigação revelou que o uso do software durante a aula, deixou os alunos mais participativos e tiveram mais facilidade em entender as funcionalidades dos componentes elétricos.

Esses trabalhos evidenciaram a eficácia dos laboratórios virtuais para o ensino da física, no qual deixou mais claros as visualizações dos fenômenos físicos, e ajudaram na compreensão por meio das experimentações virtuais e estimularam os alunos a serem participativos em sala de aula.

## **2.1 PhET - Colorado**

Como já mencionado anteriormente, o Simulador Interativas Physics Education Technology (PhET) foi fundado por Carl Wieman em 2002, e desenvolvido pela Universidade de Colorado, em Boulder, que é uma Universidade pública estadunidense que fica localizada no estado de mesmo nome. No *Website* fala que o projeto foi elaborado com base em muitas pesquisas, e que o programa envolverá os alunos com jogos e atividades lúdicas, em que aprendem com base nas próprias descobertas e explorações.

O projeto foi criado com o objetivo de promover conhecimento por meio de simulações participativas, baseada no uso do laboratório concreto (Wienam; Adams; Perkins, 2008). Portanto, podem ser de grande ajuda para os professores nas áreas das ciências, que por meio dessa ferramenta aproxima os alunos de um laboratório real ao realizar suas próprias experiências, pois o PhET é um dos LV com interações totais.

Para encontrar o simulador PhET Colorado, basta acessar o site oficial: <https://phet.colorado.edu/pt/>. Segundo informações da própria página, são apresentadas mais de 80 simulações em diversas áreas da ciência, e também está disponível um aplicativo para dispositivos Android.

A interface (figura 1) é simples, intuitiva e toda traduzida para o português, no qual facilita a compreensão e acesso dos usuários.

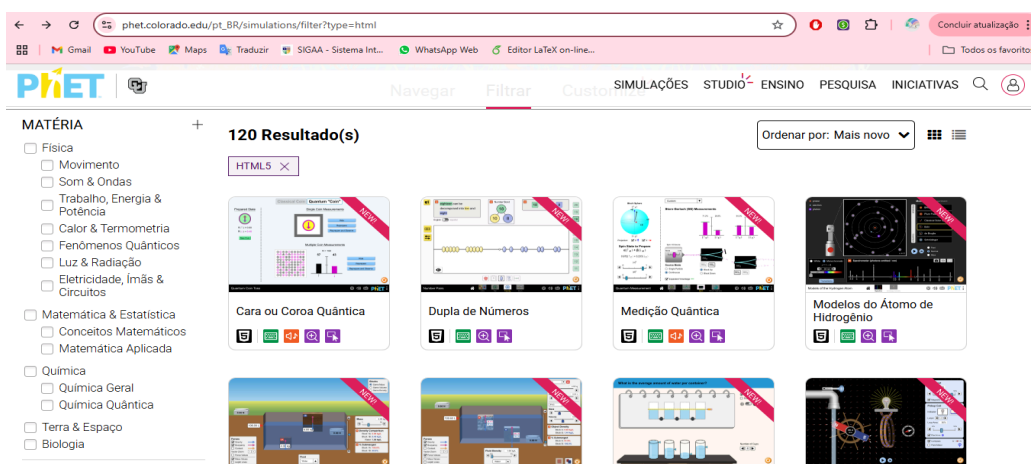
**Figura 1 - Interface do PhET**



Fonte: PhET Colorado, 2025.

Na página inicial (figura 2) oferece um campo de busca e filtros por disciplina (Física, Química, Biologia, Matemática), nível de escolaridade, recursos inclusivos (para as pessoas com deficiências) tipo de simulação (HTML5, Java, etc.).

**Figura 2 - Página inicial PhET**



Fonte: PhET Colorado, 2025.

Durante a pesquisa, foi utilizado o simulador Balões e Eletricidade Estática (figura 3). A escolha se deu pela sua simplicidade visual, clareza conceitual e relevância direta com o tema abordado em sala: eletrização e interação entre cargas elétricas.

**Figura 3 - Simulação “Balões e Eletricidade Estática”**



**Fonte:** PhET Colorado, 2025.

Neste simulador o usuário pode:

- Atritar balões em uma camisa de lã, observando a transferência de elétrons;
- Aproximar os balões de objetos (como a parede) e visualizar se haverá atração ou repulsão;
- Observar setas que indicam forças elétricas e distribuição de cargas;
- Alternar entre visões qualitativas e quantitativas.

Ao escolher uma simulação (figura 4) o usuário encontra: Uma descrição breve do conteúdo abordado; Um botão para iniciar a simulação (executável diretamente no navegador); Materiais de apoio como atividades prontas para baixar, planos de aula, avaliações e sugestões de uso; A opção de favoritar e compartilhar a simulação; Um botão para baixar a simulação offline, o que é útil para escolas com acesso à internet limitado.

**Figura 4 - Descrição da simulação**



**Fonte:** PhET Colorado, 2025.

Além do mais, no próprio programa são introduzidas atividades prontas e que podem ser baixadas para complementar as simulações que vão ajudar muito o professor. Neste trabalho foi utilizado o simulador “Balões e eletricidade eletrostática”, e nele continham 37 atividades complementares (Figura 5), elas são enviadas por outros docentes de diversas instituições e até mesmo de outros países.

**Figura 5** - Atividades prontas, enviadas por docentes

The screenshot shows the PhET website interface for "Eletricidade Estática". The navigation bar includes "SIMULAÇÕES", "STUDIO", "ENSINO", "PESQUISA", and "INICIATIVAS". The main menu has "Sobre", "Recursos de ensino", "Atividades", "Traduções", and "Créditos". The "Atividades" section is active, displaying "37 Resultado(s)". A search bar is present with the text "Pesquisar por tópico, palavra". On the left, there are filters for "MATÉRIA" (Física, Matemática & Estatística, Química, Terra & Espaço) and "NÍVEL EDUCACIONAL" (EF I, EF II, EM, Sup). The main content area shows a list of activities, with the first one being "Atividades sobre Eletricidade nos OAs do PhET" and the second being "Atração Eletrostática - Balões e Eletricidade Estática".

Fonte: PhET Colorado, 2025.

Aliás, ainda possui dicas e sugestões de como utilizar cada simulador. Na imagem abaixo (figura 6) mostra uma das dicas para utilizar a simulação escolhida, nela explica de maneira minuciosa de como fazer a atividade e para que serve cada item. Ademais, também possui as orientações por meio de vídeo e de áudio, mas em língua inglesa.

**Figura 6** - Recursos de ensino

The screenshot shows the "Recursos de ensino" section of the PhET website. The main heading is "Dicas para Professores" and the sub-heading is "Balões e Eletricidade Estática". The text explains that the simulation allows students to explore concepts of static electricity, such as charge transfer, induction, attraction, repulsion, and grounding. Below the text, there are several instructional boxes with icons and text:
 

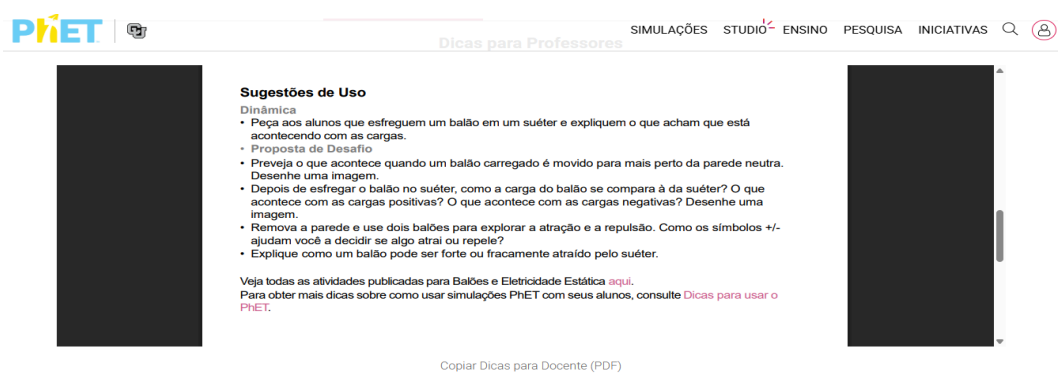
- ESFREGUE** o balão na camiseta para acumular cargas (Rub the balloon on the t-shirt to accumulate charges).
- VEJA** todas as cargas, sem cargas ou distintas (See all charges, without charges or different).
- OBSEVE** o que acontece quando o balão carregado está perto da parede (Observe what happens when the charged balloon is near the wall).
- RETORNE** os balões para o estado neutro (Return the balloons to the neutral state).
- EXPLORAR** fenômenos com um ou dois balões (Explore phenomena with one or two balloons).

