



Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Abaetetuba
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia
Curso de Licenciatura em Física
Trabalho de Conclusão de Curso

Arisandra Cristina Corrêa Barbosa

Proposta de sequência didática para o ensino de eletrostática na rede regular de ensino

Abaetetuba-PA
Novembro/2024

Arisandra Cristina Corrêa Barbosa

Proposta de sequência didática para o ensino de eletrostática na rede regular de ensino

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal do Pará - Campus Abaetetuba, como requisito para a obtenção do grau de Licenciado pleno em Física, sob a supervisão do Prof. Dr. Elder Augusto Viana Mota.

Abaetetuba/PA

Novembro/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B238p Barbosa, Arisandra Cristina Corrêa.
 Proposta de sequência didática para o ensino de eletrostática na
 rede regular de ensino / Arisandra Cristina Corrêa Barbosa. — 2024.
 50 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Elder Augusto Viana Mota
 Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
 Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Curso de Física,
 Abaetetuba, 2024.

 1. Ensino de Física;. 2. Eletroestática. 3. Sequência
 didática. I. Título.

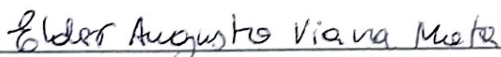
CDD 530.07

Arisandra Cristina Corrêa Barbosa

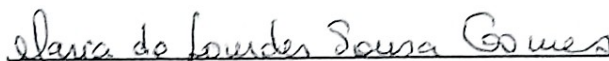
"Proposta de sequência didática para o ensino de eletrostática na rede regular de ensino"

Monografia apresentada ao curso de Física da
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FA-
CET) da Universidade Federal do Pará (UFPA)
- Campus Abaetetuba, como requisito final para
a obtenção do grau de Licenciado em Física.

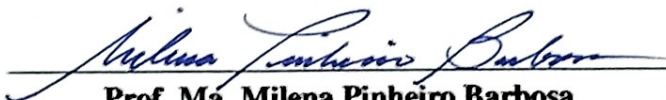
Data de defesa: APROVADO



Prof. Dr. Elder Augusto Viana Mota
(Presidente-Orientador FACET-UFPA-Abaetetuba)



Profa. Dra. Maria de Lourdes Sousa Gomes
(Membro Interno FACET-UFPA-Abaetetuba)



Prof. Ma. Milena Pinheiro Barbosa
(Membro Externo UFPA-Belém)

Dedico à minha família e amigos, em especial ao Maelson, que me incentivou e colaborou de uma forma especial para toda a construção deste trabalho. De certa forma, todos me deram energia para sempre continuar em frente e buscar resultados até o fim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus. Porque sem Deus nada poderia se realizar, e todos os meus esforços teriam sido em vão. Graças a ele ganhei novas forças para sempre alcançar meus objetivos, ser persistente e nunca desistir.

A minha família, que sempre me pergunta como estou, como vão as coisas, e me dão forças infinitas para continuar nesta difícil, mas grande jornada de sucesso e triunfo.

À um grande amigo e parceiro, o professor de física do município de Igarapé-Miri Maelsom da Conceição. Foi a pessoa que sempre me motivou nos meus estudos, e sei que estaria orgulhoso se estivesse aqui comigo.

Estou grato a todos os professores que fizeram parte do meu percurso acadêmico, que de alguma forma me aconselharam e disseram para ir sempre mais longe e dar sempre o meu máximo potencial naquilo que quero alcançar, por mais difícil que seja o caminho.

Meus professores de graduação, especialmente ao meu orientador, Dr. Elder Augusto, que me orientou bem ao longo deste trabalho até que um bom trabalho fosse produzido.

E por último, não posso esquecer dos meus colegas, dos grandes amigos que conheci nesse período da minha vida e de todas as brincadeiras e risadas que tornaram o curso tão divertido.

"Não eduques as crianças nas várias disciplinas recorrendo à força, mas como se fosse um jogo, para que também possas observar melhor qual a disposição natural de cada um."

(Platão)

RESUMO

Em muitos casos, o ensino de Física nas escolas tem desafios a serem enfrentados, carecendo não apenas de aulas expositivas mas também contextualizadas. Deste modo a abordagem com novos aspectos de ensino e novas metodologias vêm sendo implementadas por professores para diversificar o ensino da Física. Este trabalho propõe uma sequência didática com metodologias usuais para escolas de ensino médio, utilizando jogos interativos, experimentos construídos com materiais alternativos e simulações computacionais, todos estes aplicados ao ensino de eletrostática em turmas do terceiro ano do ensino médio. A proposta foi aplicada em três turmas de uma escola da rede regular de ensino do município de Abaetetuba-PA, com o objetivo de ensinar eletrostática e aumentar o engajamento dos alunos, promovendo sua participação ativa no processo de aprendizagem. Com base nos resultados obtidos através de questionários aplicados antes e após a aplicação da sequência didática, observamos que o aprendizado dos alunos melhorou consideravelmente, mostrando que a utilização de diferentes abordagens para um mesmo tópico é fundamental no ensino, pois a implementação destas ações promoveram uma aprendizagem mais eficaz, sendo uma grande alternativa para professores da educação básica, de forma a ajudar na minimização das dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Palavras-Chave: ensino de Física; eletrostática; sequência didática; experimentos com materiais alternativos; simulações computacionais; *gamificação*.

ABSTRACT

In many cases, Physics teaching in schools ends up not meeting the expectations of students, lacking attractive classes and having a very content-based nature, this teaching is often taken out of the context in which it is applied and ends up focusing on memorizing equations. This approach seems somewhat inadequate for this science, since it presents knowledge as absolute and immutable, disregarding the relative nature of facts, and failing to stimulate students' creativity and critical thinking. To address these issues, this monograph proposes an innovative teaching didactic sequence for high schools, using interactive games, handcraft experiments with alternative materials, and computer simulations, all of which are applied to the learning of electrostatics in third-year high school classes. The proposal was applied to three classes of a regular school in the city of Abaetetuba-PA, to teach electrostatics and increase student engagement, promoting their active participation in the learning process. Based on the results obtained through questionnaires applied before and after the application of the didactic sequence, we observed that student learning improved considerably, showing that the use of different approaches to the same topic is fundamental in teaching, as the implementation of these actions promoted more effective learning, being a great alternative for basic education teachers, in the minimization of the students' learning difficulties.

Keywords: Physics teaching; electrostatics; didactic sequence; handcraft experiments; computational simulation; gamification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação da lei de Coulomb.	20
Figura 2 - Definição ilustrativa do potencial elétrico.	20
Figura 3 - Definição ilustrativa da eletrização por contato.	22
Figura 4 - Ilustração de condutores esféricos com o mesmo raio.	22
Figura 5 - Ilustração da eletrização por atrito.	23
Figura 6 - Ilustração do objeto induzido com interação com a Terra	24
Figura 7 - Ilustração da tabela triboelétrica.	25
Figura 8 - Ilustração da eletrização no simulador PhET por atrito utilizando um balão e um casaco de lã.	39
Figura 9 - Gráfico com as porcentagens de acertos e erros obtidas com a aplicação do primeiro questionário. (a) Turma 3A, (b) Turma 3B e (c) Turma 3C.	40
Figura 10 - (a) Dados do questionamento sobre as dúvidas, se essas foram sanadas ao decorrer da aula. (b) Gráfico demonstrativo se o conteúdo estudado foi repassado de forma clara. (c) gráfico demonstrativo a respeito do serviço prestado pela professora.	41
Figura 11 - Tabela de avaliação sobre a aplicação do <i>Quizizz</i>	42
Figura 12 - Gráfico com os dados obtidos do segundo questionário.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
E	Campo elétrico
F	Força Elétrica
K	Permissividade elétrica do vácuo
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
Q, q	Magnitude da carga elétrica
r	Distância de separação entre as cargas
SD	Sequência Didática
V	Potencial Elétrico.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ELETROSTÁTICA	18
3.2	PRINCÍPIOS FÍSICOS ABORDADOS	19
3.2.1	Lei de Coulomb	19
3.2.2	Potencial Elétrico	20
3.2.3	Processos de Eletrização	21
3.2.3.1	Eletrização por Contato	22
3.2.3.2	Eletrização por Atrito	23
3.2.3.3	Eletrização por Indução	24
3.2.3.4	Série Triboelétrica	25
3.3	O ENSINO DE FÍSICA	26
3.3.1	Metodologias ativas	29
3.3.2	Utilização de simulações computacionais como estratégia pedagógica	31
3.3.3	A utilização de experimentos de custo reduzido	32
3.3.4	Gamificação como uma metodologia em sala de aula	33
3.3.5	As Sequências Didáticas na Educação	34
3.4	PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA	35
3.4.1	Aplicação do primeiro questionário	35
3.4.2	Apresentação do conteúdo através de aula expositiva (slides)	36
3.4.3	Aplicação de experimento construído com Materiais Alternativos	37
3.4.4	Aplicação de simulações computacionais (PhET)	39
4	RESULTADOS	40
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	45
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO 1	47
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO 2	48
	ANEXO C – QUESTIONÁRIO SOBRE A SEQUÊNCIA	49

1 INTRODUÇÃO

A educação desempenha um papel essencial no progresso de uma sociedade, no Ensino de Física geralmente está pautado pela transmissão expositiva do conhecimento, sem tantos experimentos, com poucas demonstrações de como os fenômenos acontecem. O sucesso do ensino de Física no ensino médio está intimamente relacionado à qualidade dos métodos de ensino utilizados ao traçar metodologias que envolvem os estudantes de forma eficiente e motivadora. Estudos direcionados ao uso da tecnologia como recurso de aprendizagem são comumente discutidos em publicações acadêmicas e eventos especializados no campo do ensino de ciências e física, como a revista *Journal of Research in Science Teaching* (Revista de Investigação em Ensino das Ciências) e a conferência *Physics Education Research Conference* (Conferência de Investigação em Ensino de Física). Adicionalmente, organizações como a *American Association of Physics Teachers* (Associação Americana de Professores de Física) e a *European Physical Society* (Sociedade Europeia de Física) rotineiramente divulgam estudos e textos sobre novidades na área do ensino da física, que tem com o objetivo de fortalecer, por exemplo, Tecnologia como recurso de aprendizagem no ensino de Física : eletrostática, trabalho escrito por UA Soares enfatizando os desafios enfrentados no ensino-aprendizagem dessa disciplina e meios para instigar, incentivar e inovar o ensino para os alunos de Física.

Essas pesquisas voltadas para o Ensino da Física, tem como propósito sintetizar o conhecimento acerca desse assunto. Muitos destes problemas são atribuídos à metodologia em sala de aula, conforme apontado por Moreira (2020, p. 1). Ele destaca que vivemos em uma cultura educacional voltada para a avaliação, internacionalmente conhecida como "*teaching for testing*" (ensinar para testar). Nesse contexto, as escolas frequentemente atuam mais como centros de treinamento do que como instituições educacionais.

Nesse sentido, dedicar uma atenção especial ao ensino de Física, especialmente o da Eletrostática, é extremamente relevante, uma vez que essa área do conhecimento desempenha um papel fundamental para o estudo da física e da engenharia elétrica. Os avanços neste campo podem levar a novas tecnologias e soluções inovadoras para problemas complexos. Além de compreender os princípios da eletrostática é essencial para a formação de engenheiros, técnicos e cientistas para capacitá-los a atuar em diferentes áreas industriais e técnicas, entender a eletricidade estática não só ajuda a melhorar a segurança e a eficiência em ambientes industriais e técnicos, mas também pode melhorar o bem-estar e o conforto diário das pessoas.

Em sala de aula, muitas das vezes os professores apresentam ideias teóricas usando quadros brancos, slides e livros didáticos. Há um foco maior em exercícios e resolução de problemas

para aplicar os conceitos aprendidos. Desta forma, o aprendizado fica abstrato pois há uma concentração excessiva em teoria, fórmulas e definições sem conexão com a vida real. Portanto, muitos alunos têm dificuldade em entender o papel da eletrostática no cotidiano, a aprendizagem deles acaba por ser superficial, mantendo-se na memorização de fórmulas e conceitos. Os alunos podem recitar explicações, mas raramente conseguem aplicar as ideias a situações reais ou resolver problemas com sucesso.

