



EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Rodrigo de Lima Luiz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora
Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente
Outubro de 2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Experimentos de eletrostática como metodologia de aprendizagem significativa.

AUTOR: RODRIGO DE LIMA LUIZ

ORIENTADORA: AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENSINO DE FÍSICA, área: Física na Educação Básica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. CELSO XAVIER CARDOSO
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. GABRIELA HELENA GERALDO ISSA MENDES
Campus Assis / Universidade Paulista

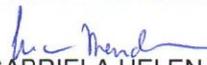
Presidente Prudente, 01 de outubro de 2018

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODRIGO DE LIMA LUIZ, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 01 dias do mês de outubro do ano de 2018, às 10:00 horas, no(a) Anfiteatro 7, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS - Orientador(a) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. CELSO XAVIER CARDOSO do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Profa. Dra. GABRIELA HELENA GERALDO ISSA MENDES do(a) Campus Assis / Universidade Paulista, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODRIGO DE LIMA LUIZ, intitulada **Experimentos de eletrostática como metodologia de aprendizagem significativa**. . Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS


Prof. Dr. CELSO XAVIER CARDOSO


Profa. Dra. GABRIELA HELENA GERALDO ISSA MENDES

FICHA CATALOGRÁFICA

| | |
|-------|---|
| L953e | <p>Luiz, Rodrigo de Lima</p> <p>Experimentos de eletrostática como metodologia de Aprendizagem Significativa / Rodrigo de Lima Luiz. -- Presidente Prudente, 2018</p> <p>86 f. : il., fotos</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente</p> <p>Orientadora: Agda Eunice de Souza Albas</p> <p>1. Aprendizagem Significativa. 2. Atividade Experimental. 3. Eletrostática. 4. Confecção de experimentos. I. Título</p> |
|-------|---|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico esta dissertação à minha amada esposa Camila e aos meus filhos Rafael e Beatriz pelo amor incondicional e apoio em todas as situações de minha vida.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças às contribuições de várias pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para que ele fosse realizado. Meus sinceros agradecimentos, primeiramente, a Deus, pelo dom da vida e pela certeza de que Ele está comigo em todos os momentos de minha vida.

Também agradeço à Prof.^a Dr.^a. Agda Eunice de Souza Albas, que, desde o primeiro dia em que a procurei, se mostrou extremamente atenciosa e disposta a me ajudar a realizar um bom trabalho. Suas ideias e sugestões foram de fundamental importância e, sem elas, este trabalho jamais seria concluído.

Agradeço ainda ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburu, que, durante meu curso de graduação, ministrou, com maestria a disciplina, *Instrumentação para o Ensino de Física*, onde aprendi que é possível ministrar uma aula experimental de Física com qualidade, utilizando materiais do dia-a-dia. Alguns dos experimentos que aprendi a construir lá foram usados na sequência didática deste trabalho.

Aos meus amigos de curso, pelo companheirismo. Em especial, ao meu amigo Leandro Willian Franco, pelas viagens e pelas discussões acerca de nossos trabalhos, das quais surgiram várias ideias que foram utilizadas na aplicação deste trabalho.

À minha mãe (*in memoriam*) que, mesmo na dificuldade, lutou muito para que eu pudesse realizar meu curso de graduação, sem o qual não poderia ter chegado até aqui.

À minha esposa e filhos, que são meus alicerces nesta vida, tudo o que eu mais amo no mundo e que, muitas vezes, tive de deixar de acompanhá-los para poder me dedicar à realização deste trabalho.

Aos professores do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Polo 16 da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente, pelas aulas e todo o conhecimento transmitido durante elas.

Aos alunos e toda a equipe do colégio Prevê Objetivo de Marília.

RESUMO

EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Rodrigo de Lima Luiz

Orientadora:
Agda Eunice de Souza Albas

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho, foi pesquisada uma forma alternativa de aplicação de experimentos em sala de aula, na qual os alunos foram responsáveis pela confecção deles e não meros expectadores que observaram o professor realizar a atividade experimental. Assim, os estudantes produziram, executaram e tiraram suas conclusões acerca das atividades propostas. Propôs-se, neste trabalho, a aplicação de uma sequência didática para abordar eletrostática utilizando atividades experimentais, como metodologia de aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel. Antes da realização dos experimentos, o tema foi contextualizado através de vídeos que mostravam situações intrigantes no cotidiano dos alunos, envolvendo eletrostática. Também foi abordada a história da eletricidade com suas principais descobertas e como os conceitos científicos foram evoluindo ao longo do tempo. Em seguida, utilizando materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados e seguindo roteiros experimentais, os alunos construíram experimentos que permitiram a verificação dos três processos de eletrização: atrito, contato e indução. Também, verificaram a distribuição de cargas em condutores em equilíbrio eletrostático, a blindagem eletrostática e o poder das pontas. O trabalho visou despertar o interesse e motivação dos alunos nas aulas de Física, desenvolvendo suas habilidades em seguir roteiros simples, coletar e analisar dados, além de aplicar os conceitos, abordados em sala, em situações de seu cotidiano.

Palavras-chaves: Atividade experimental, Eletrostática, Confecção de experimentos.

Presidente Prudente
Outubro de 2018

ABSTRACT

EXPERIMENTS OF ELECTROSTATICS AS METHODOLOGY OF SIGNIFICANT LEARNING

Rodrigo de Lima Luiz

Supervisor:
Agda Eunice de Souza Albas

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work, an alternative way of applying experiments in the classroom has been investigated, in which the students were responsible by their confections and not mere spectators who observed the teacher to perform an experimental activity. Thus, students produced, performed, and concluded on the proposed activities. It was proposed, in this work, the application of a Didactic Sequence to approach electrostatic using experimental activities, as significant learning methodology, proposed by David Ausubel. Before the experiments, the theme was contextualized through videos that showed intriguing situations in the daily life of students, involving electrostatics. It was also discussed the electricity history with its main discoveries, and how scientific concepts were developed over time. Then, using inexpensive, easy-to-find materials and following experimental script, the students constructed experiments that allowed the verification of the three electrification processes: friction, contact and induction. Also, they verified the charges distribution in conductors in electrostatic equilibrium, the electrostatic shield and the power of the tips. The aim of this work was to arouse student's interest and motivation in physics classes, developing their skills in following simple scripts, collecting and analyzing data, and applying the concepts, addressed in the classroom, in everyday situations.

Keywords: Experimental activity, Electrostatics, Preparation of experiments.

Presidente Prudente
October 2018

Lista de figuras.

| | |
|---|----|
| Figura 1: Modelo atômico atual | 9 |
| Figura 2: Eletrização por atrito de dois corpos..... | 11 |
| Figura 3: Eletrização de dois corpos idênticos e de dois corpos de tamanhos diferentes. | 13 |
| Figura 4: Eletrização de um corpo esférico por indução. | 14 |
| Figura 5: Esquema de um corpo pontiagudo representado por duas esferas de raios diferentes. | 15 |
| Figura 6: Filete de água sendo puxado por um canudo..... | 27 |
| Figura 7: Fotocopiadora. | 27 |
| Figura 8: Montagem dos kits experimentais. | 33 |
| Figura 9: Alunos respondendo ao questionário 2 no quinto encontro da Sequência Didática. | 35 |

Lista de Quadros.

| | |
|--|----|
| Quadro 1: Cronograma proposto para execução da sequência didática. | 18 |
|--|----|

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução..... | 1 |
| Capítulo 1 | 3 |
| Referencial teórico | 3 |
| 1.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel | 3 |
| 1.3.1 Conteúdo teórico da sequência didática: eletrostática..... | 9 |
| Capítulo 2 | 16 |
| Metodologia | 16 |
| 2.1 Desenvolvimento | 16 |
| 2.2 Questionário inicial | 18 |
| 2.3 Materiais utilizados na confecção dos kits | 19 |
| 2.4 Montagem dos kits | 19 |
| 2.5 Questionário final..... | 20 |
| Capítulo 3 | 21 |
| Resultados e discussões | 21 |
| 3.1 Aplicação da sequência didática..... | 21 |
| Considerações Finais..... | 41 |
| APÊNDICE A-QUESTIONÁRIO INICIAL..... | 44 |
| APÊNDICE B -QUESTIONÁRIO FINAL | 45 |
| APÊNDICE C- EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA. | 48 |
| APÊNDICE D – RESPOSTAS DOS ALUNOS NA ÍNTEGRA, DAS ATIVIDADES PROPOSTAS..... | 67 |

Introdução

A Física é uma disciplina em que a maioria dos alunos tem grande dificuldade de compreensão. A pergunta que motivou essa pesquisa é: por que essa grande dificuldade? Esse fato pode ser atribuído, talvez, às aulas tradicionais e desmotivantes que vêm sendo ministradas, pois os alunos, muitas vezes, não conseguem relacionar aquilo que estão aprendendo com situações ligadas ao seu cotidiano. Para muitos deles, a Física se resume a memorizar equações para resolver exercícios. Segundo Quirino e Lavarda (2001):

...procedimentos alternativos de ensino certamente são necessários para instigar a participação dos alunos e aumentar o interesse pelos conteúdos ministrados nas aulas de física. Esses procedimentos devem ser dinâmicos, permitindo a participação interativa dos alunos. (QUIRINO e LAVARDA, 2001, p.117)

Motivado a entender o grande desinteresse dos alunos em relação à disciplina de Física, propõe-se os seguintes objetivos:

- Pesquisar uma forma alternativa de aplicação de experimentos em sala de aula;
- Despertar o interesse e motivação dos alunos nas aulas de Física;
- Desenvolver, no estudante, habilidades em seguir roteiros simples, coletar e analisar dados;
- Ancorar novos conceitos físicos ao conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto abordado (eletrostática);
- Construir, de forma contextualizada, os conceitos físicos envolvidos na experimentação e relacioná-los com diversas situações do cotidiano.