 The central image shows a t-shirt with a balloon and a wall with a balloon, illustrating the concepts discussed in the text.

Fonte: PhET Colorado, 2025.

Na recomendação de uso (figura 7) ele apresenta uma dinâmica bem interessante de ser realizada, que é de fazer uma breve experimentação com balões. Que desta maneira, também utilizamos como inspiração para dar embasamento para implementação da ferramenta com os alunos.

Figura 7- Sugestão de uso do simulador “Balões e Eletricidade estática”.



Fonte: PhET Colorado, 2025.

O PhET foi escolhido para a realização desta pesquisa pois é gratuito e além de ser descomplicado o acesso, a simulação encontrada e utilizada foi bem pertinente ao conteúdo de cargas elétricas, que além de ser interativa e fácil de ser visualizado os eventos da eletrização.

### 3. CARGAS ELÉTRICAS

A física pode ser dividida em diversas áreas como: Mecânica, Ondulatória, Óptica, Eletromagnetismo, Termologia e Física moderna, em que cada uma aborda de maneira distinta os aspectos naturais (Gref,1996). Neste trabalho o enfoque principal será a eletrostática que faz parte do eletromagnetismo, que estuda as cargas elétricas em repouso. Nela são abordados diversos assuntos, um exemplo são os processos de eletrização, é um dos muitos conteúdos estudados na disciplina de Física do ensino médio, precisamente no terceiro ano.

Toda matéria é constituída por átomos, que por sua vez são formados por um núcleo que possui prótons e nêutrons, e uma eletrosfera com elétrons (Halliday; Resnick; Walker, 2016). Por conversão os prótons possuem carga elétrica positiva, os nêutrons possuem a mesma quantidade de cargas elétricas e os elétrons têm carga elétrica negativa.

A estrutura atômica compreende o núcleo composto pelos prótons e nêutrons, ao redor dele orbitam os elétrons que são distribuídos em camadas. Os prótons e os nêutrons são constituídos por partículas ainda menores chamadas de quarks, que são mantidos coesos no núcleo pelas forças nucleares fortes, uma das principais características dessas partículas são que têm cargas fracionadas, que ficam presas em outras chamadas hádrons, eles podem ser formados por três quarks ou apenas um quark e um antiquark. Existem seis tipos de quarks: up, down, charm, strange, top e bottom. Cada um desses quarks pode possuir uma entre três diferentes “cargas de cor”: vermelho, verde ou azul uma nomenclatura simbólica usada na cromodinâmica quântica para descrever uma propriedade fundamental dos quarks (Anjos, 2010).

Os elétrons são considerados partículas elementares, são aquelas em que não apresentam uma estrutura interna conhecida, (Griffiths, 2008). Eles pertencem à família dos léptons, para o autor anterior, os léptons não sofrem com as interações fortes e são constituintes fundamentais da matéria.

A carga elétrica é uma grandeza escalar, cuja unidade no Sistema Internacional (SI) é o Coulomb (C). Ela é quantizada, ou seja, existe em múltiplos inteiros de uma quantidade fundamental chamada carga elementar, cujo valor é aproximadamente  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Isso significa que qualquer corpo eletricamente carregado possui uma carga total que é um múltiplo dessa carga elementar. O elétron possui carga negativa de  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , enquanto o próton possui carga positiva de  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Um átomo neutro possui a mesma

quantidade de prótons e elétrons. Quando um corpo ganha elétrons, passa a ter excesso de carga negativa, tornando-se negativamente carregado; ao perder elétrons, torna-se positivamente carregado devido ao desequilíbrio entre prótons e elétrons (Ramalho, 2009).

Os comportamentos das cargas são regidos por dois princípios fundamentais, a quantização e a conservação das cargas elétricas. Na primeira, diz que toda carga elétrica é múltiplo inteiro da carga elementar dos elétrons, ou seja, as cargas não aparecem em valores “quebrados”, sendo quantizada de acordo com o valor mínimo da carga elementar (Gaspar, 2011). No outro princípio, a carga total de um sistema se mantém constante, não é criada ou destruída, pode apenas ser transferida de um corpo para outro (Nussenzveig, 2008).

As cargas elétricas podem interagir entre si por meio de uma força conhecida como força eletrostática. Essa força é responsável por atrair ou repelir corpos dependendo do tipo de carga envolvida. Quando duas cargas possuem sinais opostos, uma positiva e outra negativa, elas se atraem. Já quando possuem sinais iguais, seja ambas positivas ou ambas negativas, ocorre uma repulsão entre elas (Tipler; Mosca, 2016).

Essa interação acontece mesmo sem contato direto entre os corpos, pois toda carga elétrica gera ao seu redor um campo elétrico, uma espécie de "área de influência" que pode exercer força sobre outras cargas próximas (Hewitt, 2002). Assim, ao aproximar duas cargas, elas sentem a presença uma da outra e reagem conforme seus sinais.

A intensidade dessa força de interação depende de dois fatores principais: o valor das cargas envolvidas e a distância entre elas. Quanto maiores as cargas ou menor a distância entre elas, mais intensa será a força entre elas, seja de atração ou de repulsão (Giampietro; Braga, 2005).

Esses conceitos são fundamentais para o estudo de eletrostática, e outros diversos fenômenos da eletricidade e que constituem a base para as tecnologias atuais, como circuitos eletrônicos, motores elétricos e os dispositivos digitais.

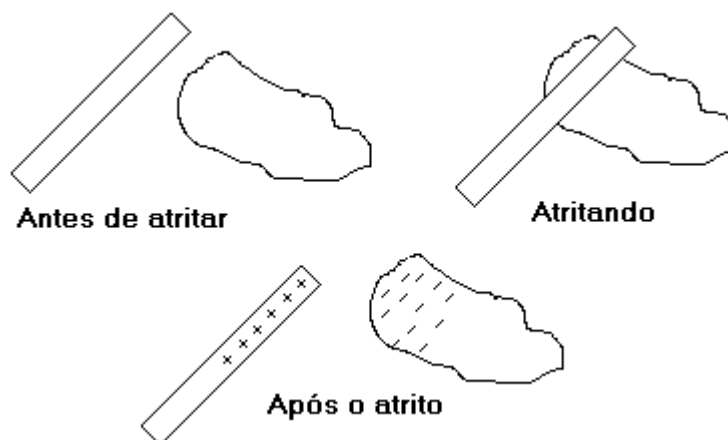
### **3.1 Processos de eletrização**

A eletrização é o processo que consiste em transformar um corpo neutro adquirir ou perder elétrons, e assim modifica-se o estado elétrico do corpo (Gaspar, 2009). Essa alteração no equilíbrio de cargas resulta em corpos carregados positivamente ou negativamente, dependendo do movimento de elétrons. Dessa maneira, existem três tipos para ocorrer, são eles por: atrito, contato e indução.