Na maioria dos casos, os alunos no Brasil têm laboratórios, mas com recursos insuficientes para realizar experimentos práticos. A eletrostática é uma área da física que usa muitos exemplos visuais e experiências práticas para explicar conceitos. Sem a execução de experimentos práticos, os estudantes perdem a chance de desenvolver habilidades científicas essenciais, como a capacidade de observação, o método experimental e a habilidade crítica de análise. Muitos dos materiais educativos utilizados são precários e não acompanham as mais recentes inovações tecnológicas e pedagógicas que podem enriquecer o ensino da eletrostática. A limitação no uso de recursos tecnológicos e digitais, como simulações interativas, vídeos explicativos e apps educacionais, impede que os alunos visualizem conceitos abstratos de forma mais clara e atraente. Revendo a abordagem do ensino da eletrostática, é viável promover um aprendizado mais eficiente, significativo e atrativo para os estudantes brasileiros.

Através desses estudos da eletrostática e sua aplicação no ensino médio levantam questões sobre como abordar o desenvolvimento desse tema ao longo do tempo e como implementar seu ensino de forma prática. O uso de experimentos com materiais acessíveis, como balões e tecidos, é sugerido para demonstrar fenômenos eletrostáticos por meio de prática e acessível, facilitando o aprendizado. Para promover um ensino simples e dinâmico, os professores devem inovar e estimular os alunos a formular hipóteses e realizar experimentos, criando um ambiente interativo e dinâmico. A formação continuada dos professores é essencial para desenvolver métodos para incentivar o aprendizado ativo. Essa abordagem pedagógica prática e cuidadosa, segundo o pensamento de Sêneca (4 a.C.-65 d.C), visa proporcionar um ensino detalhado e influente na vida dos alunos, conectando o conhecimento da eletrostática ao cotidiano e destacando suas contribuições para a sociedade. Trabalhar o ensino da física requer grande atenção do professor, devido às grandes dificuldades dos alunos ou o ambiente escolar no qual este esteja inserido, porém não deve ser um motivo de empecilho para desempenhar uma docência capaz de fazer com que o aluno consiga vislumbrar as aplicações no cotidiano. Segundo Carvalho (2010) “[...] Tradicionalmente, o ensino de Física é voltado para o acúmulo de informações e o desenvolvimento de habilidades estritamente operacionais, em que, muitas vezes, o formalismo matemático e outros modos simbólicos (como gráficos, diagramas e

tabelas) carecem de contextualização”. (CARVALHO, 2010, p.57) na área da física esse ensino que abrange os aspectos para identificar as perspectivas do cotidiano, ainda se encontra desfasado.

A história da Física tem grande potencial educativo, mas a sua integração no ensino enfrenta desafios como a falta de compreensão, de conteúdo e a dificuldade de combinar a história com o pensamento científico moderno. Os alunos podem ter dificuldade em compreender o desenvolvimento histórico da ciência na época, e a aplicação de conceitos atuais a descobertas posteriores pode levar a interpretações distorcidas. No entanto, compreender como os contextos culturais e sociais influenciam a Física e a ciência que ela descobre pode ser uma tarefa difícil para os estudantes. Muitas descobertas históricas foram feitas sem a tecnologia avançada de hoje e compreender as restrições experimentais e técnicas enfrentadas pelos cientistas históricos é fundamental para avaliar os seus métodos e resultados. Fica evidente que existem barreiras que podem inviabilizar o sucesso desta aproximação, impedindo que ela cumpra efetivamente o seu papel frente ao ensino de Física.

Na exposição anterior, destacamos o obstáculo referente à falta de compreensão do material histórico para o processo educacional. Entendemos que esse é um problema bem caracterizado na literatura específica da área de Física e que precisa ser enfrentado, é preciso pensar na acessibilidade desse material para professores e alunos. Diante disso é possível levantar as seguintes questões: Quais elementos podem ser inseridos em uma tradução de fonte primária a fim de ampliar o seu acesso para professores e alunos? Como tais elementos podem ampliar o acesso às traduções de fontes primárias?

A inclusão de traduções de conceitos básicos em livros didáticos, acompanhadas de comentários, imagens, conceitos experimentais de fácil compreensão e dados biográficos e históricos, pode potencializar a aquisição de conhecimento científico. Porém, ao oferecer a Física como disciplina técnica especializada, isso pode reforçar a visão dos alunos de que a Física não é relevante para a vida cotidiana, levando ao desinteresse pela área. Esta abordagem unilateral pode levar a uma representação incorreta do trabalho da Física na sociedade, criando a impressão de que a disciplina é repugnante, especialmente quando são enfatizados os efeitos da atividade física (como a radiação).

É deplorável quando se escuta a expressão "detesto física", e ainda mais melancólico é recordar que essa disciplina reúne todos os atributos para figurar entre as mais apreciadas, dado seu caráter experimental e cotidiano. Contudo, escassos são os estudantes que efetivamente se apropriam desse conhecimento. Tal constatação é corroborada pelos elevados índices de reprovação, evidenciando um patamar reduzido de assimilação.

Muitos alunos não tiveram uma boa base no ensino fundamental e já chegam ao ensino médio com muitas dificuldades, principalmente na parte do cálculo. E se esses alunos têm uma aula de física focada na parte matemática onde o professor enfatiza muito a resolução de problemas, que muitas vezes estão fora do contexto de vida desses alunos, estes, sentirão uma antipatia pela disciplina de física, podem acabar por perder o interesse pela matéria, e isso certamente contribuirá de forma negativa em seu desempenho escolar (MORAES 2009, p. 1).

A aversão muitas vezes manifestada pelos estudantes pode ser atribuída, em parte, à abordagem tradicional de ensino, que frequentemente falta de atualização pedagógica a aplicação prática dos conceitos físicos e não estabelece conexões claras com o mundo real. É crucial reconhecer que a Física permeia inúmeras atividades do dia a dia e está intrinsecamente ligada a descobertas e inovações que moldam nosso cotidiano.

Assim, torna-se imperativo repensar as práticas pedagógicas, adotando estratégias que destaquem a relevância e a aplicação da Física no contexto real, incentivando a participação ativa dos alunos em experiências práticas e projetos relacionados à disciplina. Ao proporcionar uma abordagem mais contextualizada e envolvente, é possível despertar o interesse dos estudantes, desconstruir estigmas negativos associados à Física e, conseqüentemente, elevar os índices de aproveitamento acadêmico.

Assim, diante desse desafio significativo, urge repensar as estratégias pedagógicas para promover uma abordagem mais participativa e envolvente no processo educacional. A implementação de atividades que proporcionem uma efetiva interação dos alunos com os conteúdos, permitindo que eles se envolvam de maneira prática e expressiva, é fundamental. Essa abordagem não apenas fortalece a compreensão dos fenômenos físicos, mas também instiga o interesse intrínseco dos estudantes pela disciplina.

No entanto, para efetivar tal transformação, é necessário considerar não apenas a dinâmica das atividades, mas também a reconfiguração do currículo, de modo a alinhar os conteúdos com a realidade e vivências cotidianas dos alunos. A Física, quando apresentada de forma contextualizada, torna-se mais acessível e relevante, propiciando uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

Nesse sentido, a colaboração entre educadores, gestores e demais agentes do sistema educacional é imprescindível. Investimentos em formação continuada para os professores, disponibilidade de recursos adequados e a promoção de um ambiente estimulante são elementos chave para superar esse desafio. Ao adotar uma abordagem mais ativa e integrada, é possível cultivar não apenas o interesse dos alunos pela Física, mas também fomentar uma compreensão

profunda e duradoura dos princípios científicos que permeiam o mundo ao nosso redor. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Nesse contexto, a adaptação e criatividade dos educadores tornam-se essenciais para contornar as limitações infraestruturais e proporcionar experiências significativas aos estudantes. A utilização de materiais alternativos não apenas viabiliza a realização de experimentos, mas também democratiza o acesso às práticas experimentais, possibilitando que escolas com recursos mais limitados ofereçam uma educação mais rica e prática.

É importante ressaltar que essa abordagem não apenas supera obstáculos logísticos, mas também promove a inovação pedagógica, estimulando o desenvolvimento de estratégias criativas para a apresentação dos conceitos científicos. Além disso, ao introduzir a experimentação com recursos acessíveis, os docentes fomentam a autonomia dos alunos, incentivando-os a explorar e compreender os fenômenos físicos por meio de atividades práticas, mesmo em ambientes com recursos limitados.

Assim, a superação das barreiras infra estruturais por meio da adaptação e utilização de materiais de baixo custo não apenas viabiliza o ensino experimental, mas também ressalta a importância da criatividade e inovação no campo educacional, contribuindo para uma educação científica mais inclusiva e acessível, “a experimentação utilizando materiais de baixo custo dá ao professor liberdade para realizar experimentos sem a dependência de infraestrutura e de equipamentos usualmente disponíveis em escolas públicas.”(NOGUEIRA; HERNANDES, 2021, p. 2).

Os avanços da tecnologia têm um grande impacto na educação, mudando as estratégias de ensino e a relação entre professores e alunos. O uso de ferramentas multimídia como apresentações digitais, simulações e vídeos interativos, cria novas formas de comunicar conhecimento, tornando os conceitos científicos acessíveis e envolventes. Essas ferramentas não só são de fácil compreensão, mas também incentivam uma maior participação dos alunos, mantêm o aprendizado atualizado e atendem às demandas da sociedade digital.

Conforme ressaltado por Souza e Oliveira (2020), há a necessidade da formação tecnológica de educadores, para que sejam incorporadas em suas práticas pedagógicas, haja visto, que o advento tecnológico não apenas redefine a forma como os educadores abordam o conteúdo, mas também influencia as interações sociais, os métodos de trabalho e, consequentemente, os processos de aprendizagem. A integração efetiva dessas tecnologias no ambiente educacional representa uma ferramenta poderosa para potencializar o ensino de Física, proporcionando uma experiência mais dinâmica e alinhada com as expectativas da geração digital.

2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma Sequência Didática (SD) voltada ao ensino de eletrostática no Ensino Médio, que possa ampliar o acesso de professores e alunos a trabalhos e aulas dinâmicas, incorporando abordagens inovadoras e metodologias que sejam passíveis de implementação no contexto do ensino de Física.

Desta forma, combinando os avanços contínuos na prática educacional e incorporando as contribuições das tecnologias modernas, este trabalho visa não apenas enriquecer o ensino de Física, mas também proporcionar uma experiência de aprendizagem mais eficiente e alinhada às necessidades contemporâneas. Entretanto, para alcançar esse objetivo, foram necessários alguns “passos intermediários”, que estão sintetizados nos seguintes objetivos específicos: Analisar a literatura acadêmica relacionada ao ensino da eletrostática e ao uso de experimentos de baixo custo como estratégia pedagógica; Desenvolver experimentos com materiais alternativos relacionados à eletrostática, Empregar uma simulação computacional como recurso adicional ao professor, Contribuir para a discussão e o desenvolvimento de estratégias inovadoras de ensino de Física no contexto do "Novo Ensino Médio", Desenvolver uma perspectiva inovadora com experiência de aprendizado lúdica e dinâmica na disciplina de Física no Ensino Médio.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A física da eletricidade estática investiga os fenômenos ligados às cargas elétricas em repouso. O objetivo desse estudo é explorar os princípios básicos dessa área por meio de experimentos práticos, os quais exemplificam conceitos como eletrização por atrito, condução, indução, e a aplicação da Lei de Coulomb. A abordagem adotada consiste em utilizar materiais simples e de fácil acesso para simplificar a reprodução dos experimentos e a compreensão dos fenômenos eletrostáticos. Este estudo emprega uma metodologia baseada em experimentos feitos em laboratório para ilustrar os conceitos essenciais da eletricidade estática. Cada experimento é desenhado para isolar e analisar um aspecto particular do comportamento das cargas elétricas. Os materiais escolhidos para os experimentos de eletricidade estática são selecionados por sua capacidade de evidenciar os fenômenos eletrostáticos de forma evidente e reprodutível.