Um dos procedimentos alternativos pode ser a utilização de experimentos em sala de aula, pois segundo Quirino e Lavarda (2001):

O uso de experimentos pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar física. De acordo com nossa experiência, quando o professor introduz os experimentos em uma sala de aula comum, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais

interessados e participativos. Neste momento ele poderá fazer a opção por uma determinada didática que inclua o uso de experimentos. (QUIRINO e LAVARDA, 2001, p. 118)

A utilização de experimentos aproxima o aluno das teorias estudadas e o auxilia a “ver” essa teoria em situações de seu cotidiano. Nota-se que a sociedade atual não aceita mais um procedimento de ensino exclusivamente expositivo (Quirino; Lavarda, 2001).

É fato que o uso de experimentos desperta o interesse e curiosidade dos alunos e pode-se utilizar desse recurso para a melhoria do ensino-aprendizagem, mas isso acarreta outro problema: a maioria dos professores de Física não dispõe de uma estrutura com bons equipamentos e laboratórios nas escolas em que lecionam. Muitos deles sequer sabem como trabalhar uma atividade experimental. A justificativa deste trabalho está na carência de material experimental de fácil acesso aos professores. Pensando nisso, este trabalho visa dar suporte ao professor que deseja implementar a atividade experimental em suas aulas, utilizando, para isso, materiais de baixo custo, de fácil acesso e manuseio. Propõe-se aqui a construção de um kit para o ensino de eletrostática, no qual os alunos participam diretamente de sua montagem e execução experimental, não apenas observando a demonstração dos fenômenos, feita pelo professor.

Capítulo 1

Referencial teórico

1.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel

Segundo a teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel (2003), o fator mais importante no processo de ensino e aprendizagem é o conhecimento prévio do aluno, isto é, aquilo que o estudante já sabe e que já faz parte de sua estrutura cognitiva. O próprio Ausubel (1978, apud MORAES, 2005) destaca que:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isso: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL, 1978, apud MORAES, 2005, p. 53).

Para ele, a aprendizagem significativa é um processo pelo qual um novo conhecimento relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Nesse processo, a nova informação ancora-se a um subsunçor, ou seja, a uma estrutura cognitiva específica preexistente, resultando na aprendizagem significativa. O autor vê a aprendizagem como um processo organizado, formando uma hierarquia conceitual, em que os conhecimentos mais específicos são relacionados a conceitos e ideias mais gerais.

O trabalho de Moreira e Masini (2006) define que a aprendizagem significativa processa-se quando:

O material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interagem com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. Assim uma experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada, que emerge quando sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativos são relacionados à estrutura cognitiva e nela incorporados (MOREIRA E MASINI, 2006, p.14).

Contrapondo a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem se ligarem a conceitos subsunçores específicos. A nova

informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação.

Pode-se citar, em Física, por exemplo, a memorização de equações ou conceitos como exemplos de aprendizagem mecânica. Outro exemplo seria aquele estudo de última hora, tão comum em alunos do Ensino Médio atual, em que se “decoram” respostas prontas para perguntas pré-estabelecidas e, no momento da avaliação, só reproduzem aquilo que memorizaram, mas não são capazes de resolverem problemas envolvendo os mesmos conceitos que deveriam ter aprendido em vez de memorizar.

Contudo, Ausubel não distingue a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica como sendo uma o oposto da outra, mas sim uma continuidade entre as duas. Assim, essa distinção não deve ser confundida com a que há entre aprendizagem por recepção ou por descoberta, já que, na primeira, o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno em sua forma final, enquanto, na segunda, o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo estudante. No entanto, toda e qualquer aprendizagem, seja receptiva ou por descoberta, para ser significativa, deve incorporar-se a conceitos subsunçores, ideias âncoras, relevantes já existentes. (Moreira e Masini, 2006)

Embora a aprendizagem significativa deva ser preferida à mecânica, existem situações em que a aprendizagem mecânica é necessária, como na fase inicial da aquisição de um novo conhecimento. Moreira e Masini (2006) descrevem que a teoria de Ausubel baseia-se na ideia de que, para que ocorra a aprendizagem significativa, deve haver ideias-âncoras. Entretanto, se um aluno vai ter contato com uma área totalmente nova, ele não terá ideias-âncoras. Nesse caso, a aprendizagem mecânica é importante e até desejável, para que alguns elementos desse novo conhecimento passem a existir na estrutura cognitiva a fim de poderem servir de subsunçores, ou ideias-âncoras. À medida que a aprendizagem vai se tornando significativa, esses subsunçores vão se tornando cada vez mais complexos e servindo para ancorar novas informações.

Nos casos em que o aprendiz não possui conhecimento prévio, Ausubel recomenda a utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido, servindo como ponte cognitiva entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber. Os organizadores são mais eficazes quando apresentados no início das tarefas de aprendizagem, em vez de serem inseridos simultaneamente com o conteúdo a ser aprendido, pois assim, suas particularidades se tornam mais evidentes. Para terem utilidade, os organizadores prévios necessitam de ser elaborados a partir de elementos conhecidos pelos aprendizes. O material de aprendizagem também deve ter boa organização para apresentar valor pedagógico.

Segundo a teoria de Ausubel (2003), para que ocorra a aprendizagem significativa, o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo para o estudante e relacionável à sua estrutura de conhecimento. O estudante também deve possuir disposição em relacionar o novo conhecimento, de maneira não arbitrária e substantiva, à sua estrutura cognitiva. Se o estudante não tiver disposição em assimilar o novo conhecimento e quiser simplesmente decorar o novo conceito, esse novo conhecimento não terá significado para ele.

É importante fazer a verificação da aprendizagem, deixando de lado problemas já discutidos e propondo novas situações-problema que exijam a máxima reflexão e uso do novo conhecimento adquirido.

1.2 O uso de experimentos como ferramenta para a aprendizagem significativa

Percebe-se que, nos últimos anos, muitas pesquisas foram realizadas para melhorar a qualidade do ensino da Física no Brasil. O fato é que muitos estudantes encaram essa disciplina como sendo de extrema dificuldade e quase inacessível, talvez porque as aulas tradicionais que vêm sendo ministradas sejam, de fato, desinteressantes e desestimulantes. Nesse sentido, uma estratégia de ensino bastante pertinente é o uso de experimentos que despertem a curiosidade e o interesse dos alunos. Segundo Araújo e Abib (2003):

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. (ARAÚJO E ABIB, 2003, p. 176).

Giordan (1999) afirma que:

É de conhecimento dos professores de ciências o fato da experimentação despertar um forte interesse entre os alunos em diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta. (GIORDAN, 1999, p. 46).

Ainda, segundo Silva e Reis (2013)

A realização de atividade experimental é sempre um evento marcante, desafiador e inestimável do ponto de vista cognitivo e pode ser realizado tanto pelos alunos quanto pelo professor. Entretanto, conhecer a função pedagógica das atividades experimentais, seu objetivo e como se classificam, é fundamental, pois, permite ao professor planejar uma aula mais objetiva e eficiente. (SILVA E REIS, 2013, p. 41)

As atividades experimentais em sala de aula proporcionam uma nova dinâmica durante a aula. Os alunos se mostram mais interessados e participativos. Muitos experimentos despertam a curiosidade do aluno, e o assunto abordado na aula, que antes parecia algo desinteressante e fora de contexto, agora passa a ser algo mais palpável e até lúdico. É imprescindível que o professor de Física desenvolva algumas atividades experimentais, tão importantes no Ensino de Ciência.

Quando se fala em experimentação em ensino de Física, um dos problemas que se encontra é a falta de infraestrutura da maioria das escolas, que não possuem um laboratório com material disponível para que os professores possam utilizar, e o custo elevado desse material em empresas do ramo inviabiliza o professor de adquiri-los com recursos próprios. Essas situações não podem e não devem ser usadas como desculpa para que atividades experimentais nunca sejam feitas. Existem inúmeros experimentos que podem ser construídos a partir de materiais de baixo custo e que se pode

até incluir a participação dos alunos na confecção de kits experimentais para a realização das atividades.

Outro problema que se encontra é o fato de muitos dos professores de Física não possuírem preparo para ministrar aulas experimentais. Outros já se acomodaram com a rotina de sala de aula e, muitas vezes, não se dispõem a mudar sua maneira de ensinar. Com isso, o ensino de Física vem ficando cada vez mais prejudicado. A falta de preparo pode ser resolvida facilmente se o professor se dispuser a estudar e mudar sua maneira de ensinar. Já a falta de interesse em mudar é mais complexa para se resolver.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (1997) apontam que:

O experimento como fonte de investigação, se torna potencialmente significativo quando os alunos e seus colegas, além de participarem da montagem, definem o problema; elaboram hipóteses e conversam com o professor e testam diversas maneiras de coletar os dados e de relacionar os resultados obtidos. (BRASIL, 1997, p. 80).