Na eletrização por atrito ocorre quando dois corpos de materiais diferentes são friccionados, e há transferência de elétrons de um corpo para outro, deixando um corpo

carregado positivamente e outro negativamente (Gaspar, 2011). Essa é a forma mais comum de gerar cargas, como demonstrado na figura 8, exemplifica visualmente esse fenômeno: a seda ao ser friccionada no vidro ganha elétrons ficando negativamente carregada e o outro corpo positivamente carregado.

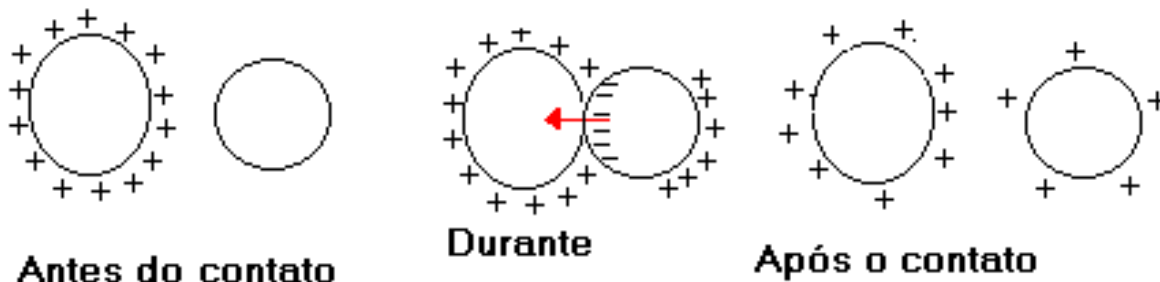
**Figura 8** - Eletrização por atrito entre materiais diferentes



**Fonte:** Vamos estudar física, 2025.

A eletrização por contato envolve a aproximação e toque entre um corpo eletrizado e um neutro. O corpo neutro ganha parte das cargas por meio da transferência de elétrons (Ramalho; Ferraro; Andrade, 2009). Na imagem abaixo mostra (figura 9) o processo antes, durante e após o processo de eletrização por contato em que o corpo carregado positivamente (representado pelos sinais de +) e outro neutro (sem carga aparente), os dois corpos são colocados em contato e os elétrons se distribuem entre os dois corpos, como o corpo da esquerda está carregado positivamente ele atrai os elétrons do corpo neutro e ocorre a redistribuição de cargas, a seta vermelha indica essa transferência de cargas. Após o contato os corpos se separam novamente, mas agora ambos estão carregados positivamente e com cargas iguais ou proporcionais, isso ocorre que ao se tocarem os corpos compartilham as cargas até atingir o equilíbrio eletrostático.

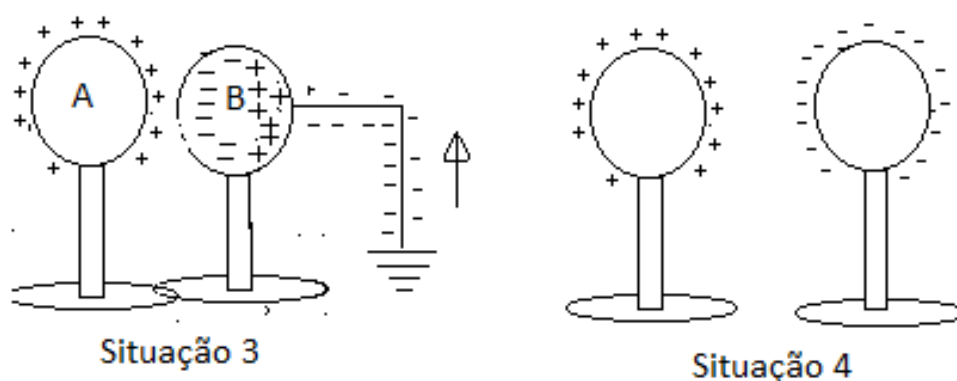
**Figura 9** - Transferência de cargas por contato direto



**Fonte:** Vamos estudar física, 2025.

Na indução, acontece sem o contato direto entre os corpos. Acontece da seguinte forma: um corpo eletrizado é aproximado de um corpo neutro, causando a separação de cargas neste. Em seguida, ao ligar o corpo neutro à terra (aterramento), há fuga de cargas e ele se eletriza com sinal oposto ao do corpo indutor (Nussenzveig, 2008). Na figura 10, é apresentada duas situações sobre esse tipo de eletrização, na primeira situação, a esfera A está carregada positivamente e é aproximada da esfera B (neutra). Isso induz a separação de cargas em B. Com o fio-terra conectado, as cargas positivas em B são repelidas para o solo, restando cargas negativas. Na outra situação, após remover o fio terra e afastar A, a esfera B permanece negativamente carregada, mesmo sem contato direto.

**Figura 10** - Processo de indução com aterramento



**Fonte:** Vamos Estudar Física, 2025.

A simulação utilizada neste trabalho explora particularmente a eletrização por atrito, demonstrando visualmente como ocorre a transferência de elétrons entre o balão e a camisa, promovendo a aproximação e atração dos corpos devido à diferença de cargas adquiridas.

#### **4. JUSTIFICATIVA**

Pesquisa feita pela Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2023) aponta que quase 500 milhões de pessoas possuem dispositivos digitais, o que equivale a cerca de 2,2 por habitante. Isso demonstra que a maioria dos alunos já têm acesso a celulares, computadores ou outros aparelhos eletrônicos. Portanto, é necessário que as metodologias ativas acompanhem esse crescimento e adaptem-se ao perfil da chamada geração Z ou geração digital (Tapscott, 2010; Palfrey; Gasser, 2011), que já nasce imersa em tecnologia.

Nas aulas de Física, a abstração dos conteúdos, especialmente os relacionados à eletrostática, pode dificultar a aprendizagem, tornando essencial o uso de recursos que

possibilitem maior visualização e experimentação. No entanto, muitas escolas públicas carecem de laboratórios físicos ou os possuem em condições precárias, dificultando a realização de atividades práticas.

Diante desse cenário, os laboratórios virtuais surgem como uma alternativa eficaz para suprir essa lacuna. Além de possibilitarem experimentações de maneira segura e acessível, eles promovem o engajamento e a compreensão dos alunos dentro e fora da sala de aula. Assim, o uso de tecnologias educacionais, como o simulador PhET, torna-se uma estratégia relevante no avanço de novas metodologias ativas, alinhadas às necessidades e ao perfil dos estudantes atuais.

## **4 METODOLOGIA**

A pesquisa é de natureza qualitativa e quantitativa que de acordo com esse método tem fundamental importância para realização de uma pesquisa, de modo que dará bases sólidas para os dados com abordagem exploratória e descritiva (Creswell, 2010) e (Denzin; Lincoln, 2018).

### **4.1 Participantes**

Foi realizada na Escola de Ensino Médio, Centro de Ensino Professor Pereira Martins Neto, de esfera pública estadual, no centro urbano de Estreito, Maranhão. Com uma turma do 3º ano no turno da tarde e contou com 36 presentes em sala de aula, os participantes possuíam idades entre 16 e 17 anos.

### **4.2 Instrumentos**

Este trabalho foi guiado por dois métodos de pesquisa: a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo. Para Gil (2008), a pesquisa de campo é o local no qual o pesquisador coleta os dados onde os fenômenos ocorreram e observa as informações. Assim, o principal método utilizado foi a abordagem qualitativa.