3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ELETROSTÁTICA

Os fenômenos naturais observados através da eletrostática sempre despertaram a curiosidade humana, como evidenciado por provérbios populares que tentam explicar a certa “magia” que ocorre quando objetos atritados, pois não entendiam o conceito científico moderno sobre a eletricidade e os princípios subjacentes à eletricidade estática para atrair outros objetos ou algo consistente com essa atração. Essas reflexões tiveram início com o filósofo Tales de Mileto (624 aC - 558 aC) na Grécia antiga. Ele concluiu que alguns materiais possuem propriedades semelhantes ao “*âmbar*”. O *âmbar* surge da resina fossilizada proveniente da seiva de árvores antigas, especialmente das coníferas, que, ao longo de milhões de anos, se solidificou e tornou-se fóssil, designado como “*elektron*” na língua grega antiga, despertava grande interesse devido às suas propriedades singulares. Ao ser friccionado com um pano ou pele, o *âmbar* desenvolve a habilidade de atrair objetos leves, como penas e palhas.

No final do século XVI, os avanços nas ciências naturais impulsionaram o estudo sistemático dos fenômenos da eletricidade e do magnetismo. O médico inglês William Gilbert (1544-1603) é considerado um pioneiro no estudo da eletricidade e do magnetismo, com destaque para sua obra *De Magnete* (1600). Gilbert conduziu experimentos com ímãs, definindo pólos magnéticos e observando as forças atrativas e repulsivas entre os pólos, que é o conceito de eletricidade estática. Ele introduziu o termo “eletricidade” e estudou cargas triboelétricas em materiais como o *âmbar*, definindo propriedades elétricas. No século XVIII, Charles Du Fay (1698-1739) aprofundou suas pesquisas sobre eletricidade e descobriu a existência de dois tipos de cargas, denominadas “*vitreous*” (vidro) e “*resinous*”, hoje conhecidas como positivas e negativas. Du Fay observou que cargas de átomos diferentes se atraem e cargas do mesmo átomo se repelem, lançando as bases para o conceito de cargas opostas e contribuindo para o desenvolvimento da eletrônica. Sua descoberta foi importante para a classificação e compreensão inicial da eletricidade.

Diante desses pontos cruciais, Benjamin Franklin (1706-1790), um físico e estadista americano, compreendeu que a eletricidade era um fluido único, o qual deveria estar presente em toda matéria. Ele constatou que, se um determinado material tivesse um excesso de carga, este estaria carregado positivamente; caso contrário, se houvesse falta de carga, o material estaria negativamente carregado. Identificando dois tipos de Cargas Elétricas, no qual criou a convenção de que uma carga que atrai uma carga negativa, essa por sua vez é uma carga que faz o oposto a chamamos de “positiva”. Esses conceitos são utilizados até hoje, sendo uma das principais contribuições para o conceito da Cargas Elétricas, pois todos os corpos são formados

por cargas elétricas, contudo em sua maioria estão eletricamente neutros, ou seja, possuem a mesma quantidade de prótons e elétrons.

Franklin introduziu a distinção entre condutores e isolantes. Ele descobriu que existem materiais que permitem a “passagem” de eletricidade (condutores) e materiais que dificultam a transferência de eletricidade (isolantes). Ele também cunhou os termos “positivo” e “negativo” para descrever a eletricidade transportada por esses materiais, no qual o atrito entre corpos gera o “fluido elétrico” que passa de um corpo para o outro. Embora Franklin não tenha formulado a lei da conservação das cargas em termos matemáticos, as suas observações e experiências contribuíram para a compreensão de que as cargas não são criadas nem destruídas, mas apenas transferidas de um para outro. Essa ideia é a base da teoria elétrica moderna, que foi fundamental para o desenvolvimento da eletrostática, e para aplicações práticas, deixando um impacto duradouro na ciência e na tecnologia.

3.2 PRINCÍPIOS FÍSICOS ABORDADOS

3.2.1 Lei de Coulomb

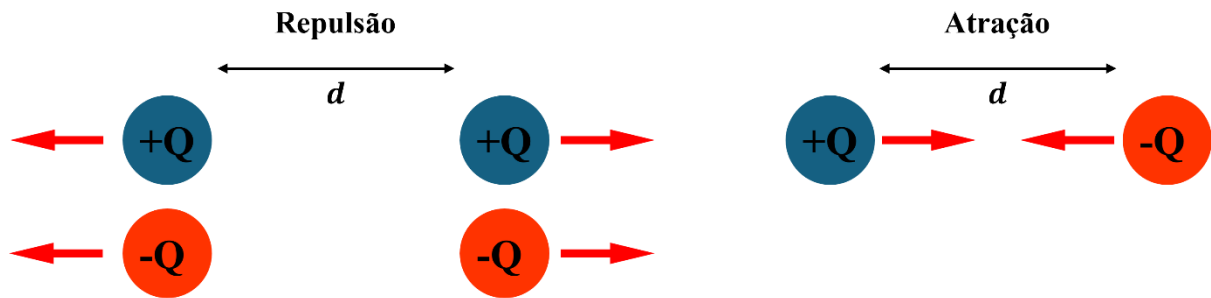
O período em que Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806) viveu foi de intensa investigação científica no campo da eletricidade. Diversas experiências com eletricidade já haviam sido conduzidas por estudiosos anteriores, mas Coulomb elevou todos os conhecimentos sobre a teoria da eletricidade a um novo patamar. Ele deu início a seus experimentos em meados da década de 1770, fazendo observações sobre a força entre cargas elétricas. Coulomb também usou um dispositivo conhecido como "balança de torção" para medir a força de repulsão ou atração entre pequenas esferas carregadas eletricamente.

A força eletrostática entre duas cargas elétricas puntiformes é descrita pela Lei de Coulomb. Ela foi desenvolvida por Charles-Augustin de Coulomb em 1785 e é uma parte essencial da compreensão da eletrostática. A equação a seguir representa a lei: Essa força é descrita por coulomb está representada abaixo:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

- F: A força elétrica por duas cargas (medida em Newtons, N);
- k: A constante eletrostática, que no vácuo vale aproximadamente $8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$;
- q_1 e q_2 : As magnitudes das cargas elétricas (medidas em Coulombs, C);
- r: A distância entre as cargas (medida em metros, m);

Figura 1 - Representação da lei de Coulomb.



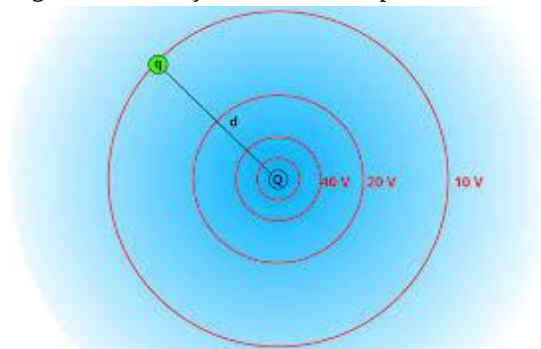
Fonte: Elaborado pelo autora.

A lei de Coulomb forneceu a base para a compreensão e descrição matemática das interações elétricas e serviu de base para o desenvolvimento subsequente da teoria eletromagnética. Suas contribuições são atemporais e influenciaram não apenas a física, mas também a engenharia e a ciência aplicada. Seu legado continua vivo em nossa compreensão moderna dos princípios fundamentais que regem o comportamento de cargas elétricas e forças eletrostáticas.

3.2.2 Potencial Elétrico

O potencial elétrico é um conceito fundamental em eletrostática que descreve o potencial de uma carga unitária em um ponto específico do espaço devido a um campo elétrico. Este conceito ajuda a compreender como a energia é armazenada e transferida em sistemas de carga elétrica. Além disso, a presença de cargas num campo confere ao sistema a capacidade de realizar trabalho, que nada mais é do que a capacidade de transformar a energia elétrica armazenada pelo campo em energia elétrica, por exemplo.

Figura 2 - Definição ilustrativa do potencial elétrico.



Fonte: <https://s3.static.brasilestola.uol.com.br/be/2020/03/potencial.jpg>.

O campo elétrico $\vec{E}$ é uma região no espaço na qual definimos como a força elétrica $\vec{F}$ que uma carga de teste positiva q é submetida por uma unidade de carga

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

A relação entre o campo elétrico e o potencial elétrico pode ser expressa através do gradiente do potencial elétrico. O campo elétrico é o gradiente negativo do potencial elétrico:

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (3)$$

Isso indica que o campo elétrico aponta na direção em que o potencial elétrico diminui mais rapidamente e que sua magnitude é proporcional à taxa de variação desse potencial elétrico.

O potencial elétrico e o campo elétrico são ferramentas complementares no estudo da eletrostática que descrevem várias situações que envolvem as interações entre duas cargas elétricas. O potencial elétrico mostra a energia potencial associada a uma carga em um campo elétrico em escala, enquanto o campo elétrico mostra as forças atuantes em vetores. Resolver problemas e entender fenômenos eletrostáticos dependem de entender como esses conceitos se relacionam.

3.2.3 Processos de Eletrização

O termo eletrização refere-se aos processos pelos quais um objeto ganha ou perde cargas elétricas, alterando seu estado elétrico. Este processo ocorre devido à transferência de elétrons entre objetos. A matéria é constituída por átomos, que são compostos por partículas subatômicas como prótons, nêutrons e elétrons. Geralmente possuem uma carga elétrica neutra, número de prótons é igual ao número de elétrons. Para modificar essa condição, ou seja, para eletrizar um corpo, é necessário realizar um trabalho específico ou aplicar esforço. Nesse contexto, quando provocamos o desequilíbrio do número de prótons e elétrons, dizemos que o corpo está eletrizado ou carregado eletricamente. Em certas condições, átomos podem perder ou ganhar elétrons, tornando-se íons.

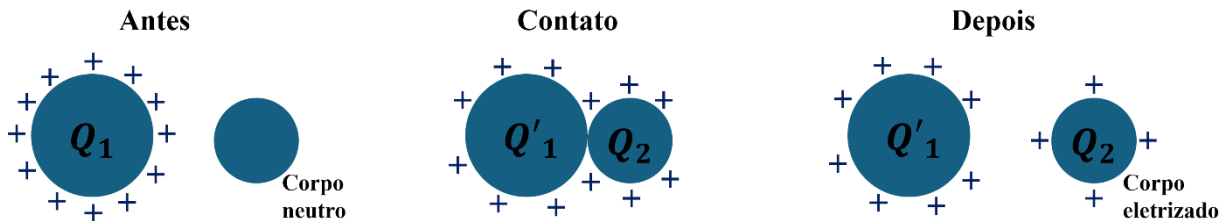
Para eletrizar um objeto, é necessário realizar a remoção ou adição de elétrons nesse objeto. Experimentalmente, observe-se que os elétrons presentes nas camadas externas de certos átomos podem ser facilmente deslocados de suas posições e transferidos para outros átomos. A facilidade ou dificuldade desse deslocamento de elétrons dentro de um material, determina se esse material atua como condutor de eletricidade ou isolante. As principais maneiras do processo de eletrização por contato, atrito e indução.

3.2.3.1 Eletrização por contato

A eletrização de contato é o processo pelo qual um objeto adquire carga quando entra em contato com outro objeto já carregado. Este fenômeno é uma das formas pelas quais os objetos são carregados.

Ao colocar dois condutores em contato, um eletrizado (A) e outro inicialmente neutro (B)

Figura 3 - definição ilustrativa da eletrização por contato.



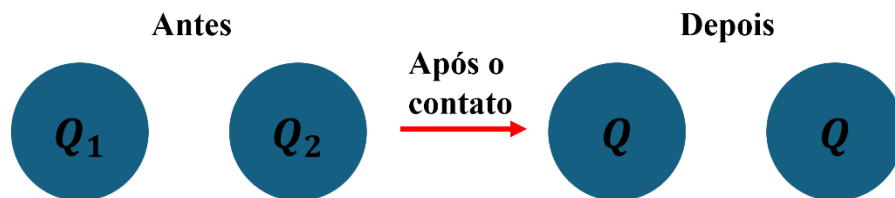
Fonte: Elaborado pela autora.