Nota-se que o experimento se torna potencialmente significativo quando o aluno participa ativamente da montagem do equipamento a ser utilizado na atividade experimental. Essas atividades podem ser utilizadas de duas maneiras de acordo com Araújo e Abib (2003):

Essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (ARAÚJO E ABIB, 2003, p. 177).

Pode-se afirmar que atividades experimentais colaboram para uma aprendizagem significativa, desde que o professor saiba exatamente aonde quer chegar, ou seja, tenha clareza de seus objetivos.

As vantagens que as atividades experimentais trazem ao ensino de Física podem ser ajustadas com o plano de ensino de cada série, para que possam ser desenvolvidas ao longo do ano letivo. Considerando a falta de

infraestrutura adequada para a realização de atividades experimentais mais sofisticadas, o uso de materiais de baixo custo na confecção dos equipamentos a serem utilizados pode ser considerada uma alternativa viável para a construção do conhecimento do aluno, uma vez que ele estará visualizando aquilo que está aprendendo.

Tendo em vista essas considerações, o referencial teórico adotado sustenta a proposta do presente trabalho, uma vez que o uso de atividades experimentais em sala de aula, sobre eletrostática, pode criar, nos alunos, subsunçores para ancorar conceitos mais sofisticados e, assim, possibilitar uma aprendizagem significativa desse tema específico da Física.

1.3 Sequência didática

Sequência didática é um conjunto de atividades ligadas entre si, para ensinar determinado conteúdo passo a passo. Zabala (1998) define sequência didática como sendo:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.” (ZABALA,1998 p.18)

Uma sequência didática lembra um pouco um plano de aula, mas é bem mais completa, pois aborda várias atividades de ensino e aprendizagem que não podem ser desenvolvidas em uma única aula. Essas atividades devem ser ordenadas para que o tema abordado seja aprofundado e utilize diferentes estratégias, tais como vídeos, aula dialogada, experimentos, entre outros. Assim, durante as aulas que compõem a sequência didática, espera-se que o aluno se aproprie do tema desenvolvido, aprofundando seu conhecimento.

As sequências didáticas são ferramentas de fundamental importância para a construção de conhecimento, uma vez que as atividades proporcionam um aprofundamento gradual dos temas abordados a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes. Brasil (2012) acrescenta que:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência

de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p. 21).

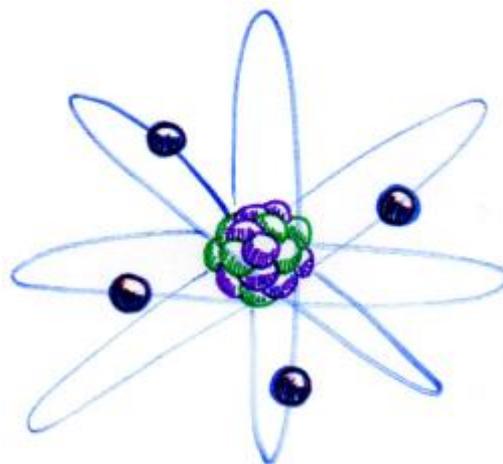
Neste trabalho, propõe-se uma sequência didática sobre eletrostática, abrangendo desde a montagem e desenvolvimento de experimentos até a abordagem teórica e aplicações práticas presentes no cotidiano do aluno. O tema eletrostática foi escolhido devido a várias situações cotidianas em que os alunos já estão familiarizados. É importante salientar que a sequência didática a ser utilizada deve sempre levar em consideração os conceitos prévios existentes ou adquiridos pelo aluno.

1.3.1 Conteúdo teórico da sequência didática: eletrostática

ESTRUTURA ATÔMICA

Para se compreender eletrostática, é de fundamental importância que se entenda a estrutura atômica. Para isso, um modelo atômico simplificado é mostrado na **Figura 1**:

Figura 1: Modelo atômico atual



Fonte: Elaborada pelo autor

Formando o núcleo central, têm-se dois tipos de partículas: o próton (bolinha roxa), que possui carga elétrica positiva, e o nêutron (bolinha verde),

que não possui carga elétrica. Orbitando o núcleo, estão os elétrons que possuem carga elétrica negativa. Segundo Gaspar 2000:

Embora não saibamos o que seja carga elétrica, conhecemos suas inúmeras características e propriedades:

- A carga elétrica se conserva, isto é, a carga elétrica total de um sistema eletricamente isolado é constante (Princípio da conservação da carga elétrica) e é quantizada, isto é, seu valor é múltiplo do valor da carga elétrica elementar – a carga do elétron.
- Existem dois tipos de carga elétrica, uma chamada negativa e outra chamada positiva.
- Cargas elétricas do mesmo tipo repelem-se; de tipos diferentes atraem-se.
- Em todo átomo, o número de elétrons é igual ao número de prótons, ou seja, todo átomo é eletricamente neutro. (GASPAR, 2000 p. 11)

Sabe-se que tudo o que nos cerca é formado por átomos. Todos os corpos que podem ser vistos e tocados, são, na verdade, um conjunto de muitos átomos. Diz-se que os corpos estão eletricamente neutros quando a quantidade de prótons e elétrons contidos nesses corpos é igual. Quando há um desequilíbrio nessas quantidades, diz-se que os corpos estão eletrizados.

Os corpos podem ficar eletrizados positivamente quando, a partir de um estado neutro, perdem elétrons, ou negativamente quando, a partir de um estado neutro, recebem elétrons. Não é difícil perceber que os elétrons estão praticamente soltos no átomo. O único motivo que os mantém orbitando o núcleo é a força de atração com os prótons que fazem parte desse núcleo (interação coulombiana). Desse modo, é importante notar que o fato de um corpo ficar eletrizado decorre do processo de ceder ou receber elétrons. A carga positiva não se move, pois está presa ao núcleo atômico.

CARGA ELÉTRICA ELEMENTAR E QUANTIZAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

A carga elétrica elementar corresponde ao valor da carga do elétron que, em unidades do Sistema Internacional, possui o valor $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

O elétron possui carga elétrica $-e$, e o próton possui carga elétrica $+e$.

Toda carga elétrica encontrada na natureza é, necessariamente, um múltiplo desse valor, isto é, qualquer carga elétrica pode ser escrita como mostrado na equação (1).

$$Q = n.e \quad (1)$$

Nesta equação, n representa o número de portadores de carga em excesso no corpo.

CONDUTORES E ISOLANTES

Segundo Gaspar 2000,

[...]condutor é o corpo através do qual as partículas portadoras de cargas elétricas podem mover-se com facilidade. Quando isso não ocorre, ou ocorre com muita dificuldade, o corpo é chamado de isolante. (GASPAR 2000, p. 13)

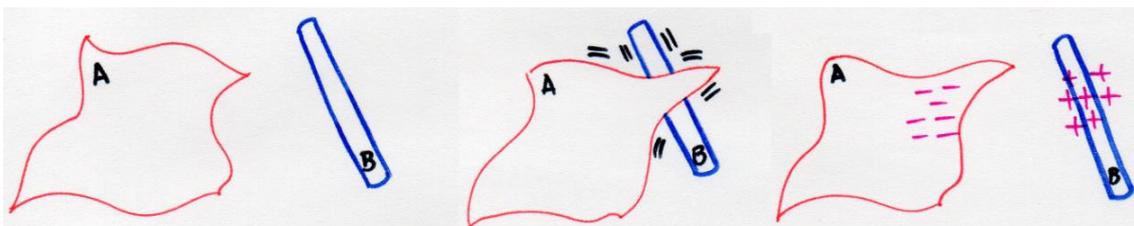
Pode-se dizer que, na verdade, nenhum corpo é um condutor ou isolante perfeito. Em determinadas circunstâncias, um material considerado isolante pode conduzir eletricidade, da mesma forma que todo condutor oferece certa dificuldade à condução de eletricidade. Pode-se dizer que existem materiais bons condutores e materiais maus condutores.

PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

Na eletrização por atrito, esfregam-se dois corpos neutros que trocarão elétrons entre si, obtendo-se, ao final da eletrização, dois corpos eletrizados com cargas de sinais opostos. A **Figura 2** ilustra esse processo:

Figura 2: Eletrização por atrito de dois corpos



Fonte: Elaborada pelo autor

Quando o corpo A é atritado com o corpo B, elétrons do corpo B passam para o corpo A, fazendo com que o corpo A fique eletrizado negativamente, e o corpo B, positivamente. Para saber qual dos materiais ficará eletrizado positiva ou negativamente, precisa-se conhecer a série triboelétrica, que nada mais é que uma listagem de materiais estabelecida experimentalmente, que coloca, em uma sequência decrescente, aqueles que têm maior capacidade de ceder elétrons (GASPAR, 2000). A seguir, são colocados alguns materiais dessa série: Vidro – Mica – Lã – Seda – Papel – Madeira – Ebonite – Celulóide.