Foram aplicados dois questionários, um antes e outro depois da utilização do laboratório virtual. O pré-teste (ver apêndice 1) continha questões relacionadas à percepção dos alunos sobre o ensino de Física e à familiaridade com recursos digitais. Já o pós-teste (ver apêndice 2) incluiu as mesmas temáticas do pré-teste, acrescidas de itens sobre a experiência com o laboratório virtual. No total continham cada uma 10 questões objetivas dos temas acima e ambas também incluíram três questões conceituais relacionadas ao conteúdo de eletrização.

### **4.3 Procedimentos**

Na primeira etapa, a professora regente ministrou sua aula, de maneira habitual, utilizando o quadro, pincel e slide preparado por ela. Seguiu da seguinte forma, inicialmente foi apresentados aos alunos as áreas que se divide a eletricidade e a história da eletricidade, depois começou a introduzir os conceitos básicos da eletrostática, apresentou as estruturas atômicas e logo explicou o que era as cargas elétricas e que eles podiam ser eletrizados, na sequência falou dos princípios da eletrostática e os tipos de eletrização e como ocorria cada uma. Para a atividade para casa passou uma pesquisa sobre a história da eletricidade.

Na segunda etapa, na aula seguinte, foi entregue o primeiro questionário para identificar o perfil e as percepções dos alunos. Em seguida, foi feita uma breve explanação

sobre o assunto, incluindo um experimento prático com bexigas, no qual o balão era atritado no cabelo e, ao ser aproximado de papéis picados, estes eram atraídos, demonstrando o fenômeno da eletrização (ver Anexo A). Essa pequena demonstração foi a base para introduzir o simulador e explicar o que estava acontecendo com as cargas.

Na terceira etapa, foi apresentado o programa PhET Colorado, explicando sua funcionalidade e como os alunos poderiam utilizá-lo também em casa (ver Anexo B). Foi utilizada a simulação “Balões e Eletricidade Estática” (Figura 11). A experiência foi apresentada da seguinte forma: o balão foi atritado em uma camisa de lã, os dois inicialmente com cargas neutras, após isso o balão ganhou elétrons enquanto o outro corpo perdeu, e quando soltava a bexiga ela era atraída, e quando ao tocar na parede (neutra) as cargas se separaram, e para ficar mais divertido tem a possibilidade de fazer com duas bexigas (ver Anexo C). Dessa forma, ficava visível o que acontecia com as cargas em cada tipo de eletrização, e da mesma forma serviu para explicar, em termos microscópicos, o que ocorria no experimento prático.

Após a simulação, foi aplicado o pós-teste para avaliar os impactos da atividade na percepção e no aprendizado dos alunos.

**Figura 11 - Simulador “Balões e Eletricidade Estática”**



Fonte: PhET Colorado, 2025.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÕES

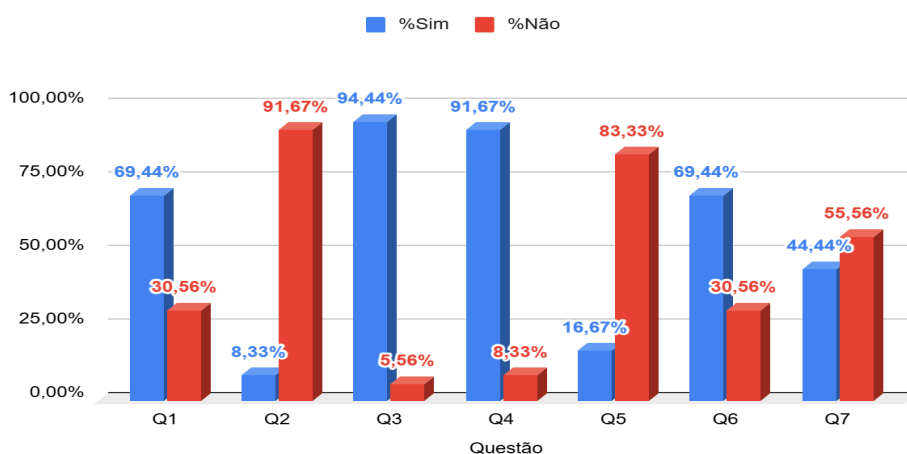
A presente pesquisa buscou analisar a eficácia do uso de laboratório virtual no ensino de física, os dados foram obtidos por meio da aplicação do pré-teste e no pós-teste contou com a participação 36 alunos na turma do terceiro ano do ensino médio, no turno da tarde da escola estadual João Martins Pereira Martins Neto, no município de Estreito, Maranhão.

Os alunos responderam 10 questões de múltiplas escolhas em cada um dos testes. No primeiro, buscava entender suas percepções da disciplina de física e a familiaridade com os recursos digitais. No segundo, após o uso do recurso do simulador visou avaliar o impacto no aprendizado e na percepção sobre o conteúdo de eletrização. Os dois testes continham 3 perguntas conceituais sobre o assunto escolhido e o objetivo era se houve alguma mudança depois de apresentar o recurso.

### 6.1. Análise das Questões do Pré-teste (Questões 1 a 7 – Percepção e Atitudes Iniciais)

Na figura 12, mostra a análise das sete primeiras questões do pré-teste, essas continham apenas duas alternativas: sim ou não, e tinham como objetivos levantar dados sobre as percepções com a disciplina de Física e o uso da tecnologia em sala de aula.

**Figura 12-** Respostas (%) do pré teste, questões 01 a 07



Fonte: Autora/2025.

#### Questão 1 – Dificuldade com Aulas Teóricas

69,44% dos alunos relataram dificuldade em aprender física apenas por meio de explicações teóricas. Esse resultado corrobora estudos de Carvalho (1998) e Moreira (2011), que destacam a necessidade de metodologias mais ativas no ensino de Ciências. A aprendizagem exclusivamente expositiva não atende aos estilos de aprendizagem mais visuais e cinestésicos.

### **Questão 2 – Uso de Laboratórios Virtuais**

Mais de 90% dos estudantes afirmaram nunca ter utilizado um laboratório virtual nas aulas de Física. Isso indica uma lacuna na integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) nas escolas públicas, como já apontado por Kenski (2007). Essa falta de familiaridade cria barreiras iniciais, mas também representa uma oportunidade de inovação pedagógica.

### **Questão 3 – Crença na Eficácia de Recursos Digitais**

Cerca de 94,44% acreditam que recursos como vídeos e simulações podem facilitar o aprendizado de Física. Esse dado mostra uma predisposição positiva dos alunos em relação à tecnologia educacional, confirmando as teorias de aprendizagem multimodal de Mayer (2001).

### **Questão 4 – Conforto com Tecnologias**

Mais de 90% relataram sentir-se à vontade usando computadores e internet. Isso indica que a dificuldade de aprendizagem em Física não se relaciona a limitações tecnológicas dos alunos, mas sim à metodologia utilizada em sala.

### **Questão 5 – Experiências Práticas em Laboratório**

Apenas 16,67% tiveram experiências anteriores em laboratórios de Física, mostrando uma limitação estrutural na escola. Segundo Hodson (1993), a ausência de atividades práticas prejudica o desenvolvimento da capacidade investigativa do aluno.

### **Questão 6 – Percepção de Dificuldade da Disciplina**

69,44% consideram a Física difícil, o que reflete uma tendência nacional de baixo desempenho na área, como apontado pelo PISA (2018). A ênfase em cálculos matemáticos, sem suporte visual, parece ser um fator agravante segundo os relatos dos alunos.