É possível observar que o condutor B adquire uma carga elétrica com o mesmo sinal que o condutor A. Isso ocorre de acordo com o princípio da conservação das cargas elétricas:

$$Q_A + Q_B = Q'_A + Q'_B \quad (4)$$

Vale ressaltar que existe uma situação específica que é notável, que ocorre quando os condutores são esféricos e têm o mesmo raio.

Figura 4 - Ilustração de condutores esféricos com o mesmo raio.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse cenário, o excesso de carga elétrica é distribuído de maneira uniforme pelas duas superfícies esféricas.

$$Q'_A = Q'_B = Q = \frac{Q_A + Q_B}{2} \quad (5)$$

É crucial sempre respeitar o princípio da conservação das cargas elétricas, o que significa que a quantidade de cargas no final deve ser igual à quantidade no início.

A quantidade de carga transferida depende da capacidade do objeto de reter carga (capacitância). Esse processo ocorre naturalmente nos condutores, pois permitem a livre circulação dos elétrons. Nos isoladores, os elétrons não se movem livremente e a eletrização por contato não funciona bem.

Esse fenômeno se baseia na transferência de elétrons entre objetos em contato, fazendo com que a carga seja redistribuída até que o equilíbrio seja alcançado. Este processo tem aplicações práticas em várias áreas da ciência e tecnologia, portanto compreender seus princípios é crucial para a pesquisa da eletrostática.

O princípio por trás da eletrização por contato, as cargas nos corpos interagem segundo a Lei de Coulomb a repulsão entre cargas do mesmo sinal e a atração entre cargas de sinais opostos controlam o movimento dos elétrons. Quando dois objetos com cargas diferentes entram em contato, os elétrons se movem do objeto com carga negativa para o objeto com carga positiva, na tentativa de minimizar a força eletrostática total entre eles e alcançar o equilíbrio potencial.

3.2.3.2 Eletrização por atrito

Quando dois corpos de naturezas diferentes entram em contato e ocorre atrito entre eles, pode ocorrer uma transferência de elétrons de um corpo para o outro. Conforme um corpo perde elétrons, ele passa a apresentar um excesso de cargas elementares positivas, equivalente à quantidade de elétrons perdidos, enquanto o outro corpo recebe elétrons e adquire um excesso de cargas elementares negativas. Podemos dividir o processo em 3 partes:

Fricção: Quando dois objetos diferentes (A e B) se esfregam, ocorre a transferência de elétrons;

Transferência de elétrons: Um objeto com maior tendência a perder elétrons (menor afinidade eletrônica) doa elétrons para outro objeto com maior tendência a ganhar elétrons (maior afinidade eletrônica);

As cargas resultantes: Um objeto que perde elétrons fica com carga positiva e um objeto que ganha elétrons fica com carga negativa;

Figura 5 - Ilustração da eletrização por atrito.



Fonte: Elaborado pelo autor

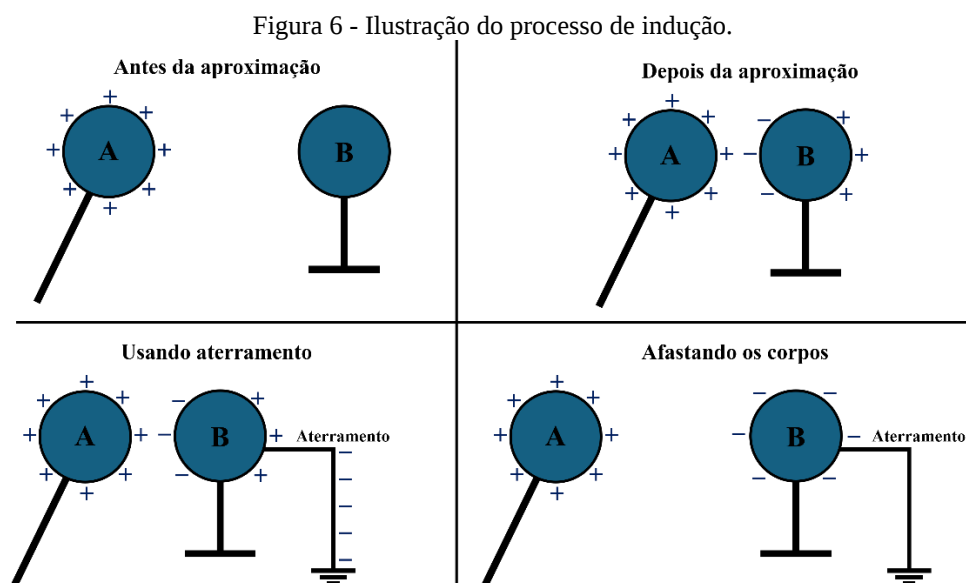
O exemplo de bastão de vidro e pano de seda, quando um pano de seda é esfregado no bastão de vidro, o vidro perde elétrons e fica carregado positivamente, enquanto a seda é carregada negativamente.

O princípio da eletrização por atrito, segundo a lei de Coulomb, pode ser usado para explicar o comportamento das cargas elétricas após o carregamento triboelétrico. Embora a triboeletricidade envolva uma transferência inicial de elétrons devido à afinidade eletrônica do material, a distribuição e interação das cargas resultantes podem ser descritas pela lei de Coulomb. Durante o atrito, os elétrons são transferidos de um material para outro com base na afinidade eletrônica do material. Os materiais que perderam elétrons têm carga positiva e os materiais que ganharam elétrons têm carga negativa.

A eletrização por atrito envolve a transferência de elétrons entre materiais diferentes devido à afinidade eletrônica. A interação das cargas resultantes segue os princípios da lei de Coulomb, onde as forças entre as cargas dependem diretamente da magnitude das cargas e inversamente do quadrado da distância entre elas. Isso explica como as cargas se distribuem e interagem após o processo de eletrização por atrito.

3.2.3.3 Eletrização por indução

Nesse processo, utilizaremos dois objetos condutores, identificados como (A) e (B), que podem ser, por exemplo, duas esferas de cobre. Um deles, o objeto (A), eletrizado, enquanto o outro, o objeto (B), inicialmente neutro. Suponhamos, como exemplo, que o objeto (A) esteja eletrizado com carga negativa, no qual chamamos a ele como o "indutor". O processo de eletrização se dará da seguinte forma:



Fonte: Elaborado pela autora.

a) Quando os objetos (A) e (B) estão inicialmente afastados do outro, observamos:

Indutor

Induzido

- b) Quando o indutor se aproxima do objeto induzido, ocorre a polarização por indução.
- c) Se conectarmos o objeto induzido (B) à Terra, notamos um fluxo de elétrons saindo de (B) em direção à Terra.
- d) Em seguida, na presença do indutor, desfazemos a conexão com a Terra.
- e) Agora, ao removermos o indutor, as cargas presentes no objeto induzido se distribuem de maneira uniforme pela sua superfície.

A eletrização por indução pode ser compreendida através do processo em que a redistribuição de cargas dentro de um objeto neutro é realizada pelas forças elétricas expostas pela Lei de Coulomb, a qual determina como as cargas são distribuídas no objeto neutro, resultando na separação de cargas observada.

3.2.3.4 Série triboelétrica

A série triboelétrica é essencial para entender a triboeletrificação, que é a base de muitos dispositivos eletrostáticos, como geradores eletrostáticos e máquinas Van de Graff. As origens históricas das séries triboelétricas remontam a civilizações antigas e às suas primeiras observações da eletrostática, portanto, esta é uma das primeiras tentativas de compilar uma lista de materiais.

Figura 7 - Ilustração da tabela triboelétrica.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto maior a posição na série, maior a tendência de perder elétrons e ganhar carga positiva. Quanto maior a diferença na cadeia triboelétrica entre os materiais em atrito, maior será a geração de eletricidade estática. Um material que apresenta um desequilíbrio de cargas elétricas em seu interior ou em sua superfície pode gerar eletricidade estática. Por outro lado, existem certos materiais, como o aço e o algodão que não trocam cargas elétricas quando atritados com outros da série triboelétrica, mantendo assim sua neutralidade.

3.3 O ENSINO DE FÍSICA

O processo de ensino-aprendizagem em Física começa, em qualquer situação, com reflexões que fundamentam a tomada de decisões cruciais: o que ensinar, como ensinar e por que ensinar. Segundo Moreira (2020), “os alunos não aprendem Física de forma significativa; eles memorizam fórmulas, definições e respostas corretas, apenas para reproduzi-las em provas e rapidamente esquecê-las”.

Esse método tornou-se dependente do livro, negligenciando a componente prática, especialmente a parte laboratorial, que envolve a realização de experimentos para conectar os aspectos teóricos e práticos. Dessa forma, os alunos tinham uma visão limitada dos fenômenos, ficando restritos ao conhecimento teórico estabelecido.

Quando decidimos sobre o conteúdo a ser ministrado, é essencial termos em mente que precisamos seguir uma diretriz principal: quais temas devemos abordar e como estes devem estar sempre relacionados à realidade dos alunos e priorizar a preparação para a vida, incluindo a vida acadêmica, mas não se limitando a ela. O objetivo do professor não é apenas garantir a aprovação dos estudantes ou sucesso em exames vestibulares, mas proporcionar aprendizados que sejam instrumentos de cidadania e competência social.

Ao introduzirmos as atividades experimentais em sala de aula podem promover uma abordagem mais dinâmica no ensino de Física. Os alunos demonstram maior interesse e participação, uma vez que muitos experimentos despertam sua curiosidade. Assuntos que anteriormente pareciam desinteressantes e desconexos agora tornam-se mais tangíveis e até mesmo lúdicos. Desenvolver atividades experimentais no ensino de Física é de fundamental importância, tanto para auxiliar o professor no desenvolvimento da aula, quanto para auxiliar o aluno no processo de ensino e aprendizagem de Física. (DO NASCIMENTO et al., [s.d.], p.8)

No entanto, a implementação eficaz do ensino de Física enfrenta obstáculos que vão desde a complexidade inerente aos conceitos de Física até às limitações estruturais do sistema educativo. A abstração e a matemática frequentemente encontradas em tópicos de Física podem

alienar alguns alunos e tornar o processo de aprendizagem desafiador. Além disso, a falta de recursos pedagógicos atualizados, de laboratórios equipados e de formação especializada para professores são desafios adicionais que afetam diretamente a qualidade do ensino.

A compreensão da Física transcende amplamente esse modelo educacional convencional. Instruir-se e assimilar os princípios da Física envolvem a internalização de conceitos e modelagem, a participação em atividades experimentais, o desenvolvimento de competências científicas, a imersão em situações contextualmente significativas, a busca por aprendizagem de relevância, a promoção de diálogo e pensamento crítico e, finalmente, o cultivo do interesse pelo tema.

O ensino médio no Brasil, possui estratégias e implementações no qual está norteado pelos chamados Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM).

"As PCNEM ressaltam a necessidade de uma abordagem pedagógica que transcenda a mera memorização de fórmulas, enfatizando a importância da compreensão aprofundada dos conceitos físicos. O ensino de Física deve envolver estratégias que promovam a contextualização, o raciocínio científico, a investigação experimental, bem como a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. (PCNEM, Brasil, Ministério da Educação, 2000)."

Já os parâmetros da BNCC estabelece os conteúdos básicos de aprendizagem que todos os estudantes brasileiros têm direito a desenvolver na educação básica. Para a área de Física do ensino médio, a BNCC enfatiza a necessidade de proporcionar aos alunos um conhecimento profundo dos princípios fundamentais da Física e incentivar a investigação, a experimentação e a aplicação prática dos conceitos: A importância de contextualizar o ensino de Física, conectando conceitos a situações cotidianas e promovendo a interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento. Além do conhecimento teórico, a BNCC enfatiza o desenvolvimento de competências e habilidades como capacidade de pesquisa, raciocínio crítico, resolução de problemas e comunicação eficaz.