Ao considerar quaisquer dois materiais dessa série, o material que estiver mais à esquerda ficará eletrizado com carga elétrica positiva.

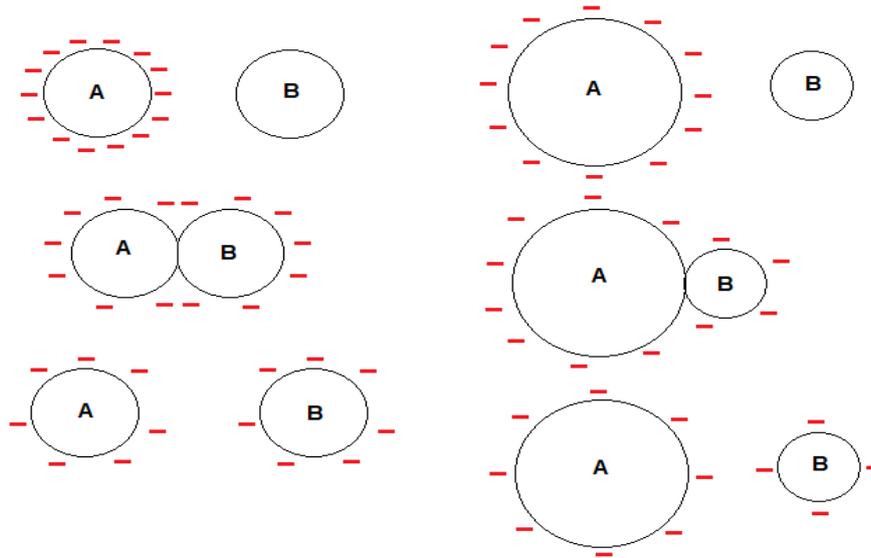
ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

Para se compreender a eletrização por contato, é necessário compreender alguns aspectos de um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático:

- As cargas elétricas em um condutor eletrostático em equilíbrio encontram-se em sua superfície externa (Blindagem Eletrostática), uma vez que as cargas de mesmo sinal se repelem e terão a tendência de se afastarem o máximo que conseguirem umas das outras;
- Considerando corpos esféricos, a distribuição de cargas na superfície esférica será uniforme.

Para se eletrizar um corpo por contato, é necessário que ele encoste em outro corpo que esteja previamente carregado. É importante que o corpo a ser eletrizado por contato seja condutor. As cargas elétricas se distribuirão ao longo da superfície externa dos dois corpos. Se os corpos forem idênticos, a carga elétrica se distribuirá igualmente entre os dois corpos. Se os corpos forem duas esferas de raios diferentes, por exemplo, a carga elétrica que cada corpo possuirá, após o contato, será proporcional ao raio dessas esferas. A **Figura 3** ilustra a eletrização de duas esferas condutoras idênticas num primeiro momento e a eletrização de duas esferas cujo raio da primeira é o dobro da segunda.

Figura 3: Eletrização de dois corpos idênticos e de dois corpos de tamanhos diferentes.



Fonte: Elaborada pelo autor

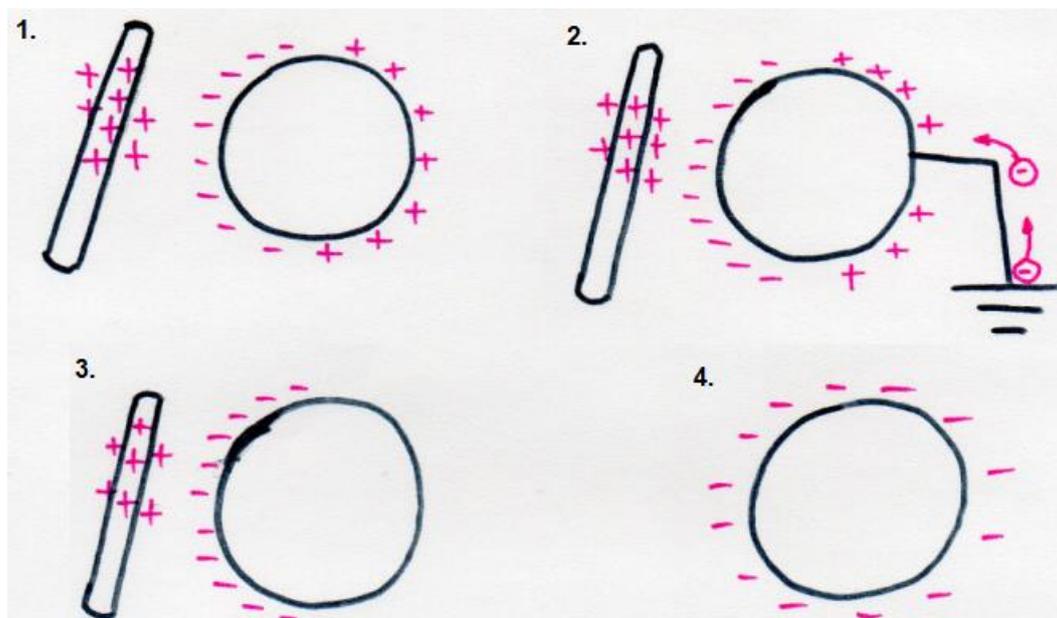
ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

Na eletrização por indução, têm-se dois corpos: o indutor, que deve estar previamente eletrizado; e o induzido, que será o corpo a ser eletrizado. Ao aproximar-se o indutor do induzido que está eletricamente neutro, haverá uma polarização das cargas dele. Não há contato entre o indutor e o induzido nesse processo. Segundo GASPAR, 2000:

O induzido deve estar ligado temporariamente à Terra ou a um corpo maior que lhe forneça elétrons ou que dele os receba, num fluxo provocado pela presença do indutor. Caso contrário o induzido apenas se mantém eletricamente polarizado enquanto o indutor estiver presente. (GAPAR, 2000, p.16)

A **Figura 4** a seguir ilustra o processo de eletrização por indução. Nela, constam as etapas de 1 a 4, a serem seguidas para que o corpo esférico fique eletricamente carregado.

Figura 4: Eletrização de um corpo esférico por indução.



Fonte: Elaborada pelo autor

Etapa 1: Aproxima-se o bastão carregado positivamente (indutor) da esfera eletricamente neutra (induzido). As cargas negativas do induzido são atraídas pelas cargas positivas do indutor, polarizando-o.

Etapa 2: Ainda com o indutor próximo à esfera, conecta-se a ela um fio ligado na Terra. Elétrons da Terra percorrem o fio e vão para o induzido.

Etapa 3: Remove-se o fio e, finalmente, afasta-se o indutor.

Etapa 4: As cargas elétricas distribuem-se uniformemente na superfície externa do condutor esférico.

É importante perceber que, após a eletrização por indução, o induzido estará carregado com cargas de sinal oposto às cargas do indutor. A indução eletrostática também justifica o fato de um corpo neutro ser atraído por um corpo eletrizado.

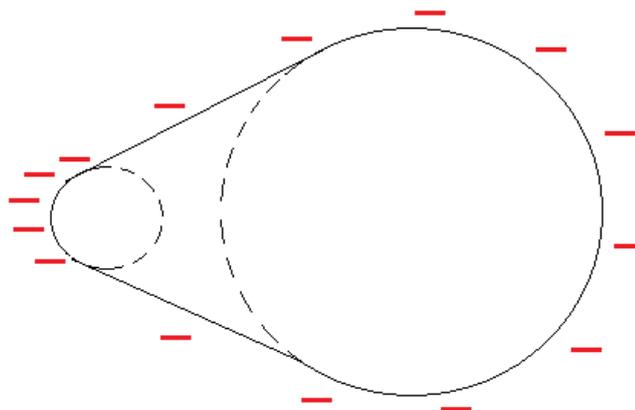
PODER DAS PONTAS

Em um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático, as cargas elétricas se acumulam em maior quantidade nas regiões pontiagudas. Esse fato pode ser justificado se retomarmos o exemplo da eletrização por contato de dois corpos esféricos de raios diferentes.

Como as cargas elétricas se distribuem entre os dois corpos proporcionalmente ao raio deles, haverá uma distribuição superficial de cargas maior no corpo de menor raio, isto é, a densidade superficial de carga, que é definida pela razão entre a carga total e a área da esfera, é maior no corpo de raio menor.

Consideremos como exemplo, os corpos ilustrados na **Figura 3**. O raio do corpo A é o dobro do raio do corpo B, o que faz com que o corpo A adquira uma carga que será o dobro da carga de B. Mas, por possuir um raio duas vezes maior, possuirá uma área quatro vezes maior e, ao dividir a carga total de cada esfera pelas respectivas áreas, obtém-se uma densidade superficial de cargas da esfera B que será o dobro daquela encontrada na esfera A. Uma ponta pode ser considerada uma esfera muito pequena junto a uma esfera grande, como ilustra a **Figura 5**.

Figura 5: Esquema de um corpo pontiagudo representado por duas esferas de raios diferentes.



Fonte: Elaborada pelo autor

Capítulo 2

Metodologia

“A Metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observadas para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade”. (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.14)

O presente trabalho utiliza o recurso da experimentação em sala de aula para verificar a eficácia de um modelo experimental no qual os alunos participam da confecção, montagem e realização do experimento.