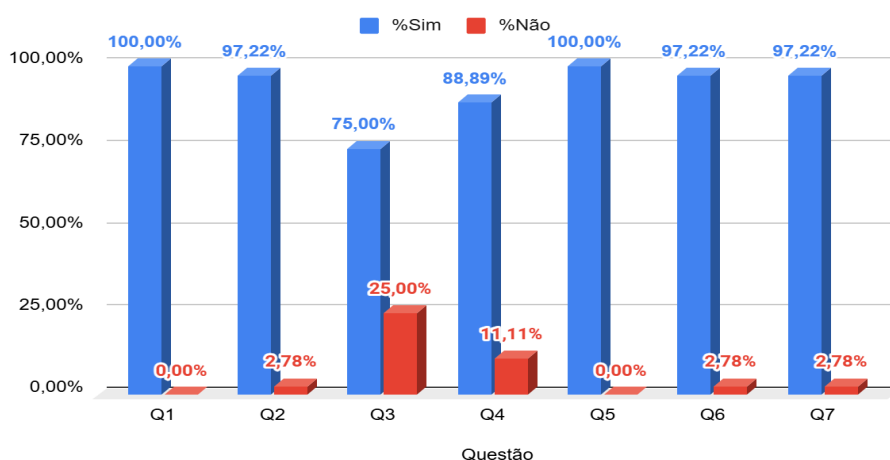
### **Questão 7 – Motivação para Aprender Física**

60% relataram estar desmotivados, um indicador preocupante, pois a motivação é fator determinante na aprendizagem significativa segundo Ausubel (1968).

## **6.2 Análise das Questões do Pós-teste (Questões 1 a 7 – Percepção Após o Laboratório Virtual)**

Na figura 13, é exposto as resposta das questões de 01 a 07 sobre a avaliação após o uso do laboratório virtual, nele todos os alunos responderam que entenderam melhor o conteúdo de eletrização e gostariam de usar nas aulas, quase 90% aprenderam mais com o uso do recurso do que apenas com uma aula teórica, além de acharem mais interessante e atrativa para assimilar o assunto, ademais a maioria marcaram que com o simulador eles conseguiram visualizar melhor como ocorrem os fenômenos físicos.

**Figura 13 - Respostas (%) do pós teste, questões 01 a 07**



Fonte: Autora/2025.

### **Questão 1 – Compreensão após o Laboratório Virtual**

100% afirmaram que entenderam melhor o conteúdo após o uso do laboratório virtual. O ganho total em compreensão reforça a Teoria da Aprendizagem Significativa, onde a ancoragem de novos conhecimentos em estruturas cognitivas pré-existentes é facilitada quando há recursos visuais e interativos.

### **Questão 2 – Visualização de Fenômenos**

97,22% relataram que a visualização dos fenômenos foi facilitada. Esse resultado destaca a importância de representações visuais no ensino de conteúdos abstratos, como a eletrização, conforme defendido por Novak e Gowin (1984).

### **Questão 3 – Interesse pela Física**

O número de alunos que demonstraram aumento no interesse pela disciplina subiu de 44,44% para 75%. Este é um ganho expressivo em termos de motivação intrínseca, um dos pilares para a aprendizagem segundo Deci e Ryan (1985).

### **Questão 4 – Aprendizado com o Recurso**

88,89% relataram que aprenderam mais com o laboratório virtual do que apenas com a explicação teórica. Isso mostra a eficácia de abordagens de ensino híbrido, combinando teoria e prática virtual, como recomenda o modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006).

#### **Questão 5 – Desejo de Uso Contínuo do Recurso**

100% demonstraram interesse em continuar utilizando laboratórios virtuais nas aulas de Física, indicando aceitação total da metodologia.

#### **Questão 6 – Aulas Mais Interessantes**

97,22% consideraram a aula mais interessante após a intervenção, evidenciando o papel motivacional das TDICs.

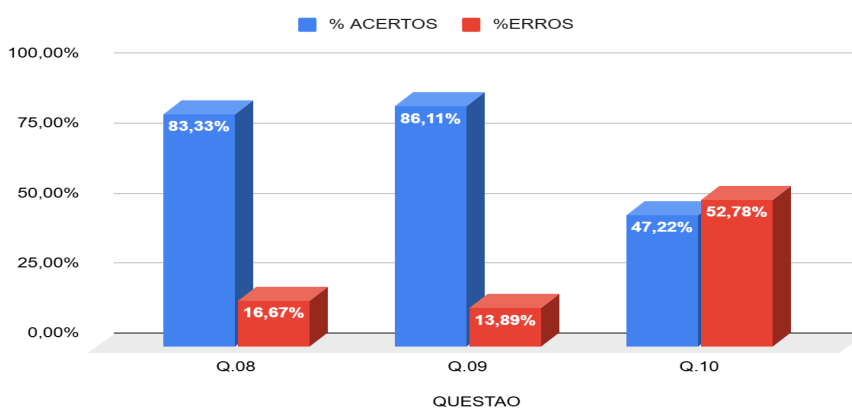
#### **Questão 7 – Recomendação da Atividade**

Quase todos os alunos (97,22%) afirmaram que recomendariam o uso do laboratório virtual para outros colegas, reforçando a percepção positiva da estratégia.

### **6.3 Análise das Questões Conceituais (Questões 8 a 10)**

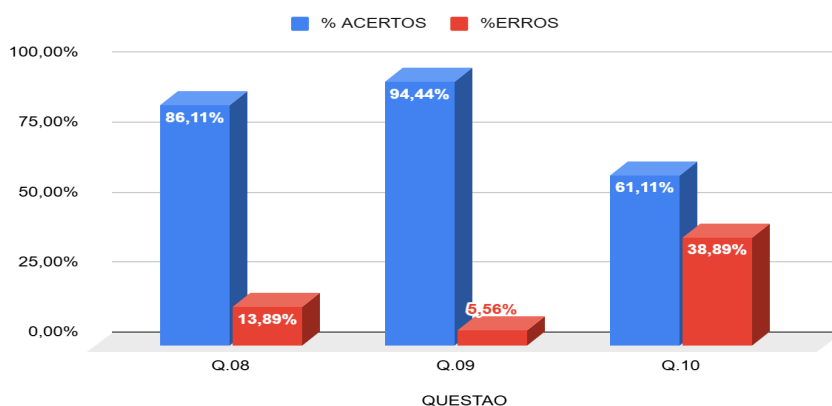
As Figuras 14 e 15 representam, respectivamente, os resultados obtidos pelos alunos em questões conceituais aplicadas antes (pré-teste) e depois (pós-teste) da utilização de laboratórios virtuais no ensino de eletrostática.

**Figura 14 - Questões conceituais (pré-teste)**



Fonte: Autora/2025.

**Figura 15 - Questões conceituais (pós teste)**



Fonte: Autora/2025.

### Questão 8 – Corpo Eletricamente Neutro

- a) **Pré-teste:** 83,33% de acertos.
- b) **Pós-teste:** 86,11% de acertos.

Embora o índice já fosse relativamente alto no pré-teste (figura 14), houve uma leve melhoria (figura 15). Isso sugere que o conceito de corpo neutro já estava mais consolidado, mas o laboratório virtual ajudou a reforçar o entendimento.

### Questão 9 – Interação entre Cargas Elétricas

- a) **Pré-teste:** 86,11% de acertos.
- b) **Pós-teste:** 94,44% de acertos.

A evolução nessa questão indica um ganho conceitual sobre as interações entre cargas elétricas. O uso da simulação ajudou a fixar conceitos como atração e repulsão de cargas, facilitando o raciocínio causal entre fenômeno e teoria.

### Questão 10 – Corpo Eletrizado Negativamente

- a) **Pré-teste:** 47,22% de acertos.
- b) **Pós-teste:** 61,11% de acertos.

Este foi o conceito com maior avanço percentual. Antes da intervenção, quase metade da turma apresentava concepções alternativas, como associar carga negativa à "falta de prótons". O simulador, ao permitir a visualização da transferência de elétrons, contribuiu para a superação dessa dificuldade.