Conforme preconizado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, destaca-se a recomendação expressa quanto à promoção da integração de tecnologias e recursos audiovisuais no contexto do ensino da Física. A BNCC enfatiza essa estratégia como um estímulo à ampliação das experiências dos estudantes durante o processo de aprendizagem, reconhecendo o potencial enriquecedor dessas ferramentas para proporcionar uma abordagem mais dinâmica, contextualizada e alinhada às demandas educacionais contemporâneas.

"Nos últimos anos, tornou-se evidente uma considerável lacuna no ensino de Física nas escolas públicas brasileiras. Diversos fatores contribuem para essa realidade, tais como a falta

de formação específica de professores na área, a escassez de aulas semanais dedicadas à disciplina e as condições de trabalho, precariedade de infraestrutura, carência de recursos didáticos e uma formação docente muitas vezes insuficiente.” (ROSSI, 2015). Esta conjuntura compromete não apenas a aprendizagem dos estudantes, mas também impacta a motivação e o interesse destes pela disciplina, contribuindo para uma deficiência no desenvolvimento de habilidades científicas essenciais

Dessa forma, estabelece-se uma dinâmica em que professor e aluno participam ativamente de uma troca constante de experiências e saberes. As atividades são cuidadosamente discutidas e enfrentadas, envolvendo a responsabilidade coletiva. Nesse processo, os estudantes realizam descobertas significativas e internalizam conhecimentos previamente destituídos de sentido ou desconhecidos.

Ao empenhar diariamente em sala de aula a participação e o questionamento por parte dos alunos, contribui para a formação de cidadãos dotados de pensamento crítico e reflexivo. Esses indivíduos, ao integrarem-se na sociedade, estão habituados a questionar a realidade social, buscando uma compreensão mais profunda (Freire, 2000)

Evidencia-se que as dificuldades e desafios que impactam o sistema educacional de maneira abrangente, e mais especificamente no contexto do ensino de Física, não constituem uma problemática recente. As repercussões dessa situação manifestam-se em resultados insatisfatórios nas avaliações, abrangendo tanto as internas, como os exames bimestrais, quanto as externas às instituições de ensino, exemplificadas pelos vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), entre outras avaliações.

No contexto delineado por Borges (2006), “para melhorar o ensino de Física e de Ciências de uma forma geral, precisamos aumentar o número de professores de Física que formamos atualmente (...) precisamos mudar a qualidade dos professores formados”.

No cenário educacional atual, depara-se com um desafio significativo, que consiste na implementação, no âmbito escolar, de atividades que promovam uma participação mais ativa dos alunos. Busca-se oportunizar que os estudantes efetivamente coloquem em prática os conteúdos apresentados e que considerem elementos do cotidiano. Somente mediante esse enfoque é possível despertar genuíno interesse pela disciplina e, por conseguinte, propiciar a assimilação e compreensão dos fenômenos da Física (ARAÚJO; ABIB, 2003).

É relevante salientar que, quando o significado não é incorporado à estrutura prévia de conhecimento dos alunos, o processo de aprendizado torna-se mecânico. As novas informações são assimiladas e compreendidas de forma momentânea, mas acabam sendo esquecidas posteriormente, uma vez que não estabelecem uma conexão direta com os conceitos já

existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Tal cenário implica prejuízos para a efetivação do aprendizado do aluno (ROSSI, 2015).

Neste contexto, é importante enfatizar que se os significados não forem integrados nas estruturas cognitivas existentes nos alunos, o processo de aprendizagem tende a assumir uma abordagem mecanicista. Novas informações são temporariamente absorvidas e compreendidas, mas em última análise são rapidamente esquecidas porque não se estabelece nenhuma ligação direta com conceitos já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Esse cenário revela a necessidade de estratégias educacionais que promovam conexões importantes entre os novos conhecimentos e os fundamentos conceituais já existentes entre os alunos. As abordagens interativas e contextuais provaram ser ferramentas eficazes para enfrentar este desafio, pois constroem pontes cognitivas entre o familiar e o novo, promovendo uma aprendizagem mais robusta e sustentável. Essa perspectiva não só melhora a retenção do conhecimento, mas também promove o desenvolvimento das habilidades críticas e analíticas dos alunos, permitindo-lhes compreender de forma mais profunda e abrangente o conteúdo apresentado.

3.3.1 Metodologias Ativas

Metodologias ativas representam abordagens pedagógicas que atribuem aos estudantes papéis centrais, muitas vezes como colaboradores essenciais ou mesmo como protagonistas no processo de ensino e aprendizagem. “Essas práticas viabilizam uma participação progressivamente ativa, seja fora da sala de aula, nas atividades preparatórias ou mesmo no âmbito escolar, por meio de aulas práticas estruturadas e contextualizadas, bem como no desenvolvimento de projetos educativos” (CAETANO, 2020). Esse enfoque metodológico não apenas estimula a participação ativa dos estudantes, mas também promove a autonomia, o pensamento crítico e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Além disso, possibilita uma aprendizagem mais significativa ao integrar os conceitos teóricos com situações da vida real, destacando a relevância do conteúdo para além do ambiente acadêmico.

No contexto do ensino-aprendizagem empregando metodologias ativas, destaca-se que o estudante ocupa posição central, desempenhando um papel ativo na construção do seu próprio conhecimento. Nesse cenário, o professor assume a função de mediador entre o estudante e o conhecimento. Contrariamente à visão do conhecimento como um objeto transferido passivamente do detentor ao receptor, compreende-se que ele deve ser abordado, refletido e reconfigurado (MAEKAWA, 2020).

Essa abordagem pedagógica não apenas incentiva a participação ativa dos estudantes, mas também valoriza a autonomia, a reflexão crítica e a capacidade de construir entendimentos de forma independente. O professor, atuando como mediador, orienta, estimula a investigação e proporciona ambientes propícios para a construção coletiva do saber. Assim, é fundamental reconhecer a natureza dinâmica do conhecimento e promover práticas pedagógicas que favoreçam o engajamento ativo dos estudantes.

Alicerçados na premissa pedagógica que enfatiza a interdisciplinaridade e a contextualização do conteúdo, reconhecemos a necessidade de uma transformação no ensino de Física. Essa mudança visa desmistificar o conhecimento científico, estabelecendo conexões com o entorno do estudante, elucidando as causas e consequências dos fenômenos físicos nas diversas áreas e no contexto do mundo real.

A abordagem interdisciplinar proporciona uma visão holística do conhecimento, destacando a inter-relação entre os conceitos físicos e outras disciplinas, promovendo uma compreensão mais abrangente e integrada. A contextualização, por sua vez, traz significado e relevância aos temas estudados, aproximando-os do cotidiano dos estudantes e demonstrando sua aplicação prática.

Ao integrar os princípios científicos com o mundo tangível ao aluno, promovemos uma aprendizagem mais envolvente e duradoura. Essa abordagem não apenas capacita os estudantes a compreenderem os fenômenos físicos, mas também os prepara para enfrentar desafios complexos, desenvolvendo habilidades necessárias para sua jornada acadêmica e profissional.

Assim, as questões transversais desempenham um papel fundamental nas escolas e contribuem para a educação dos alunos e da nação. Ao contrário da abordagem tradicional de partir do específico para compreender o geral, esta abordagem faz a abordagem oposta e não só parte do geral e compreende o específico, mas também todo o universo. Neste cenário, é importante reconhecer que um cidadão ativo e participativo da sociedade precisa manter-se informado para poder assumir uma postura crítica sobre o papel da Física no mundo atual. Através da interação entre tópicos transversais e as disciplinas de Física, a compreensão dos alunos não apenas sobre fenômenos específicos, mas também sobre o impacto desses fenômenos em um nível mais amplo é continuamente ampliada. Esta abordagem não só fortalece a ligação entre o conhecimento adquirido e a sua aplicação na sociedade, mas também permite aos alunos pensarem criticamente sobre a relevância e o papel da Física em contextos globais e locais.

3.3.2 Utilização de simulações computacionais como estratégia pedagógica

No cenário educacional atual, a integração de novas tecnologias desempenha um papel importante na melhoria dos métodos de ensino. Entre estas inovações, a simulação computacional emergiu como uma estratégia educacional eficaz que proporciona uma abordagem dinâmica e envolvente à transferência de conhecimento. Como exemplos de estratégia pedagógica, podemos citar utilização de sites especializados em simular eventos científicos. O PhET oferece simulações de ciências e matemática, cada simulação desenvolvida busca garantir uma eficácia na educação e busca auxiliar professores durante a aula.

A implementação frequente de tecnologias digitais na educação está a aumentar em geral. No contexto específico do ensino de Física, parece particularmente improvável que o campo se beneficie do uso dessas técnicas computacionais. Essa preferência decorre do fato de a física abranger uma ampla gama de temas do cotidiano e muitas vezes buscar explicar situações que não são facilmente aplicáveis às demonstrações tradicionais (COSTA, 2017).

Diante do contexto acadêmico, a simulação computacional refere-se a representações virtuais de fenômenos e processos que permitem aos alunos interagirem com um ambiente simulado para vivenciar e compreender conceitos complexos. Esta abordagem supera as limitações dos métodos tradicionais e proporciona experiência prática sem as limitações físicas e os custos associados aos experimentos tradicionais.

A crescente integração de novas tecnologias é claramente observada em diversas áreas da vida quotidiana e está a tornar-se generalizada na vida das pessoas. A flexibilidade da simulação computacional supera as limitações de tempo e espaço, permitindo o acesso a uma variedade de experimentos e cenários a qualquer hora e em qualquer lugar. Isto amplia as oportunidades de aprendizagem, especialmente em ambientes educacionais remotos e com recursos limitados. Além disso, a eficácia desta estratégia é reforçada pela reutilização e adaptação da simulação a diferentes contextos educativos.

Na área do ensino de Física, destaca-se a implementação desses recursos tecnológicos, notadamente as simulações computacionais. Estas surgem como uma resposta às lacunas presentes na abordagem prática do ensino. A utilização de simulações, que ilustram de maneira virtual os fenômenos em estudo, é cada vez mais considerada pelos educadores. Além disso, tais recursos podem criar um ambiente interativo, não apenas entre o estudante e o objeto de estudo, mas também promovendo interações entre os estudantes, colegas e professores. Essa dinâmica se configura como elemento fundamental para o processo de ensino-aprendizagem de temas específicos (CARVALHO; OLIVEIRA, 2021; SOUZA, 2015). Em resumo, utilizar a simulação computacional como estratégia de ensino representa um grande avanço na educação,

pois ao promover o envolvimento, a flexibilidade e a personalização, a simulação ajuda a preparar os alunos para enfrentar os desafios atuais e capacitá-los a lidar com a complexidade. À medida que a tecnologia continua a evoluir, certamente continuará a ter um impacto no processo de aprendizagem.

3.3.3 A utilização de experimentos com materiais alternativos

O uso de experimentos com materiais alternativos em aulas de eletrostática pode incentivar a experimentação e o aprendizado ativo. Isso permite que os alunos vivenciem conceitos em primeira mão, observem detalhes e realizem análises práticas, tornando o aprendizado mais significativo e motivador. É necessário determinar a importância da implementação de tais métodos num novo contexto do ensino médio, em linha com a tendência da pedagogia que enfatiza a experiência prática e a participação ativa dos alunos.

Historicamente, o ensino de Física foi caracterizado principalmente pelo ensino expositivo, com os professores utilizando apenas livros didáticos para ensinar conteúdos pré-programados aos alunos. Este cenário mostra uma forte dependência de materiais educativos e uma relativa negligência em relação às abordagens práticas. A parte laboratorial, que constitui a parte prática do ensino, é muitas vezes relegada a segundo plano, privando os alunos da experiência direta de experimentos que integrem conceitos teóricos e práticos. Essa abordagem visa proporcionar aos alunos uma compreensão mais holística dos fenômenos físicos e ultrapassar os limites da compreensão puramente teórica (SILVA e MENEZES, 2001).