Espera-se que, após a aplicação da sequência didática proposta neste trabalho, os alunos fiquem mais estimulados e mais motivados a aprender a ciência de maneira geral. Eles ficam com os kits experimentais construídos e podem utilizá-los sempre que desejarem.

2.1 Desenvolvimento

Este trabalho foi desenvolvido no Colégio Prevê Objetivo, na cidade de Marília-SP, no ano de 2017, na forma de minicurso, em contraturno das aulas pertencentes ao calendário escolar, no período vespertino. Inicialmente, os alunos do primeiro e do segundo ano do Ensino Médio foram convidados para participarem do minicurso e, para isso, foram oferecidas trinta vagas, das quais apenas quinze foram preenchidas sendo 5 alunos da primeira série e 10 alunos da segunda série. O número limitado de vagas permitiu que o professor pudesse oferecer uma melhor assistência em sala para os alunos participantes. Os estudantes trabalharam em grupos com cinco integrantes, durante cinco encontros, os quais serão descritos como segue.

No primeiro encontro, um questionário inicial foi utilizado pelo professor, para fazer um levantamento qualitativo dos conhecimentos prévios que os alunos possuíam sobre o assunto, e assim poder estruturar melhor a sequência didática e separar os grupos de alunos. Esse questionário encontra-se no apêndice A.

No segundo encontro, o professor iniciou, em sala de aula, uma discussão e levantou algumas situações intrigantes do cotidiano, que envolviam o tema de eletrostática, como por exemplo o fato de levarmos choques elétricos ao encostar em uma maçaneta, os pequenos estalos que se ouvem quando retiramos uma blusa de lã, etc. Utilizaram-se, para isso, alguns vídeos. Na sequência, iniciou-se uma discussão sobre o contexto histórico da eletricidade, abordando as principais descobertas na área e como o conhecimento sobre o tema evoluiu historicamente. Esse encontro foi trabalhado de forma dinâmica, envolvendo uma discussão geral, com muitos exemplos e contextos, a fim de que a aula não se tornasse meramente expositiva. Na sequência, foi feita a seleção dos três grupos de cinco alunos e apresentada a lista de materiais a serem utilizados na confecção dos kits experimentais.

No terceiro encontro, os alunos trouxeram, para a aula, os materiais necessários para a confecção dos kits experimentais. Mediante um roteiro pré-estabelecido e contextualizado, os alunos começaram a fazer a montagem dos equipamentos.

No quarto encontro, os alunos finalizaram a montagem dos kits experimentais e executaram os experimentos propostos.

No quinto encontro, o professor sistematizou e formalizou os conteúdos abordados nas atividades, explorando os resultados experimentais alcançados pelos estudantes, bem como os conceitos físicos construídos a partir deles.

O minicurso foi finalizado com uma avaliação da evolução dos conceitos adquiridos, bem como do conteúdo aprendido significativamente por cada estudante. A avaliação ocorreu na forma de um questionário final, em que foi observada a capacidade de relacionar os conceitos abordados durante os encontros com situações e problemas cotidianos, em vez de, simplesmente, responderem às perguntas tradicionais, como: “Defina...”, “Que é...?”. Essa estratégia permitiu avaliar se houveram indícios de uma aprendizagem significativa. Como a sequência didática foi aplicada em um colégio particular, onde há a preocupação de preparar os alunos para os exames vestibulares, foram incluídos, nesse questionário, alguns testes de vestibular para observar

se os alunos estariam aptos para realizar tais exames. O questionário final encontra-se no apêndice B.

A sequência didática ocorreu de acordo com o cronograma descrito no **Quadro 1**. Cada encontro no Quadro 1 corresponde a duas horas-aula de 50 minutos cada.

Quadro 1: Cronograma proposto para execução da sequência didática.

| Encontros | Atividade desenvolvida |
|-------------|---|
| 1º Encontro | Aplicação do questionário inicial para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. |
| 2º Encontro | <ul style="list-style-type: none"> • Discussões em sala, com apresentação de vídeos que abordam situações intrigantes do cotidiano, relacionadas ao tema da eletrostática. • Discussões em sala, com auxílio de Datashow, sobre a história da eletricidade e as principais descobertas. Abordagens de como os conceitos científicos foram evoluindo ao longo da história. • Seleção dos grupos de alunos e apresentação da lista de materiais necessários para a confecção dos kits. |
| 3º Encontro | Montagem dos experimentos: Processos de eletrização, Eletroscópio de pêndulo, Eletroscópio de folha, Poder das pontas e Blindagem eletrostática. |
| 4º Encontro | Finalização da montagem dos experimentos e realização das atividades experimentais. |
| 5º Encontro | <ul style="list-style-type: none"> • Formalização da teoria contextualizada; • Avaliação do aprendizado dos alunos. |

Fonte: Elaborada pelo autor

2.2 Questionário inicial

As questões apresentadas foram escolhidas e/ou elaboradas para observar, de forma qualitativa, nas respostas dadas pelos estudantes, se eles já vivenciaram as situações descritas em seu cotidiano e, simultaneamente, se são capazes de relacioná-las com algum conhecimento específico sobre o assunto pré-existente em sua estrutura cognitiva. São esses conhecimentos prévios que foram utilizados como subçunsores para ancorar novos conceitos relacionados ao tema. Este questionário permitiu o direcionamento das atividades seguintes, buscando situações que implementassem os

conhecimentos prévios (heterogêneos) desses alunos. O questionário encontra-se no apêndice A.

2.3 Materiais utilizados na confecção dos kits

Os experimentos propostos desenvolvidos neste trabalho foram confeccionados com materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados. Dessa forma, todos os materiais utilizados na confecção dos experimentos puderam ser adquiridos em uma papelaria e um supermercado. Estes materiais, providenciados por cada grupo de alunos, foram:

- Cartolina
- Canudos de refresco
- Fio de seda (encontrado em meia-calça velha desfiada)
- Papel toalha
- Tinta metálica
- Papel Alumínio
- Cola branca do tipo bastão
- Tesoura escolar
- Copinhos descartáveis de cafezinho
- Gesso em pó
- Colchetes para pasta arquivo.
- Fita adesiva
- Clipe metálico
- Coador de plástico e coador metálico

2.4 Montagem dos kits

Os grupos de alunos fizeram a montagem dos seguintes experimentos:

- 1 eletroscópio de folha;
- 1 eletroscópio de pêndulo;
- 1 eletroscópio de folhas com uma região pontiaguda para mostrar o “poder das pontas”;

- 1 experimento para mostrar a distribuição externa das cargas em condutores: mini gaiola de Faraday.

A montagem e a execução dos experimentos estão descritas de maneira mais detalhada na sequência didática no apêndice C.

2.5 Questionário final

Foram apresentadas questões similares às questões do questionário inicial, a fim de verificar o avanço no conhecimento adquirido, ou seja, se houve indícios de uma aprendizagem significativa. Também foram apresentados testes de vestibular para verificar se os alunos compreenderam o assunto abordado de modo a resolverem problemas (tradicionais) propostos. O questionário encontra-se no apêndice B.

Capítulo 3

Resultados e discussões

No decorrer da pesquisa e no desenvolvimento da sequência didática, utilizou-se uma abordagem de pesquisa qualitativa descritiva que tem por finalidade, descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento. (PRODANOV; FREITAS, 2013)

Ainda segundo Prodanov e Freitas (2013),

Tal pesquisa observa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador. Procura descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações com outros fatos. Assim, para coletar tais dados, utiliza-se de técnicas específicas, dentre as quais se destacam a entrevista, o formulário, o questionário, o teste e a observação. (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.52)

Na pesquisa qualitativa, “trabalha-se predominantemente com dados qualitativos, a informação coletada pelo pesquisador não é expressa em números, ou então os números e as conclusões neles baseadas representam um papel menor na análise” (RICHARDSON, 1989).

3.1 Aplicação da sequência didática

PRIMEIRO ENCONTRO

Como citado na seção 2.1, no primeiro encontro, foi aplicado um questionário inicial individual, afim de detectar os conhecimentos prévios dos alunos. A seguir, são mostradas algumas respostas às questões, dadas pelos alunos, para posterior discussão. Foram excluídas aqui respostas muito similares ou iguais entre si. As respostas dos alunos foram transcritas, mas as respostas originais estão na íntegra no apêndice D.

1. Falando em eletricidade, qual a diferença entre um material condutor e um material isolante?

Aluno 1: Material isolante é algo que não conduz eletricidade, como a borracha. Material condutor é aquele capaz de conduzir eletricidade, como metais.

Aluno 2: Um material condutor consegue conduzir eletricidade por todo um sistema enquanto um material isolante não deixa as correntes elétricas passarem.

Aluno 3: Um material condutor é um material que conduz a eletricidade por meio do corpo. Ex.: Metal. Um material isolante é um “corpo” que isola, impede a passagem de eletricidade. Ex.: Borracha.

Aluno 4: Um material condutor é um objeto que conduz energia e um material isolante é que isola a eletricidade.

Aluno 5: Material condutor é aquele que conduz (transporta) a eletricidade, e o isolante encerra o ciclo de energia.