Tabela 01-Síntese da Discussão por Questão

Questão	Tema	Principal Resultado	Interpretação Pedagógica
Q1	Dificuldade com teoria	Alta dificuldade inicial	Necessidade de recursos visuais
Q2	Uso prévio de simuladores	Baixíssima experiência	Necessidade de inovação
Q3	Recursos digitais ajudam?	Alta aceitação	Potencial das TDICs reconhecido
Q4	Conforto com tecnologia	Alta familiaridade	Viabilidade para metodologias digitais
Q5	Experiência em laboratório real	Quase inexistente	Laboratórios virtuais como solução alternativa
Q6	Física é difícil?	Alta percepção de dificuldade	Falta de contextualização e visualização
Q7	Motivação inicial	Baixa	Necessidade de intervenção motivacional
Q1 Pós	Entendimento com o virtual	100% compreenderam melhor	Eficácia do laboratório virtual
Q2 Pós	Visualização melhor	Quase totalidade satisfeita	Conexão teoria-prática facilitada
Q3 Pós	Interesse pela Física	Aumento significativo	TDICs como ferramenta motivacional
Q4 Pós	Aprendizagem aumentada	Confirmação da eficácia	Validação da abordagem prática
Q5 Pós	Desejo de uso contínuo	100%	Aceitação total do método
Q6 Pós	Aula mais interessante	Quase todos	Potencial lúdico da tecnologia
Q7 Pós	Recomendação	Quase todos	Validação social da estratégia
Q8-10	Questões conceituais	Melhora em todas	Ganho de aprendizagem concreta

**Fonte:** Autora/2025.

A análise dos dados obtidos por meio do questionário aplicado antes e depois da utilização do laboratório virtual de Física (Figuras 14 e 15 e Tabela 1) permite observar mudanças significativas na percepção, compreensão e motivação dos alunos em relação à disciplina, especialmente no que se refere ao conteúdo de eletrostática.

No questionário aplicado antes da intervenção (Q1–Q7), os dados revelam dificuldades marcantes relacionadas à compreensão teórica (Q1) e à falta de familiaridade com atividades experimentais reais (Q5). Isso reforça o argumento de que o ensino de Física nas escolas públicas brasileiras, muitas vezes, ocorre de forma excessivamente teórica e descontextualizada, como apontam Moreira (2011) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco

(2011). A ausência de laboratórios físicos, aliada à escassez de metodologias experimentais, contribui para uma percepção negativa da disciplina, como demonstrado na alta taxa de alunos que consideram a Física difícil (Q6) e na baixa motivação inicial (Q7).

Além disso, a questão Q2 revela que a maioria dos alunos nunca havia utilizado simuladores ou ferramentas digitais voltadas para o ensino de Ciências, o que evidencia uma lacuna no uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) no ambiente escolar. Segundo Valente (1999) e Moran (2007), as TDICs devem ser integradas ao currículo como estratégias de mediação que favorecem o protagonismo discente e promovem uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Após a utilização do laboratório virtual, os resultados apontam uma transformação expressiva. A questão Q1 Pós indica que 100% dos alunos afirmaram ter compreendido melhor o conteúdo por meio da simulação, e a questão Q5 Pós revela o desejo unânime de continuar utilizando esse recurso, o que valida sua eficácia como metodologia alternativa. Como explica Borges (2002), o uso de recursos interativos no ensino de Física tem o potencial de tornar visível o invisível, permitindo que conceitos abstratos, como o campo elétrico e a força eletrostática, possam ser representados visualmente e manipulados em ambientes digitais controlados.

O aumento do interesse pela disciplina (Q3 Pós) e o reconhecimento de que a aula ficou mais interessante com o uso da tecnologia (Q6 Pós) também dialogam com a ideia de que a motivação está diretamente ligada à capacidade do professor de inovar metodologicamente, conforme defendem Kenski (2007) e Demo (2009). As tecnologias, nesse contexto, funcionam como pontes que conectam os estudantes à realidade dos fenômenos físicos, e ao mesmo tempo, respeitam o perfil da chamada “Geração Z”, como discutido por Tapscott (2010).

As questões conceituais (Q8–Q10), analisadas por meio das Figuras 14 e 15, reforçam o ganho de aprendizagem. Os gráficos mostram uma melhora evidente no número de acertos, o que comprova que o uso do laboratório virtual não apenas despertou o interesse, mas também contribuiu para uma compreensão mais profunda dos conceitos centrais de eletrostática. Isso corrobora a ideia de aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003), que ocorre quando o conteúdo é apresentado de forma visual, interativa e relacionada ao conhecimento prévio do aluno.

Portanto, os dados evidenciam que o uso do laboratório virtual se apresenta como uma alternativa eficiente frente aos desafios estruturais e metodológicos enfrentados nas escolas públicas. Ele não apenas supre a ausência de laboratórios físicos, mas também amplia as

possibilidades de ensino por meio de metodologias ativas, visuais e experimentais, essenciais para tornar o ensino de Física mais acessível, atrativo e transformador.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa evidenciou que a utilização de laboratórios virtuais no ensino de Física tem impacto positivo tanto na opinião quanto na aprendizagem conceitual dos estudantes do ensino médio. A análise comparativa entre os dados do pré e pós-teste revelou melhorias significativas em diversos aspectos: aumento da compreensão dos conteúdos, maior interesse e motivação dos alunos, além de um melhor desempenho nas questões conceituais.

A possibilidade de interagir com simulações e visualizar fenômenos abstratos tornou o conteúdo mais acessível, especialmente para alunos que apresentavam dificuldades com abordagens puramente teóricas. A atividade também favoreceu a inclusão daqueles com pouca ou nenhuma experiência prévia em laboratórios físicos, democratizando o acesso à experimentação científica, um direito muitas vezes negado em escolas públicas pela ausência de infraestrutura.

No entanto, é preciso reconhecer que este trabalho também enfrentou limitações. A amostra foi restrita a uma única turma do terceiro ano do ensino médio, o que impossibilita a generalização ampla dos resultados. Além disso, o tempo destinado à aplicação do laboratório virtual foi curto, o que pode ter limitado ainda mais o aprofundamento conceitual dos alunos. Observou-se também que, embora o engajamento tenha aumentado, alguns estudantes demonstraram dificuldades iniciais no manuseio da plataforma digital, um indicativo de que, mesmo pertencendo à chamada "geração digital", nem todos possuem familiaridade com recursos educacionais digitais específicos.

O estudo, portanto, ainda é um trabalho em construção. A aplicação dos laboratórios virtuais não deve ser encarada como solução definitiva, mas como uma importante ferramenta complementar a outras estratégias didáticas. Para ampliar seus efeitos, é essencial que os professores recebam formação adequada sobre como integrar essas tecnologias à prática pedagógica de forma crítica, reflexiva e alinhada às necessidades da sua turma.

A partir desta experiência, novos questionamentos emergem: quais outras áreas da Física podem ser igualmente beneficiadas pelo uso de simulações digitais? Como garantir o acesso a dispositivos e internet para todos os alunos? De que maneira o uso contínuo dessas ferramentas pode transformar a relação dos estudantes com a ciência ao longo do tempo?

Dessa forma, este trabalho abre caminhos para futuras investigações que aprofundem o

papel das tecnologias digitais no ensino de ciências, e reafirma a necessidade de repensar práticas pedagógicas em contextos marcados pela escassez de recursos, mas também repletos de possibilidades criativas e inovadoras.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. R. G. **Educação, cibercultura e tecnologias: práticas interativas e redes colaborativas**. Salvador: EDUFBA, 2014.

ANJOS, T. A. dos. **Partículas elementares**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/particulas-elementares.htm>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ANJOS, I. P. dos. **Física: ensino médio**. São Paulo: FTD, 2010.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2003.