A necessidade de expandir o acesso a uma educação de qualidade e, ao mesmo tempo, reduzir os custos tornou-se um desafio crítico, especialmente tendo em conta as cargas de trabalho limitadas dos professores. A realização de experiências de baixo custo provou ser uma estratégia viável para instituições com recursos limitados, abrindo assim oportunidades de aprendizagem mais amplas, especialmente em comunidades economicamente desfavorecidas. Esta abordagem de inclusão de experimentos dentro da sala de aula, consiste em avaliar materiais que sejam de fácil acesso para o professor e que possa ser fácil de aplicar na sala de aula.

A introdução de atividades experimentais no ambiente escolar agrega novas forças ao ensino de Física. Esta abordagem provou ser eficaz em estimular o interesse dos alunos e incentivar a participação dos alunos. Desperte a curiosidade por meio de diversos experimentos e aborda os temas das aulas de forma mais concreta e lúdica. Antes considerados desinteressantes e descontextualizados, os temas abordados assumem agora um caráter mais acessível e apelativo para os alunos. Nesse contexto, é fundamental que os professores de física

integrem atividades experimentais em suas práticas docentes e reconheçam que essas abordagens estão inerentemente relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem (Rosa, 2021).

Ao desenvolver estratégias de ensino que envolvam experiências de baixo custo, os educadores podem melhorar as suas competências de ensino e inovação, o que afeta particularmente a qualidade do ensino de Física. Em síntese, a racionalidade da pesquisa sobre “Ensino de Eletrostática Experimental de Baixo Custo nas Escolas de Ensino Médio” reside na necessidade urgente de tornar o ensino de Física mais fácil, mais atrativo e mais eficaz, estando alinhado com as diretrizes do “Novas Escolas de Ensino Médio” e contribuir para o desenvolvimento de melhores alunos e o avanço do ensino de ciências no Brasil.

3.3.4 Gamificação como uma metodologia em sala de aula

A utilização da gamificação tem se destacado como uma abordagem promissora no ambiente educacional, especialmente no ensino médio, onde a motivação dos estudantes pode representar um obstáculo. Ao incorporar elementos típicos de jogos nas práticas de ensino, é viável promover uma mudança no âmbito escolar, tornando-o mais dinâmico, interativo e inspirador. Estão alguns aspectos que evidenciam como a aplicação da gamificação pode ser benéfica no ensino médio:

a) Engajamento e Estímulo aos Alunos

A estratégia de gamificação pode, de forma considerável, elevar o interesse dos alunos, tornando as aulas mais envolventes e atrativas. Com a introdução de elementos como pontuações, desafios, níveis e recompensas no contexto educativo, os estudantes são motivados a interagir de forma ativa com as propostas pedagógicas. Isso cria um ambiente de aprendizado mais cativante, no qual os alunos se sentem estimulados a buscar evolução e superar obstáculos.

b) Customização do Processo de Aprendizagem

Através da gamificação, torna-se viável adaptar a experiência de aprendizagem de acordo com o ritmo e as necessidades individuais dos estudantes. As mecânicas de jogos possibilitam que os alunos progridam em seu próprio tempo, explorando diversas abordagens e trajetórias para solucionar desafios. Isso simplifica a adequação do ensino às múltiplas competências e estilos de aprendizagem presentes em um ambiente educacional.

c) Aprimoramento de Habilidades e Competências

Os jogos frequentemente demandam que os participantes desenvolvam competências como trabalho em equipe, solução de problemas, tomada de decisões e pensamento crítico. Ao mobilizar esses mesmos conceitos no contexto do ensino secundário, a gamificação não apenas

fortalece o conteúdo acadêmico, mas também fomenta o crescimento de habilidades cruciais para o êxito pessoal e profissional dos estudantes no amanhã.

d) Feedback contínuo e avaliação formativa na utilização da gamificação

O feedback imediato e constante em relação ao desempenho dos estudantes. Esse recurso não apenas auxilia os alunos a acompanharem o seu progresso em tempo real, como também oferece aos professores informações preciosas sobre as áreas em que os estudantes possam necessitar de mais apoio ou orientação. Essa forma de avaliação formativa visa viabilizar ajustes rápidos e eficazes no processo de ensino-aprendizagem.

e) Colaboração e trabalho em equipe

Em diversos jogos incentivam a colaboração e a interação em equipe para atingir metas compartilhadas. No ambiente escolar, a gamificação pode ser empregada para fomentar projetos colaborativos entre os alunos, nos quais é fundamental a cooperação, a comunicação eficiente e o compartilhamento de responsabilidades. Isso não apenas fortalece os laços interpessoais. (CAVALCANTE; SALES; SILVA, 2018).

3.3.5 As Sequências Didáticas na Educação

A realização eficaz para a sequência de ensino, requer um planejamento que necessita de cuidados, na execução das atividades que sejam relevantes dentro de um prazo especificado. Esse tipo de abordagem estratégica foi concebida não apenas para abordar as dificuldades específicas de alunos relacionadas a um determinado assunto específico, mas também para proporcionar uma experiência educacional progressiva e abrangente.

Uma Sequência Didática (SD) é caracterizada como uma amalgamação de diversas atividades que abordam problemas, atitudes, procedimentos e ações realizadas pelos alunos, sob a orientação do professor. A disposição ordenada das atividades dentro da sequência visa a aprofundar os tópicos estudados, apresentando uma variedade de estratégias, como leitura, diálogo em sala de aula, simulações computacionais, experimentos, jogos, entre outras. Dessa forma, o conteúdo em questão é abordado ao longo de uma série de aulas, propiciando aos alunos a oportunidade de aprofundar-se e dominar o tema em desenvolvimento (MANTOVANI, 2015).

Neste contexto, é fundamental reconhecer que as sequências de ensino se distinguem pela sua estrutura lógica sequencial, o que incentiva o desenvolvimento natural do conhecimento. Estas atividades são cuidadosamente concebidas e organizadas para promover a partilha eficaz de informações entre os alunos, permitindo que a sua compreensão continue a desenvolver-se.

Conforme Zabala (1998), as sequências didáticas são "um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que possuem um início e um fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos (...)"

Dando continuidade aos estudos propostos por Zabala (1998), os modelos didáticos propostos na metodologia tradicional, seguem as seguintes sequências: Uma atividade motivadora vinculada a uma situação conflituosa na realidade experimental dos alunos; Elucidação das questões ou problemas apresentados por essa situação; Formulação de respostas intuitivas ou "hipóteses"; Seleção e delineamento das fontes de informação, além do planejamento da investigação; Coleta, seleção e categorização dos dados; Formulação de conclusões generalizadas; Expressão e comunicação.

Isso visa não apenas lidar com a diversidade de desafios apresentados pelo conteúdo, mas também considerar uma gama abrangente de variáveis nos processos educativos. Essa perspectiva ressalta a necessidade de uma abordagem flexível e adaptativa, capaz de atender à diversidade de habilidades e compreensões dos alunos, visando a eficácia no processo de aprendizagem (RIBEIRO, 2019).

3.4 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

Inicialmente, propõe-se a aplicação de um questionário ilustrativo para abordar o conteúdo de eletrostática, e englobar conceitos e teorias relacionadas. O docente encarregado da turma deverá realizar uma explanação prévia sobre a metodologia empregada, explicando como se dará a aplicação do questionário, com o intuito de proporcionar compreensão aos alunos sobre a escolha desse recurso didático.

3.4.1 Aplicação do primeiro questionário

Nesta etapa, a metodologia adotada busca integrar a interdisciplinaridade, utilizando um questionário para avaliar o nível de conhecimento prévio dos alunos (Apêndice A – QUESTIONÁRIO 1). Concomitantemente, o professor distribuirá cópias impressas para cada discente, viabilizando uma leitura em sala de aula. Este momento específico está previsto para uma duração de 15 minutos.

Exemplo 1:

- 1) Descreva o princípio da repulsão e atração elétrica:
- 2) Qual é a unidade de grandeza da carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades?

- 3) Quando um corpo é eletrizado ele pode receber ou doar elétrons, sendo assim quando o corpo está com mais elétrons do que prótons, podemos dizer que está _____:
- a) eletrizado positivamente
 - b) eletrizado negativamente
 - c) o corpo está neutro
- 4) Qual é o resultado da interação quando duas cargas neutras entram em contato? E como isso se altera quando um próton ou um elétron é posicionado em sua proximidade? Por favor, explique cada situação.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.4.2 Apresentação do conteúdo através de aula expositiva (slides)

Na segunda fase, considerando que os alunos já foram introduzidos aos conceitos iniciais relacionados à Eletrostática por meio do questionário, o professor conduzirá a continuação da aula com o propósito de esclarecer dúvidas. Além disso, será realizada a apresentação de slides (**Apêndice 2- Apresentação de slides**), as imagens que exemplificam a atração e repulsão das cargas elétricas. O docente também abordará a apresentação dos conceitos e discussão previamente descritas no **Apêndice 2**, embora seja possível efetuar modificações conforme a necessidade do momento e o interesse da turma. Essa etapa, fundamental para promover o questionamento e a reflexão dos alunos sobre o conteúdo estudado, terá uma duração prevista de 30 minutos.

Após a aplicação da atividade proposta semelhante ao **Exemplo 1**, o professor deverá explicar de maneira simples e prática a resolução do exercício proposto, de preferência correlacionando aspectos que ocorrem no cotidiano do aluno. Nesse momento específico está previsto para uma duração de 10 minutos.

3.4.3 Aplicação de experimento construído com Materiais Alternativos

Nesta etapa propondo uma metodologia diferente e fora do comum, o processo de aplicação do experimento é essencial para um modelo diferente de aprendizagem. Esse é o momento no qual o professor relaciona o que foi estudado através da apostila com aspectos do cotidiano, o objetivo desse momento é despertar os alunos para compreensão experimental da física e aplicando a parte teórica.

Nesse sentido, o experimento a ser aplicado é intitulado: “A descoberta das cargas elétricas através de balões”, o objetivo desta apresentação é explicar a atração e a repulsão das cargas elétricas.

Primeiro momento:

O passo inicial para a execução do experimento com materiais alternativos compreende uma explicação concisa sobre a natureza do fenômeno. Essa introdução visa familiarizar os alunos com os conceitos fundamentais que serão explorados através de experimentos que serão aplicados posteriormente.

É importante destacar que a combinação de experimentação prática e fundamentação teórica pode propiciar uma abordagem mais acessível, criativa e dinâmica para o processo de ensino-aprendizagem. Este é um ponto crucial que deve ter uma duração aproximada de 45 a 50 minutos, correspondendo à média usual de tempo de uma aula.

Segundo Momento:

Após a primeira sessão dedicada à exposição de conceitos e esclarecimentos, a segunda fase dará início à apresentação e execução do experimento proposto, cujos procedimentos são detalhados no **Exemplo 2**. Desta maneira, os alunos terão a oportunidade de conectar os princípios teóricos com a prática, possibilitando a observação direta do fenômeno, suas causas e implicações na realidade.

Esta etapa, que inclui a montagem e explicação do experimento, está prevista para uma duração de 20 minutos.

Exemplo 2: Passo a passo para a parte experimental das cargas elétricas

- a) Primeiro passo: encher duas bexigas e separá-las a parte;
- b) Segundo passo: cortar um pedaço de 40 cm do barbante com a tesoura;
- c) Terceiro passo: amarrar um dos balões no pedaço de barbante para que ele fique suspenso e sem nenhum contato;
- d) Quarto passo: deixar os balões eletrizados como mesma carga utilizando cabelo de um voluntário, neste caso será necessário utilizar conceitos de eletrização por atrito, assunto que será visto no próximo capítulo;
- e) Quinto passo: demonstrar que os balões se afastam, pois os dois estão carregados com mesma carga elétrica, o que demonstra o fenômeno de repulsão.
- f) Materiais necessários:
 - Dois ou quatro balões;

- Barbante;
- Tesoura;
- Cabelo (um voluntário)

Terceiro momento:

Ao término da execução do experimento, o Professor poderá introduzir a atividade proposta no **Exemplo 3** a qual aborda conceitos relativos a Eletrostática e ao experimento realizado. Essa abordagem visa proporcionar aos alunos a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos.