2. O que é um corpo eletricamente carregado?

Aluno 1: Não sei (provavelmente tem alguma coisa a ver com elétrons e cargas, deve ser isso).

Aluno 2: Um corpo que tem cargas elétricas agindo sobre si.

Aluno 3: Um corpo com bastante eletricidade.

Aluno 4: Um corpo com muitos elétrons em sua eletrosfera.

Aluno 5: É um corpo que está “carregado” com uma certa quantidade de energia.

3. Você sabe dizer o que é eletricidade estática?

Aluno 1: É a eletricidade que “surge” com o atrito de um objeto com outro.

Aluno 2: É aquilo que dá quando você esfrega uma bexiga no seu cabelo.

Aluno 3: É a eletricidade que fica permanente em algum corpo sem que transmita a outro, apenas conduza.

Aluno 4: É uma eletricidade que funciona em apenas um corpo, sem se movimentar para outros.

Aluno 5: Não sei ao certo.

4. É comum, em dias de clima seco e frio, levar alguns choques elétricos ao se tocar em maçanetas de portas. Você saberia dizer a origem desse choque elétrico?

Aluno 1: “Choque” dos calores ou melhor, da energia trocada, por exemplo, o nosso corpo quente ao tocar na maçaneta fria da porta.

Aluno 2: Não, mas se tivesse que chutar seria culpa dos elétrons.

Aluno 3: O choque provém pelo fato de, em dias secos e frios, haver maior possibilidade e facilidade de condução elétrica.

Aluno 4: A origem do choque em dias secos provém do atrito.

Aluno 5: A carga elétrica acumulada nos corpos por conta da falta de calor no ambiente.

5. Em um dia de tempestade, uma pessoa se encontra dentro de seu carro, que é atingido por um raio. Você saberia dizer o que acontece com essa pessoa imediatamente após o raio ter caído em seu carro?

Aluno 1: Nada pois a eletricidade vai passar pelo carro e isolar nos pneus, porém se a pessoa tocar em algo como o vidro ou a porta, ela levará choque.

Aluno 2: Nada, pois o carro transfere a energia para o solo e não para o motorista. O carro será danificado pela eletricidade.

Aluno 3: Não, mas ela pode apresentar alguns “sintomas”, podendo levá-la à morte.

Aluno 4: A pessoa vai levar choque.

Aluno 5: Com a pessoa não irá acontecer nada, pois a energia iria ser conduzida até os pneus que iriam isolar a energia.

Analisando as respostas dadas pelos alunos ao questionário, percebe-se que a maioria deles apresenta pouco conhecimento sobre o tema, embora

palavras como “energia”, “eletricidade”, “elétrons” e “eletrosfera” sejam usadas com coerência no contexto das respostas. Algumas respostas apresentadas indicam a falta completa de conhecimento sobre o assunto. Uma discussão acerca das respostas de cada questão é apresentada a seguir.

Questão um: A maioria dos alunos respondeu que condutor é o material que conduz eletricidade, e isolante é aquele que isola. Alguns alunos até citaram exemplos de condutores e isolantes, mas nenhum deles foi capaz de definir corretamente o que seria um condutor e um isolante.

Questão dois: A maioria respondeu que não sabia o que era um corpo carregado, e os que se arriscaram a dar alguma resposta não conseguiram explicar corretamente. O que mais se aproximou de uma resposta razoável foi o aluno que escreveu que é um corpo com muitos elétrons em sua eletrosfera.

Questão três: Quase todos os alunos responderam que não sabiam o que era eletricidade estática. Dois deles deram exemplos de eletrização por atrito, mas não definiram eletricidade estática.

Questão quatro: Destacaram-se respostas de apenas três alunos, pois os demais responderam que não sabiam a origem do choque ao se tocar a maçaneta. O primeiro aluno confundiu os conceitos de choque elétrico e choque térmico. O segundo arriscou que o choque é “culpa” dos elétrons, e o terceiro relatou que, em dias de clima seco, a condução de eletricidade é facilitada.

Questão cinco: Parece ser senso comum que estamos protegidos dentro do carro em dias de tempestade, mas nenhum deles soube explicar corretamente o porquê. Apenas dois alunos acreditavam que a pessoa dentro do carro levaria um choque elétrico.

Diante do questionário inicial, e aplicando o referencial teórico abordado, viu-se a necessidade de elaborar organizadores prévios para que servissem como ponte cognitiva, uma vez que os conhecimentos prévios dos alunos eram bem limitados. Para isso, no segundo encontro, foram abordadas situações reais e cotidianas que envolviam o tema em estudo, de maneira que fossem contextualizadas.

SEGUNDO ENCONTRO

A abordagem foi feita através de dois vídeos que justificavam a importância de se estudar eletricidade. Um deles tratava da abordagem histórica e também mostrava situações intrigantes do cotidiano, além de mostrar várias aplicações da eletricidade estática. O outro vídeo mostrava um raio atingindo um carro em movimento em um dia de tempestade. Os endereços eletrônicos dos vídeos utilizados encontram-se na sequência didática contida no apêndice C. Percebia-se grande interesse por parte dos alunos. Os olhos ficavam fixos no vídeo. Em seguida, abriu-se um momento para discussão e eventuais dúvidas dos alunos a respeito do tema tratado até então.

Ainda nesse encontro, a turma foi dividida em três grupos de cinco alunos e a lista de materiais que seriam utilizados na confecção dos kits experimentais foi apresentada para que eles providenciassem tudo para o próximo encontro. Essa lista consta na seção 2.3.

TERCEIRO E QUARTO ENCONTROS

Mediante o roteiro experimental contido na sequência didática em anexo, os alunos iniciaram a montagem dos kits para as atividades experimentais. Percebeu-se bastante envolvimento dos alunos durante a montagem dos experimentos. O professor circulou pela sala, a fim de auxiliar os alunos na montagem dos kits, caso eles apresentassem alguma dúvida. No momento de utilizar a tinta metálica spray para pintar a cartolina, o professor levou os alunos ao pátio do colégio para evitar que eles mesmos inalassem o cheiro forte da tinta e deixou os materiais pintados em uma bancada para secar.

Os alunos se mostraram bastante participativos e auxiliavam uns aos outros na melhor maneira de efetuar a montagem. Percebeu-se que eles ficaram muito animados por estarem produzindo o equipamento que posteriormente seria usado.

Na execução do experimento de eletrização por atrito, pôde-se observar que os alunos ficaram bastante surpresos ao observar que o canudinho “grudava” na lousa ou na parede após ser atritado com o papel toalha.

Ao aproximar o canudo eletrizado do eletroscópio de pêndulo, os alunos puderam observar a bolinha do eletroscópio sendo inicialmente atraída por ele e, após o contato, a repulsão entre eles. Alguns alunos já queriam saber porque isso ocorria. Nesse momento, o professor avisou que o fenômeno seria explicado posteriormente.

Utilizando os eletroscópios de folhas, os alunos puderam perceber que, ao passar o canudo nos eletroscópios, as folhas de papel alumínio se levantaram e que, no eletroscópio pontiagudo, as folhas localizadas na região pontiaguda se levantaram mais. Os alunos também queriam saber o porquê do fenômeno e, novamente, o professor comunicou que esse fato também seria explicado posteriormente.

Ainda utilizando o eletroscópio de folhas, os alunos ficaram surpresos quando apenas aproximaram o canudo atritado com papel toalha da cabeça do eletroscópio 1. Eles notaram que, mesmo não encostando o canudo no eletroscópio, a folha de papel alumínio se levantava e, quando um dos alunos tocava com o dedo o eletroscópio, a folha voltava à posição original. Ao afastar o canudo e retirar o dedo, a folha voltava a subir.

Por fim, utilizaram pequenos pedacinhos de papel e, com o canudo eletrizado, os alunos perceberam que os pedacinhos de papel eram atraídos através do coador plástico, mas o mesmo não ocorria com o coador metálico. Esse fato se mostrou bastante interessante para eles, e um dos alunos até perguntou se aquilo tinha alguma coisa a ver com o fato de um raio atingir um carro e não atingir o motorista. Percebeu-se que ele conseguiu relacionar o experimento do coador com o vídeo a que ele assistiu no segundo encontro.

É importante frisar que os alunos confeccionaram e realizaram os experimentos utilizando apenas o roteiro experimental proposto e que o professor ficou circulando na sala e, eventualmente, ajudando os alunos apenas quando solicitado. Essa ajuda se limitava a mostrar a melhor maneira de fazer uma colagem do papel alumínio, o recorte de uma cartolina, enfim, pequenas coisas que os alunos certamente conseguiriam fazer sozinhos se dispusessem de um tempo maior. Praticamente não houve interferência do professor, nem na montagem, e nem na execução dos experimentos.

ROTEIRO EXPERIMENTAL

A seguir, será feita uma análise das questões contidas no roteiro experimental. Esse roteiro faz parte da sequência didática contida no apêndice C. As respostas dos grupos foram transcritas, mas estão na íntegra no apêndice D.

1. Considerando o que foi conversado nas aulas anteriores, observe as figuras 1 e 2. O que você acha que tem em comum entre as figuras?

Figura 6: Filete de água sendo puxado por um canudo.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=qVgU_e8c4zM

Figura 7: Fotocopiadora.