BARBOSA, J. M.; COSTA, A. F.; SOUSA, R. R. O uso de simulações do PhET no ensino de Física: uma proposta de aula investigativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 234–250, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpr.br/rbect>. Acesso em: 13 jun. 2025.

CAIXETA, D. PhET Interactive Simulations: simulações de matemática e ciências interativas gratuitas. **Blog do Daniel Caixeta**, 2021. Disponível em: <https://blog.danielcaixeta.pro.br/2021/07/23/phet-interactive-simulations-simulacoes-de-matematica-e-ciencias-interativas-gratuitas/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 1998.

COLET, D. S.; MOZZATO, A. R. “Nativos digitais”: características atribuídas por gestores à Geração Z. **Desenvolve Revista de Gestão do Unilasalle**, v. 8, n. 2, p. 25-40, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/sysop,+02-5020.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York: Springer Science & Business Media, 1985. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=M3CpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1>

938&dq=Intrinsic+motivation+and+self-determination+in+human+behavior.+New+York:+Springer+Science+%26+Business+Media,+&ots=uooEhP4W19&sig=csvhyRxDplzBTqUnlhJPGX01vWg&redir\_esc=y#v=onepage&q=Intrinsic%20motivation%20and%20self-determination%20in%20human%20behavior.%20New%20York%3A%20Springer%20Science%20%26%20Business%20Media%2C&f=false. Acesso em: 23 jun. 2025.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

FALCHI, L. de F. O.; FORTUNATO, I. Simulador Phet e o ensino da tabuada na educação básica: relato de experiência. **Revista online de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, p. 439–452, 2018. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/rpge/article/view/10672>. Acesso em: 11 jul. 2025.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Pesquisa revela que o Brasil tem 480 milhões de dispositivos digitais em uso, sendo 2,2 por habitante**. Portal FGV, 2023. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/pesquisa-revela-brasil-tem-480-milhoes-dispositivos-digitais-uso-sendo-22-habitante>. Acesso em: 5 jul. 2025.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2011.

GASPAR, A. **Física (vol. 2): Eletromagnetismo**. São Paulo: Ática, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRIFFITHS, D. J. **Introdução à Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

GRIFFITHS, D. J. **Introdução à Física de Partículas**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física. **Cadernos do GREF: eletricidade**. São Paulo: EdUSP, 1996.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física (vol. 10): Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HODSON, D. et al. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational Philosophy and Theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988. Disponível em: <https://www.emsintese.com.br/cursos/wp-content/uploads/2018/08/HODSON-Experimentos-na-ciencia-e-no-ensino-de-ciencias.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012. 141 p.

LACRUZ, M. E. P. A tecnologia na educação: desafios e possibilidades. *In: OLIVEIRA, L. H. L. de; ARAÚJO, U. F. (Org.). Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. São Paulo: Cortez, 2009. p. 135–148.

MAGALHÃES, R. P. de. **O uso dos aplicativos eletricidade, magnetismo e simulado de física no ensino e aprendizagem dos processos de eletrização no 3º ano do ensino médio**. Fortaleza, [CE]: UFC, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39078/7/2018\\_DIS\\_RPMAGALHAES.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39078/7/2018_DIS_RPMAGALHAES.pdf). Acesso em: 25 maio 2025.

MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MELO, L. F.; SOUZA, D. P.; MOURA, A. L. O uso das simulações do PhET no Ensino Médio: possibilidades para o ensino de eletrização. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 3, p. 122–135, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/arev6n3-333.pdf>. Acesso em: <file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/arev6n3-333.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

MELLO, V. L. Eletrização e carga elétrica. *In: Instrumentação para o Ensino de Física 3*. Sergipe, CESAD, 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20Ensino%20de%20F%C3%ADsica%20III%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20Ensino%20de%20F%C3%ADsica%20III%20(1).pdf). Acesso em: 20 maio 2025.

MILLAR, R. Practical Work. *In: OSBORNE, J.; DILLON, J. (Org.). Good Practice in Science Teaching: what research has to say*. Berkshire: Open University Press, 2010. p. 108–134. Disponível em: <https://channayousif.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/06/good-practice-in-science-teaching-what-research-has-to-say.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2025.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, Nova York, v. 108, n. 6, p. 1017–1054, 2006.

MORAN, J. M. Ensinar e aprender com tecnologias. *In*: MORAN, J. Manuel.; MASETTO, Marcos. T.; BEHRENS, Marilda. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 9. ed. Campinas, SP: Papirus, 2000. p. 11–30.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2011.

NASCIMENTO, J. R.; SANTOS, M. F. A utilização do software *Crocodile Physics* no ensino de circuitos elétricos: uma proposta de aula interativa. **Revista Eletrônica de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, p. e20210125, 2019.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. **Aprendendo a Aprender**. São Paulo: Cengage Learning, 1984.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica (vol. 2)**: Eletromagnetismo. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital**: entendendo a primeira geração de nativos digitais. Porto Alegre: Penso, 2011.

PROGRAMME for International Student Assessment (PISA) 2018 Results. Paris: OECD Publishing, 2019.

OLIVEIRA, T. M.; SILVA, C. R. O uso do simulador *Algodo* para o ensino das Leis do Movimento no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 37, n. 2, p. 450–465, 2020.

RAMALHO, F.; FERRARO, J.; ANDRADE, N. **Física**: ensino médio. São Paulo: Moderna, 2009.

SANTANA, A. F. N. **A importância da experimentação para o processo de aprendizagem no ensino de física**. 2021. Orientador: Antonio Santos. 38 f. Monografia (Curso de licenciatura em física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/25297/1/AFNSantana.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

SANTOS, A.; CAMINHA, S.; SILVEIRA, B. A implementação da Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de Física do Instituto Federal do Maranhão: uma proposta de intervenção metodológica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Jessica-%20CCANL/Downloads/4546-Article-27192-1-10-20200709.pdf>.

Acesso em: 9 mar. 2025.

SANTOS, M. S. et al. A importância de práticas experimentais no ensino de Física: um relato sobre atividades realizadas com alunos do ensino médio. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 9., 2023, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Realize, 2023. ISSN 2358-8829. Disponível em: <https://conedu.com.br/artigos2023>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SCHNEIDER, G.; FRANTZ, M.; ALVES, T. Infraestrutura das Escolas Públicas no Brasil: desigualdades e desafios para o financiamento da educação básica. **Revista Educação Básica em Foco**, v. 1, n. 3, p. 1-13, 2020. Disponível em: [https://www.educacaobasicaemfoco.net.br/02/Artigos/Infraestrutura\\_das\\_escolas\\_publicas\\_no\\_brasil\\_SCHNEIDER-Gabriela\\_FRANTZ-Maira-Gallotti\\_ALVES-Thiago.pdf](https://www.educacaobasicaemfoco.net.br/02/Artigos/Infraestrutura_das_escolas_publicas_no_brasil_SCHNEIDER-Gabriela_FRANTZ-Maira-Gallotti_ALVES-Thiago.pdf). Acesso em: 30 mar. 2025.

SÉRÉ, M.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, [S. l.], v. 21, p. 31–43, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9897>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SILVA, M. R.; BORGES, R. R. Laboratórios virtuais como ferramenta didática no ensino de Física: uma análise crítica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 489–512, 2018. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cbpf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SILVA, N. Laboratório Virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1206–1231, dez. 2012.

TAPSCOTT, D. **Geração digital**: a ascensão da geração Net. São Paulo: M. Books, 2010.

TIMÓTEO, D. Práticas Pedagógicas auxiliadas por Laboratório Virtuais no Processo Ensino-Aprendizagem de Física: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, 2022. ISSN 2525-3409. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/261815>. Acesso em: 6 maio 2025.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo, luz.** Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VALENTE, J. A. **O uso do computador na educação.** Campinas, [SP]: UNICAMP/NIED, 1999.