Além disso, permite ao professor realizar observações específicas sobre os pontos em que os alunos possam enfrentar dificuldades ao responder às questões propostas. Essa análise contribuirá para o aprimoramento das aulas subsequentes. A duração prevista para este momento é de 25 minutos; no entanto, caso os alunos não concluam a atividade nesse intervalo, a correção será adiada para o início da próxima aula.

Exemplo 3: exercícios propostos sobre eletrostática (experimento).

- 1) Explique por que os balões não se tocaram na experiência?
- 2) Como esse experimento contribuiu para sua aprendizagem?
- 3) Considere a hipótese em que o segundo balão, inicialmente suspenso pelo barbante, não possua carga elétrica. Qual seria o resultado ao entrar em contato com o balão carregado nessas circunstâncias?

A avaliação do experimento de materiais acessíveis

Se baseará nos critérios de participação, desempenho na resolução da atividade e na entrega do resumo proposto. O professor concederá pontos extras que serão considerados na avaliação bimestral dos alunos. O tempo total estimado para a realização do experimento, levando em consideração eventuais dúvidas e perguntas dos alunos, abrange duas aulas, cada uma com duração de 15 a 30 minutos. Em caso de necessidade, a correção da atividade poderá se estender para aulas subsequentes, caso os alunos não tenham concluído a tarefa no tempo inicialmente previsto.

Nesses aspectos se faz uma análise de quanto o aluno se envolveu durante a aplicação, o quanto este aluno interagiu com o experimentos de quanto isso o motivou a a querer entender a explicação teórica sobre o experimento aplicado.

3.3.4 Aplicação de simulações computacionais (PhET)

Outra metodologia que podemos aplicar dentro da sala de aula é a simulação computacional, trata-se de um meio de diversificar o ensino por meio de conteúdos e plataformas digitais, visto que estão inseridas no convívio social tanto dos alunos como também de professores, tais como envio de materiais propostos e atividade.

Nesta outra proposta, será apresentada como uma alternativa didática através de simulações computacionais utilizando o site PhET (Physics Education Technology) da Universidade do Colorado, esta simulação é chamada de “Balões e Eletricidade Estática” vai abordar de forma o estudo das cargas elétricas, como podemos observar na figura 10.

Figura 8 - Ilustração da eletrização no simulador PhET por atrito utilizando um balão e um casaco de lã.



Fonte: PhET, 2023

Primeiro momento

A primeira etapa do procedimento envolve uma introdução inicial ao tema, onde o professor apresenta simulações e os fenômenos correspondentes, discute suas origens e princípios básicos e os explora ainda mais, enfatizando conceitos relacionados à eletrostática. Na próxima aula teórica. A simulação em si trata do processo de eletrificação e, portanto, será utilizada na próxima parte que aborda este tópico. Neste contexto, as simulações servem para explicar os fenômenos de atração e repulsão entre cargas elétricas. O objetivo desta metodologia é mostrar que o balão é atraído por cargas de sinais opostos porque, como visto na simulação, existe uma carga negativa presente no balão. Esta fase dura 25 minutos.

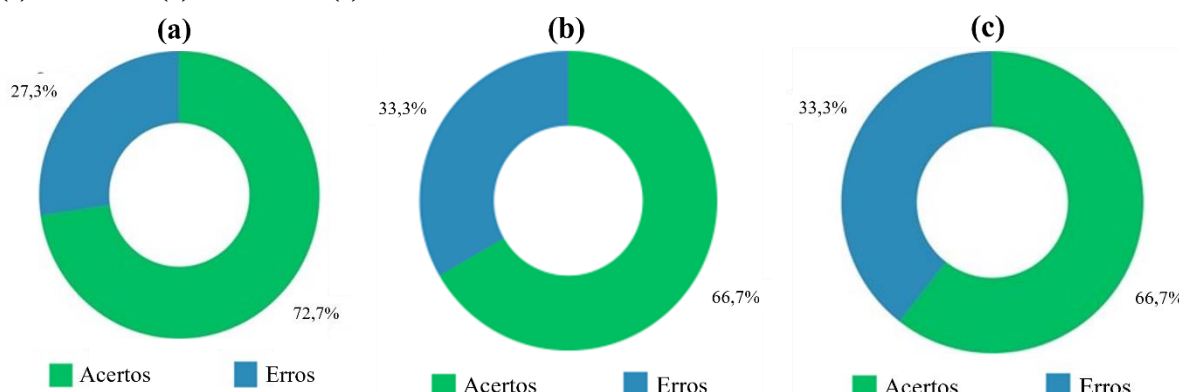
4 RESULTADOS

A aplicação da sequência didática foi realizada durante duas semanas na Escola Estadual de Ensino Médio Leonardo Negrão de Souza, no período da Manhã, as turmas que participaram foram os alunos dos 3 anos A com 28 alunos, 3 B com 26 e 3 C com 23. A prática didática aplicada dentro da sala de aula, apontou que os alunos demonstraram interesse em se aprofundar em uma sequência didática que exploraram os pequenos experimentos dentro da sala de aula, como também a utilização de outros recursos tecnológicos, apesar das limitações da escola.

Dados obtidos com os alunos na fase anterior à aplicação da aula:

Após a análise dos resultados obtidos através da **Apêndice 1**, os alunos de cada turma dos terceiros anos, obtiveram um rendimento bom nas questões de verdadeiro ou falso nas questões sobre a lei de coulomb e processo de eletrização, apesar da afirmação feita pelo aluno Diego do 3 anos B, no qual afirmou “nem lembro mais o que é a lei de coulomb”, cerca de 75% da turmas concordarem com essa afirmação de não recordarem sobre o conteúdo que já havia sido aplicado pela professora de Física Eliane.

Figura 9 – Gráfico com as porcentagens de acertos e erros obtidas com a aplicação do primeiro questionário. (a) Turma 3A, (b) Turma 3B e (c) Turma 3C.



Fonte: Elaborado pela autora.

Primeira fase: de aplicação da aula

Nesse processo de aplicação da aula, a utilização de um projetor foi crucial para que os alunos puderam visualizar tantos os conceitos, quanto às suas aplicações através do uso das simulações computacionais, ao intercalar os slides com os exemplos práticos, os alunos puderam absorver melhor os conceitos que aparentemente eram distante do seu cotidiano.

Dados obtidos após a aplicação das aulas, nas três turmas dos 3 anos.

De acordo com os dados obtidos através dos questionários, podemos notar que a maioria dos alunos obtiveram uma melhor experiência relacionada ao ensino de Física.

Figura 10 – (a) Dados do questionamento sobre as dúvidas, se essas foram sanadas ao decorrer da aula. (b) Gráfico demonstrativo se o conteúdo estudado foi repassado de forma clara. (c) gráfico demonstrativo a respeito do serviço prestado pela professora.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados obtidos do questionário (ver ANEXO 1), mostram que o gráfico A apresenta que 98,3% os as dúvidas sobre o ensino da eletrostática foram sanadas ao decorrer da aula, de 1,4% afirmou um pouco das dúvidas foram sanadas e 0,3% dos alunos afirmou quase nada das suas dúvidas foram sanadas. O gráfico (b) apresentou que 98% dos alunos afirmaram que o conteúdo foi repassado de forma clara, 1,7% dos alunos afirmaram que foi repassado um pouco de forma esclarecedora, já 0,3% afirmaram que o conteúdo foi quase nada apresentado de forma clara. O gráfico (c) apresenta os resultados sobre o questionamento se o serviço prestado pela professora 96,3% afirmaram que que foi bom, 3,4% afirmaram que foi razoável e 0,3% afirmaram que foi péssimo.

Na segunda aula foram trabalhados os conceitos através de jogos

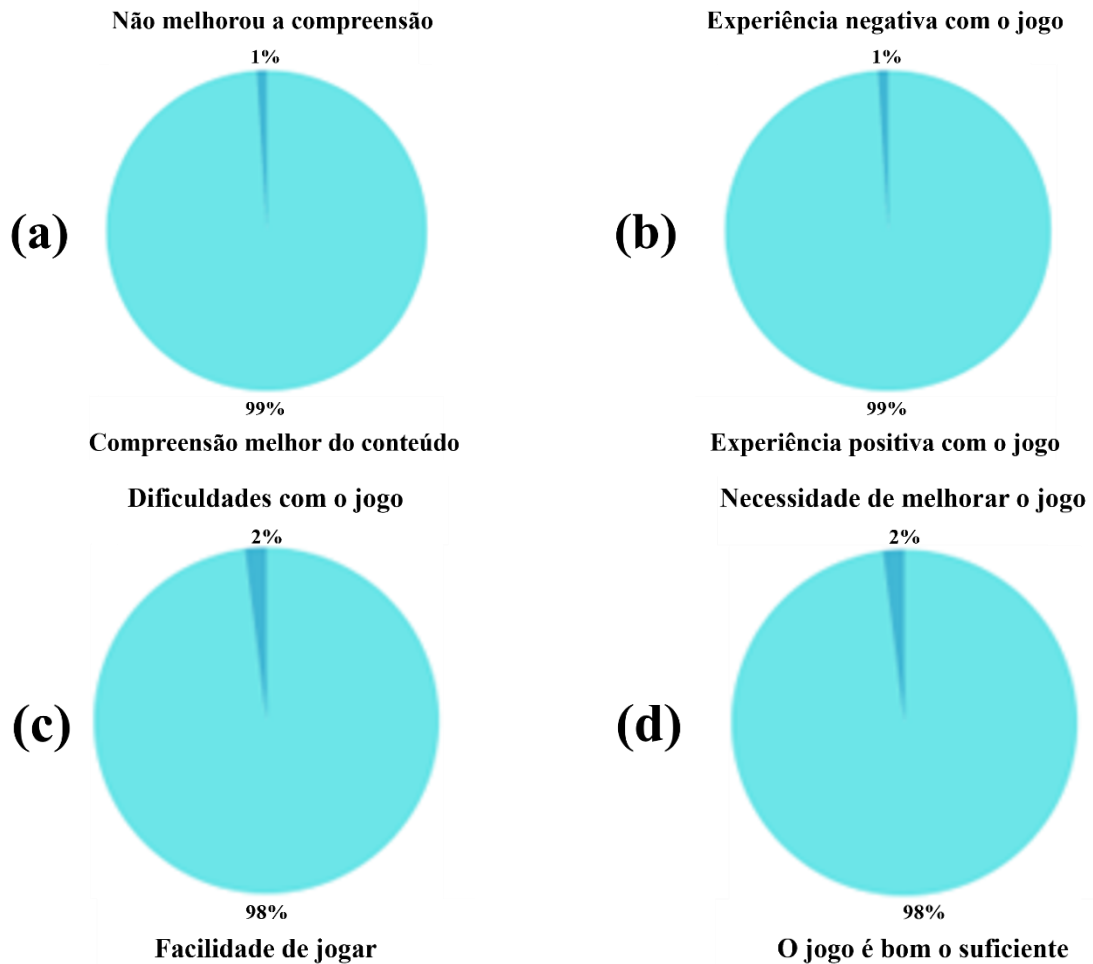
Ao trabalhar na prática de jogos na educação muda-se as perspectivas do aluno, transformando uma simples aula em algo além de conceitos adquiridos. A plataforma *Quizzi* utiliza os jogos como ferramentas para educar os alunos com criação de competições, a conquista de níveis ou pontos, resolução de desafios. O jogo aplicado nas turmas dos 3 anos no qual os alunos foram separados em equipes de 5 e 4 pessoas, as questões eram de múltiplas escolhas em sua maioria com questões teorias e três questões que deveriam ser solucionadas através de cálculo.

Figura 11 – Aplicação do Quizzi nas turmas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 - dados da avaliação sobre a plataforma Quizzi: (a) compreensão melhor do conteúdo, b) experiência com o jogos, (c) desafios ou dificuldades com o jogo, (d) necessidade de melhorar jogos e experimentos.