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28200>

Grupo 1.

Em ambas podemos observar os princípios da eletrostática em ação, em ambas há um filete no qual ocorre atração das cargas por cargas opostas.

Grupo 2.

Na fotocopiadora e no filete de água, ambos têm corpos com eletronegatividade positiva e negativa, na figura 6 as cargas são iguais repelindo a água do canudo e na 7 há uma região com carga contrária a tinta que adere a cor.

Grupo 3.

Nas duas figuras podemos observar que há eletrização dos corpos, pois na figura 6 o filete de água é atraído pelo canudo carregado e na figura 7, uma placa eletrizada com cargas de sinal contrário atrai o pó do toner para que ele se fixe no papel.

2. Continuando a discussão, vamos desenvolver uma atividade experimental referente à eletrização dos corpos (processos pelos quais um objeto pode ficar carregado eletricamente). Vocês deverão montar cinco experimentos descritos a seguir, mas antes, descreva os materiais a serem utilizados.

- *1 eletroscópio de folha;*
- *1 eletroscópio de pêndulo;*
- *1 eletroscópio de folhas com uma região pontiaguda para mostrar o “poder das pontas”.*
- *1 minigaiola de Faraday.*

Os três grupos descreveram corretamente todos os materiais que foram utilizados. São eles:

- Cartolina
- Canudos de refresco
- Fio de seda (encontrado em meia-calça velha desfiada)
- Papel toalha
- Tinta metálica
- Papel Alumínio
- Cola branca do tipo bastão

- Tesoura escolar
- Copinhos descartáveis de cafezinho
- Gesso em pó
- Colchetes para pasta-arquivo
- Fita adesiva
- Clipe metálico pequeno
- Coador de plástico e coador metálico

3. Pense e discuta com os colegas do grupo: O que é necessário acontecer com um corpo para que ele fique eletricamente carregado?

Grupo 1

Deve acontecer eletrização do corpo (número de elétrons diferente do de prótons), podendo ser negativa ou positiva.

Grupo 2.

É necessário ter atrito, para que o corpo possa ficar com carga negativa ou positiva, repelindo ou atraindo.

Grupo 3.

É necessário que o corpo ganhe ou perca elétrons. Se ele ganhar elétrons ficará carregado negativamente e se ele perder, ficará carregado positivamente.

4. Agora, vamos colocar a “mão na massa”, e fazer a montagem dos experimentos que serão utilizados.

Aqui os alunos seguiram o roteiro para montar todos os experimentos que seriam utilizados posteriormente.

5. Agora que tudo está montado, vamos realizar os experimentos.

a) Com um canudinho e o papel toalha em mãos, esfregue o canudo no papel toalha e encoste o canudo numa parede ou na lousa. O que vocês puderam observar?

Grupo 1

Podemos observar que ao atritar o canudo no papel, em seguida ele gruda em outra superfície sem cair.

Grupo 2.

Atritar canudo no papel = canudo colocado na superfície

Grupo 3.

O canudinho grudou na parede

b) Repita o processo anterior e, agora, aproxime o canudo da bolinha do eletroscópio de pêndulo. Registre tudo o que acontece.

Grupo 1.

Canudo puxa a bolinha, bolinha encosta e depois repele. Repele após grudar.

Grupo 2.

Quando aproximar o canudo da bolinha do eletroscópio de pêndulo, no início se atrai, mas depois afasta.

Grupo 3.

A bolinha é atraída pelo canudo só que na hora que ela encosta no canudo, ela passa a ser repelida por ele.

c) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha e, agora, passe toda a extensão dele na cabeça do eletroscópio de folha e também no eletroscópio 2.

Aproxime o canudo que vocês utilizaram da folha do eletroscópio. Registre detalhadamente o que se pôde observar.

Grupo 1.

O fio de alumínio sobe, os 2 fios levantam (mas o de cima levanta mais)

Grupo 2.

No de folha, a folha de alumínio que fica na ponta levanta mais que a que fica mais embaixo. No outro eletroscópio ao colocarmos o canudo atritado em cima, a folha de alumínio levanta.

Grupo 3.

Quando passamos o canudo no eletroscópio, as folhas de papel alumínio levantam. No eletroscópio em forma de gota, o filete de cima levantou mais. Ao aproximar o canudo das folhas, elas foram repelidas pelo canudo.

d) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha, e agora, apenas aproxime o canudo da cabeça do eletroscópio de folha, mas sem encostar. O que ocorre? Ainda com o canudinho próximo ao eletroscópio de folha, toque, com o dedo, a cabeça do eletroscópio. Registre o que vocês observaram. Agora, afaste o canudinho e retire seu dedo simultaneamente da cabeça do eletroscópio e anote o ocorrido. Em seguida, aproxime o canudo utilizado da folha do eletroscópio e anote o que vocês observaram.

Grupo 1.

Ele levanta ao aproximar o canudo e colocando o dedo o filete cai.

Grupo 2.

Ao aproximarmos a folha de alumínio levanta. Quando colocamos o dedo na cabeça a folha abaixa. Retirando o canudo e o dedo a folha de alumínio levanta, mas se colocarmos o canudo a folha levanta mais.

Grupo 3.

Ao aproximar o canudo da cabeça do eletroscópio, a folha de papel alumínio levanta. Depois, quando encostamos com o dedo no eletroscópio, a folha abaixa, mas quando afastamos o canudo e a mão do eletroscópio, a folha se levanta novamente. Dessa vez quando aproximamos o canudo da folha, ela se levanta ainda mais.

e) Pique alguns pedacinhos de papel e deixe sobre a mesa. Com o coador de plástico, cubra os pedacinhos de papel e aproxime, do coador, um canudinho que foi previamente atritado com o papel toalha. Repita o procedimento, mas agora utilize o coador metálico. Vocês notaram alguma diferença quando trocaram o coador? Descreva.

Grupo 1

Canudo puxa os papéis. Canudo segura os papéis na peneira.

Grupo 2.

Com o coador metálico os papezinhos não são atraídos, mas com o coador de plástico os papéis foram atraídos.

Grupo 3.

Quando aproximamos o canudo do coador de plástico, os papezinhos foram puxados pelo canudo e ficaram grudados na tela do coador. Já no coador metálico não aconteceu nada, os papezinhos continuaram sobre a mesa.

Na execução do roteiro, já se nota que alguns conceitos científicos já foram assimilados pelos alunos. Segue abaixo uma discussão acerca das respostas dos alunos em relação ao roteiro:

Questão um: Percebe-se que os alunos já começaram a se familiarizar com o tema. Os três grupos mencionam a eletrostática e a atração e/ou repulsão de cargas elétricas. O grupo 1 mencionou a atração de cargas de sinais opostos no caso do filete de água, mas não mencionou a máquina fotocopadora. Já o

grupo 2 explicou muito sucintamente o funcionamento da fotocopiadora, mas cometeu um equívoco ao citar que o filete de água está sendo repelido pelo canudo, quando, na verdade, está ocorrendo atração deles. Apesar disso, percebe-se que o grupo já assimilou a ideia de que cargas de sinais opostos se atraem e cargas de sinais iguais se repelem. O grupo 3 foi o que mais se destacou. Explicou um pouco melhor o funcionamento da fotocopiadora e já conseguiu perceber que pelo menos um dos corpos deveria estar eletrizado para que ocorresse atração.

Questão dois: Não há muito a ser analisado aqui, uma vez que só se pede uma descrição dos materiais a serem utilizados na confecção dos experimentos. Observou-se, porém, que os grupos conseguiram descrever quais eram os possíveis materiais a serem utilizados em dado experimento.

Questão três: O grupo 1 citou que deve ocorrer eletrização para que o número de elétrons seja diferente do número de prótons. Já o grupo 3 afirmou que o corpo deve ganhar ou perder elétrons. Essa resposta sugere que esse grupo já conseguiu perceber que os prótons não podem ser transferidos de um corpo para outro e que eletrizar um corpo significa, de alguma forma, remover ou adicionar elétrons a esse corpo. O grupo 2 acredita que um corpo só pode ser eletrizado se ocorrer atrito.

Questão quatro: Não há o que ser analisado aqui, pois são apenas diretrizes para que os experimentos sejam montados. A **Figura 8** mostra alguns momentos da montagem dos kits experimentais pelos alunos.