WIENAM, H.; ADAMS, J.; PERKINS, K. **Simulações interativas no Ensino de Ciências.** Colorado: University of Colorado, PhET Project, 2008.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE 1****PRÉ-TESTE****Nome:** \_\_\_\_\_**Data:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_**Turma:** \_\_\_\_\_

1. Você costuma ter dificuldades para compreender os conteúdos de Física apenas com explicações teóricas?

Sim  Não

2. Você já utilizou algum laboratório virtual em aulas de Física?

Sim  Não

3. Você acredita que o uso de recursos digitais (como simulações, vídeos ou laboratórios virtuais) pode facilitar o aprendizado em Física?

Sim  Não

4. Você se sente à vontade para utilizar o computador e a internet como ferramentas de estudo?

Sim  Não

5. Você já participou de experimentos práticos de Física em laboratórios presenciais na escola?

Sim  Não

6. Na sua opinião, a Física é uma disciplina difícil de aprender?

Sim  Não

7. Atualmente, você se sente motivado(a) a aprender Física?

Sim  Não

8. Quando dizemos que um corpo está eletricamente neutro, isso significa que:

Ele não possui elétrons.

- Ele possui o mesmo número de prótons e elétrons.
- Ele é incapaz de interagir com outros corpos eletrizados.

**9.** Assinale a alternativa que apresenta corretamente a interação entre cargas elétricas:

- Cargas de sinais opostos se atraem.
- Cargas de sinais iguais se atraem.
- Cargas neutras repelem todas as outras.

**10.** Um corpo eletrizado negativamente tem:

- Falta de prótons.
- Excesso de elétrons.
- Número igual de elétrons e prótons.

**APÊNDICE 2****PÓS-TESTE****Nome:** \_\_\_\_\_**Data:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_**Turma:** \_\_\_\_\_

1. Você conseguiu entender melhor o conteúdo depois de utilizar o laboratório virtual?  
( ) Sim ( ) Não
  
2. O laboratório virtual ajudou você a visualizar melhor como os fenômenos da Física acontecem?  
( ) Sim ( ) Não
  
3. A atividade com o laboratório virtual aumentou seu interesse por estudar Física?  
( ) Sim ( ) Não
  
4. Você acredita que aprendeu mais com o uso do laboratório virtual do que apenas com a explicação teórica?  
( ) Sim ( ) Não
  
5. Você gostaria de utilizar esse tipo de recurso (laboratório virtual) com mais frequência nas aulas?  
( ) Sim ( ) Não
  
6. Usar o laboratório virtual tornou a aula mais interessante para você?  
( ) Sim ( ) Não
  
7. Você recomendaria esse tipo de atividade para outros colegas?  
( ) Sim ( ) Não
  
8. Quando dizemos que um corpo está eletricamente neutro, isso significa que:  
( ) Ele não possui elétrons.  
( ) Ele possui o mesmo número de prótons e elétrons.  
( ) Ele é incapaz de interagir com outros corpos eletrizados.

**9.** Assinale a alternativa que apresenta corretamente a interação entre cargas elétricas:

- Cargas de sinais opostos se atraem.
- Cargas de sinais iguais se atraem.
- Cargas neutras repelem todas as outras.

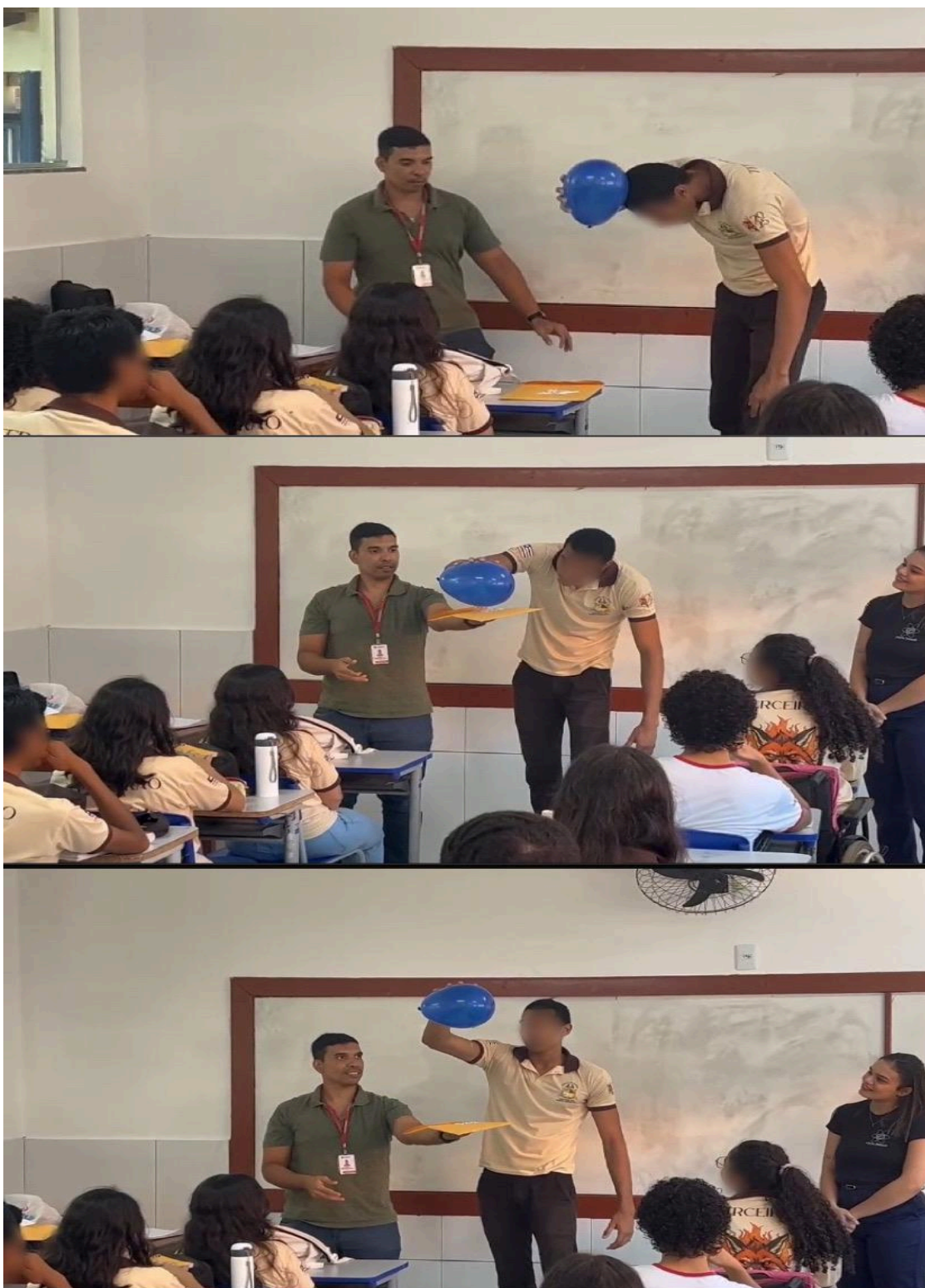
**10.** Um corpo eletrizado negativamente tem:

- Falta de prótons.
- Excesso de elétrons.
- Número igual de elétrons e prótons.

**ANEXOS**

## ANEXO A

Demonstração do mini experimento do balão atritado no cabelo



## ANEXO B

Apresentação do PhET para os alunos, explicação do funcionamento e de como os alunos podem acessar



## ANEXO C

Explicação e demonstração do simulador “Balões e Eletricidade Estática”.