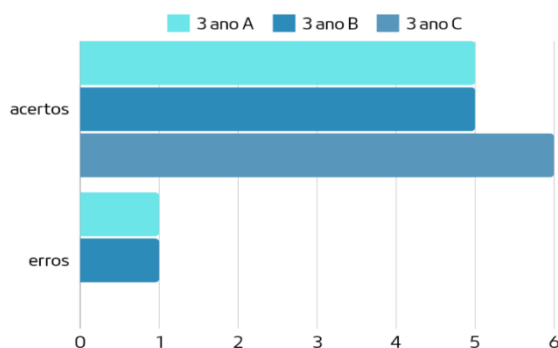
Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados obtidos através do gráfico apontaram que os alunos das turmas dos 3 anos A, B e C obtiveram 99% Compreensão melhor do conteúdo através do Quizzi, a experiência que obtiveram com os jogos foi 99%. Desafios ou dificuldades durante o jogo foram 98%, vale

ressaltar que a maior parte desses alunos conseguiram jogar com os demais grupos. A dados do gráfico (d) sobre necessidade em melhorar os jogos e os experimentos 98% dos alunos afirmaram que não há necessidade de melhorar o jogo da plataforma *Quizzi*.

Segunda fase, aplicação do segundo questionário: após os alunos experimentarem um jogo de perguntas e respostas, na qual utilizaram a plataforma *Quizzi*, na qual ocorreram disputas entre as equipes. O segundo questionário que se encontra na **Apêndice 3** e a **Apêndice 4 - questionário da sequência didática**, foram aplicados novamente com questões semelhantes, no entanto mais elaboradas contextualmente.

Figura 12 - Gráfico com os dados obtidos do segundo questionário.



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste segundo questionário os dados indicaram resultados ainda melhores que no primeiro aplicado, onde observamos que houve uma melhora nos números de acertos. A turma do 3 ano A e B acertou 5 das 6 questões, já o 3 ano C acertou todas as 6 questões aplicadas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou compreender os resultados obtidos com os objetivos propostos, ressaltando a eficiência da sequência didática aplicada, como forma de solucionar a problemática de não apenas proporcionar as ideias teorias na sala de aula. A sequência didática deste estudo visa a importância de atrelar o modelo tradicional com uso de experimentos e tecnologia e promoveu a sistematização das organizações grupais, estimulou a motivação para uma aprendizagem mais eficaz. O processo de aprendizagem depende também do aluno, da sua disposição e maturidade para absorver o verdadeiro significado da informação; caso contrário, não será verdadeiramente compreendido.

Vale destacar que o engajamento dos alunos gera motivação, dinamismo e facilita a assimilação dos conteúdos do ensino de Física. Conforme destaca Lévy (1993) a multimídia

interativa, favorece uma atitude exploratória, até mesmo lúdica, face ao material a ser assimilado.

A sequência de ensino foi pensada para atender o maior número de pessoas possível e pode ser utilizada tanto na rede de ensino, sempre tentando se adaptar aos diferentes contextos de aprendizagem. Este trabalho foi criado com o intuito de disponibilizar materiais para a maioria das escolas públicas. Além disso, os recursos tecnológicos integrados na concepção da sequência de ensino podem ser ferramentas valiosas no processo de aprendizagem.

Os dados obtidos através dos questionários dentro da sala de aula, mostrou que atrelado o recursos multimídia, jogos didáticos, plataforma educacionais e experimentos com materiais acessíveis são grandes aliados na sala de aula, visto que a através desta sequência didática a aluna Gabriela do 3 ano A relatou que os experimentos acessíveis aliados com as plataformas educacionais dão mais interesse ao aluno. O estudante Alan do 3 ano B relatou no questionário que se encontra na **Apêndice 4 - questionário da sequência didática**, que o uso de experimentos e plataformas educacionais ajudam a entender melhor usando as atividades práticas.

É importante destacar que o uso de jogos lúdicos, experimentos e simulações pode contribuir para o ensino-aprendizagem, especialmente em Física, uma área que costuma ser mais focada em teorias e cálculos. Ao introduzir essas ferramentas é visto como uma forma de tornar as aulas mais dinâmicas e interativas, incentivando a participação dos alunos em vez de deixá-los apenas como espectadores. Ao final do trabalho, é disponibilizado material para auxiliar os professores a melhorarem suas aulas, permitindo que adaptem o conteúdo à realidade de suas turmas.

REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2003. v. 25.
- [2] BORGES NETO, H. **Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola**. Revista Educação em Debate, ano 21, v. 1, n. 27, p. 135-138, Fortaleza, 1999.
- [3] BORGES, O. **Formação inicial de professores de Físicas: Formar mais! Formar melhor!** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2 (2006)
- [4] BRASIL. **Lei n. 9394/96 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)**. Brasília, 1996.
- [5] BRASIL, Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Básica (SEB). **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2000.
- [6] BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.
- [5] BARBOSA, C. L. B.; MARINHO, D. M.; CARVALHO, L. S. C. O. **Debate como metodologia de ensino para a aprendizagem crítica**. Programa de Residência Pedagógica na Licenciatura em Informática: partilhando possibilidades. Natal: Faculdade Metropolitana Norte Rio-grandense, 2020.
- [6] CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física: Ideias em Ação**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- [7] CARVALHAES, F.; RIBEIRO, C. A. C. **Estratificação horizontal da educação superior no Brasil: desigualdades de classe, gênero e raça em um contexto de expansão educacional**. Tempo Socia, v. 31, n. 1, p. 195–233, 2019.
- [8] CAVALCANTE, A. A.; SALES, G. L.; SILVA, J. B., **Tecnologias digitais no Ensino de Física: um relato de experiência utilizando o Kahoot como ferramenta de avaliação gamificada**. Research, Society and Development, v. 7 (11), 2018.
- [9] FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- [10] SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

- [11] LÉVY, P. **O futuro do pensamento na era da informática**. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/32078159/As-Tecnologias-da-Inteligencia.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.
- [12] MOREIRA, M. A. **Ensino e aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- [13] MORAES, J. U. P. **A Visão dos Alunos Sobre o Ensino de Física: Um Estudo de Caso**. Scientia Plena, Sergipe, v. 5, n. 11, p. 1-7, 2009.
- [14] NOGUEIRA, G. T.; HERNANDES, J. A. **Laboratório de Física IV baseado em experimentos de baixo custo: relato de uma experiência de ensino remoto devido à pandemia de COVID-19**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, e20210242, 2021.
- [15] ROSA, C. T. W. da; SILVA, R. O. da; DARROZ, L. M. **Atividades experimentais como estratégia didática: do aprender ao ensinar Física**. Sorocaba, SP, v. 23, n. 3, p. 625–643, 2021. DOI: 10.22483/2177-5796.2021v23n3p625-643. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/quaestio/article/view/3815>. Acesso em: 12 out. 2024.
- [16] SOUZA, S. C. de; DOURAD, L. **Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo**. Holos - issn 1807-1600, v. 5, p. 182–200, 2015.
- [17] SOUZA, E. M; OLIVEIRA, A. L. **Integrando Tecnologia na Educação: Práticas e Reflexões**. Editora Educação Moderna. 2020.
- [18] SOUZA FILHO, M. P.; BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. **A eletricidade do século XVIII sob a óptica de Bachelard e suas implicações para o ensino de física**. In: ENCONTRO NACIONAL 18 DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.
- [19] FATIMA, M. de; PEREIRA, N.; LUCIELMA DA COSTA. **O uso da experimentação como metodologia facilitadora do processo de ensino e aprendizagem de física** Maria do Carmo do Nascimento 1; Ângela Maria Freire de Avelar 2. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID5881_17092018192356.pdf>.
- [20] ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APENDICE A – QUESTIONÁRIO 1

Questionário

1) Força elétrica entre duas cargas diminui com o quadrado da distância entre elas.

() Verdadeiro

☒ Falso

2) A Lei de Coulomb só se aplica a cargas em repouso.

() Verdadeiro

☒ Falso

3) A força elétrica entre duas cargas é diretamente proporcional ao produto de suas magnitudes.

☒ Verdadeiro

() Falso

4) A constante de Coulomb(k) depende do meio em que as cargas estão.

☒ Verdadeiro

() Falso

5) Na eletrização por atrito, dois materiais diferentes são esfregados um contra o outro, resultando na transferência de elétrons de um material para o outro.

☒ Verdadeiro

() Falso

6) Na eletrização por contato, um corpo carregado transfere parte de sua carga para um corpo neutro, resultando em cargas iguais nos dois corpos após o contato.

☒ Verdadeiro

() Falso

7) Na eletrização por indução, os corpos precisam tocar-se para que ocorra a transferência de carga.

☒ Verdadeiro

() Falso

8) Após a eletrização por atrito, os materiais envolvidos ficam com cargas do mesmo sinal.

() Verdadeiro

☒ Falso

9) A eletrização por contato pode ocorrer entre materiais isolantes.

() Verdadeiro

☒ Falso

NOME: Emanuel Miqueias

QUESTÕES ACERTADAS:

QUESTIONÁRIO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1- As suas dúvidas foram sanadas conforme a proposta de sequência didática?

SIM() ☒ POUCO

QUASE NADA() NÃO()

2- As informações a respeito do assunto foram repassadas de maneira clara?

SIM☒ POUCO() QUASE NADA() NÃO()

3- Como você avalia o atendimento prestado pela professora?

BOM☒ RAZOÁVEL() RUIM()

APENDICE B – QUESTIONÁRIO 2

Questionário II

1) (PUCCamp) Duas partículas, A e B, eletrizadas com cargas positivas, são colocadas próximas uma da outra, no vácuo. Sabe-se que as massas das partículas são iguais e que a carga elétrica da partícula A é maior que a carga elétrica da partícula B.

Considerando que sobre as partículas atuam apenas as forças de natureza eletrostática, de acordo com as leis de Coulomb e de Newton, imediatamente após serem soltas, as partículas se repelem e a aceleração a que a partícula A fica sujeita é menor que a da partícula B.

- () verdadeiro
() falso

2) (UDESC) Uma das principais contribuições para os estudos sobre eletricidade foi a da definição precisa da natureza da força elétrica realizada, principalmente, pelos trabalhos de Charles Augustin de Coulomb (1736-1806). Coulomb realizou diversos experimentos para determinar a força elétrica existente entre objetos carregados, resumindo suas conclusões em uma relação que conhecemos atualmente como Lei de Coulomb.

Considerando a Lei de Coulomb, assinale a alternativa correta.

- A) A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e ao quadrado da distância entre estes corpos.
B) A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é inversamente proporcional ao produto das cargas e diretamente proporcional ao quadrado da distância entre estes corpos.

- C) A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre estes corpos.
D) A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional à distância entre estes corpos.
E) A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional a distância entre estes corpos e inversamente proporcional ao produto das cargas.

4) Eletrização por atrito ocorre quando dois corpos de materiais diferentes são esfregados um contra o outro, e ambos adquirem cargas elétricas de sinais opostos.

- A) () verdadeiro
B) () falso

5) No processo de eletrização por contato, os corpos envolvidos devem estar necessariamente neutros antes do contato.

- A) () verdadeiro
B) () falso

6) Na eletrização por indução, é necessário que os corpos em contato troquem cargas diretamente para que ocorra a eletrização.

- A) () verdadeiro
B) () falso

APENDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE A SEQUÊNCIA

Questionário sobre a sequência didática

nome:

3º ano turma:

1) O que você achou do uso de experimentos de baixo custo nas aulas de física? Eles ajudaram a entender melhor os conceitos teóricos?

() sim () pouco () não

2) Como foi a sua experiência utilizando plataformas educacionais durante as atividades práticas e teóricas?

3) Você acha que elas complementam bem o aprendizado?

() sim () pouco () não

4) Você acha que os experimentos de baixo custo, aliados às plataformas educacionais, deixam as aulas mais interessantes e interativas? Como?

5) Quais desafios ou dificuldades você encontrou ao realizar experimentos práticos com materiais de baixo custo?

6) Como as plataformas educacionais ajudaram a superar essas dificuldades?

() sim () pouco () não

7) De que forma a combinação de experimentos práticos e plataformas educacionais poderia ser melhorada para facilitar ainda mais o aprendizado?