Figura 8: Montagem dos kits experimentais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Questão cinco:

- a) Os três grupos perceberam que o canudo se adere à parede, após ser atritado com o papel toalha.
- b) Os três grupos perceberam uma aproximação inicial entre a bolinha do eletroscópio e o canudo, mas após o contato da bolinha com o canudo, houve repulsão entre eles. Aqui, os grupos já começaram a perceber a eletrização por contato.
- c) Os três grupos citaram o fato das folhas de papel alumínio levantarem quando se passa o canudo eletrizado nos eletroscópios. Deve-se destacar o fato dos grupos perceberem que a folha da parte pontiaguda do eletroscópio 2 se levantar mais, indicando uma quantidade de carga maior nessa região. Aqui os alunos tiveram o primeiro contato com o “poder das pontas” em condutores em equilíbrio. Aparentemente, apenas o grupo 3 aproximou o canudo das folhas do eletroscópio após terem sido eletrizados e conseguiram notar repulsão entre as folhas e o canudo, indicando que, na eletrização por contato, os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal.
- d) Todos os grupos notaram que a folha do eletroscópio levanta ao se aproximar o canudo eletrizado da “cabeça” do eletroscópio e também que, ao encostar-se o dedo na cabeça do eletroscópio, mantendo o canudo próximo, a folha se abaixa. Apenas os grupos 2 e 3 descreveram que a folha se levantou novamente quando se afastou o canudo e retirou-se o dedo do eletroscópio simultaneamente. Aqui puderam ter contato, pela primeira vez, com o processo de eletrização por indução. Também, os grupos 2 e 3 conseguiram perceber que, ao aproximar o canudo, usado anteriormente, da folha do eletroscópio, ocorre uma elevação ainda maior, mostrando que, no processo de eletrização por indução, os corpos ficam carregados com cargas de sinais opostos.
- e) Todos os grupos conseguiram perceber que os pedacinhos de papel eram atraídos pelo canudo eletrizado através do coador plástico. Apenas os grupos 2 e 3 descreveram que o mesmo não ocorria quando se

utilizava o coador metálico. Aqui, os alunos puderam visualizar um exemplo de blindagem eletrostática.

QUINTO ENCONTRO

Nesse último encontro, o conteúdo foi sistematizado pelo professor, através de uma aula expositiva. Nessa aula, foram abordados os seguintes conceitos: carga elétrica; condutores e isolantes; distribuição de cargas elétricas em condutores e isolantes; processos de eletrização por atrito, contato e indução; eletroscópios; poder das pontas e blindagem eletrostática (Gaiola de Faraday). Durante a explanação, o professor retomou vários exemplos vistos nos vídeos do segundo encontro, bem como as atividades experimentais. Durante a explicação dos processos de eletrização, as atividades experimentais foram refeitas rapidamente pelo professor a fim de ilustrar os três processos.

Ao término da explanação, foi aplicado o questionário final com o objetivo de constatar indícios de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. A **Figura 9** mostra os alunos realizando a atividade referente ao questionário final.

Figura 9: Alunos respondendo ao questionário 2 no quinto encontro da Sequência Didática.



Fonte: Elaborada pelo autor.

São transcritas a seguir, algumas respostas dadas pelos alunos às questões do questionário 2, para posterior discussão. Essas respostas encontram-se no apêndice D.

1. Explique, com suas palavras, porque não devemos nos abrigar embaixo de árvores em dias de tempestade.

Resposta 1: Porque em um lugar onde a árvore é um dos pontos mais altos, acumulando carga em sua ponta (poder das pontas) e atraindo mais descargas elétricas.

Resposta 2: Pois a árvore é uma região pontiaguda onde as cargas (positivas ou negativas) se concentram, atraindo a carga oposta, presente nas nuvens, criando os raios.

Resposta 3: Podemos ter como base a “teoria das pontas” na qual as regiões mais pontiagudas acumulam maior quantidade de energia, ou seja, iria atrair o raio mais facilmente.

Resposta 4: Porque as árvores são regiões pontiagudas, que acumulam maior quantidade de carga, tendo maior probabilidade de ser uma região atingida por raios (poder das pontas).

Resposta 5: Porque a árvore é uma região alta, a qual funciona como para raios e acaba por atrair o raio. Há maior concentração de cargas nas regiões pontiagudas (poder das pontas).

2. Explique porque uma pessoa estará ileso no interior de um carro, se ele for atingido por um raio em um dia de tempestade.

Resposta 1: Porque o carro é como uma gaiola de Faraday, concentrando as cargas na parte de fora e não no meio, assim a pessoa dentro do carro não é atingida pela eletricidade.

Resposta 2: Isso acontece igual a gaiola de Faraday onde a carga vinda do raio fica apenas na laticia.

Resposta 3: Porque as cargas do raio são distribuídas pela superfície externa do carro não atingindo a pessoa no interior (gaiola de Faraday).

Resposta 4: Porque as cargas se distribuem na superfície externa dos condutores (funciona como gaiola de Faraday)

Resposta 5: A pessoa ficará ilesa por causa que a carga do raio irá se distribuir envolta do carro, como a gaiola de Faraday.

3. Cite dois exemplos onde a eletricidade estática está presente em nosso dia-a-dia.

Resposta 1: Na indústria têxtil no rolo compressor e no caminhão que carrega o combustível é usado junto com fio terra, também usado como filtro nas indústrias que soltam poluentes.

Resposta 2: Impressora. Na indústria têxtil.

Resposta 3: Na impressora e em filtro de gases em indústrias, a fim de reaproveitamento de materiais e da minoria da poluição.

Resposta 4: Quando penteamos o cabelo, quando usamos o para raio, quando usamos uma copiadora, impressora, filtro eletrostático.

Resposta 5: Uma copiadora e um filtro eletrostático.

4. Em dias de clima seco e frio, é comum ouvirmos pequenos estalos quando retiramos uma blusa de lã, por exemplo. Você saberia explicar a origem desses estalos?

Resposta 1: Os estalos são ocasionados pela perda ou ganho de carga negativa do nosso corpo com o outro corpo atritado, no exemplo, uma blusa de lã.

Resposta 2: A blusa de lã é um isolante, os estalos são as cargas estáticas presentes no nosso corpo, quando se tira a blusa uma parte dessa carga fica na blusa.

Resposta 3: Com o atrito o seu corpo está eletrizado, nisso você acaba descarregando na blusa causando esses estalos.

Resposta 4: Os estalos têm a origem das passagens do elétron de um corpo para o outro, podendo ser do corpo para a blusa ou da blusa para o corpo.

Resposta 5: Porque a lã atrita no corpo e, ao tirar a blusa um dos corpos está eletricamente, fazendo estalos ao tirar, pois um corpo está perdendo elétrons para o outro.

5. Explique o funcionamento de um para-raios.

Resposta 1: O para raios é uma haste de metal pontiaguda (poder das pontas) aterrado no solo, onde a ponta está carregada (pode ser positivamente ou negativamente) e a nuvem também está carregada. Com isso, o para raios atrai a carga das nuvens e, por estar aterrado, faz com que a carga escoe até o chão, dissipando a carga elétrica da nuvem.

Resposta 2: O para raio, presente normalmente em prédios, inicialmente tem uma carga neutra, que vai definido sua carga ao longo do tempo em que as nuvens se formam, e o para raio é um grande fio terra, que liga-o com o chão, e assim, quando o para raio se concentra com uma carga oposta a da nuvem, a carga da nuvem é depositada no para raio em forma de raio, levando essa carga ao chão, ficando neutra novamente.

Resposta 3: Os para raios ficam ligados a terra, por meio da indução, as nuvens atraem cargas opostas à sua, a região pontiaguda do para raio acumula maior carga, recendo o raio e descarregando na terra.

Resposta 4: O para raios é uma ponta no qual há concentração de cargas opostas a carga das nuvens. Em certo ponto o ar passa a ser condutor e o raio se forma da região de carga negativa. (Podendo ser a nuvem positiva ou negativa), o raio sempre é o movimento de elétrons.

Resposta 5: Ao ser atingido pelo raio, o para raios recebe a carga e essa carga vai para a terra através do para raio.

Verificando as respostas dadas pelos alunos ao questionário final, pôde-se perceber uma grande diferença em relação ao questionário inicial. Seguem alguns comentários a respeito das questões:

Questão um: Percebe-se que praticamente todos os alunos conseguiram assimilar o conceito relativo ao “Poder das pontas”. Alguns descrevem respostas mais sucintas, outros usaram um nível científico um pouco mais apurado, mas todos conseguiram captar a essência daquilo que se queria ensinar.

Questão dois: Essa questão estava contida no questionário inicial. Naquele primeiro momento, muitos alunos pensavam que o motorista do carro estaria ileso por causa do isolamento dos pneus. Outros pensavam que o motorista iria levar um choque elétrico. Percebe-se agora, no questionário final, que todos os alunos conseguiram assimilar o conceito de blindagem eletrostática, em que as cargas elétricas se distribuem na superfície externa de um condutor.

Questão três: Aqui se nota também que os vídeos mostrados no segundo encontro foram muito eficientes. Todos os alunos citaram exemplos mostrados nos vídeos, em que a eletricidade estática está presente, tais como: na indústria têxtil, na impressora a laser, em indústrias que utilizam filtros eletrostáticos, entre outros.

Questão quatro: Todos os alunos parecem ter interiorizado o conceito de eletricidade estática. Inclusive, na situação abordada nessa questão, eles respondem que os estalos são produzidos pelo movimento de elétrons de um corpo para o outro e que esse excesso de elétrons contido em um dos corpos possivelmente teria sido adquirido pelo atrito entre eles. Isso mostra que, ao término da sequência didática, os alunos já conseguem identificar a eletrização por atrito em uma situação cotidiana, além de compreenderem que apenas as cargas negativas (elétrons) possuem mobilidade de um corpo para o outro.

Questão cinco: Essa talvez seja a questão mais difícil, mas pôde-se perceber que os alunos conseguiram assimilar o conceito de aterramento de um condutor, além de citarem também o poder das pontas e a ocorrência da indução eletrostática (não explicitada por eles, mas nas entrelinhas) na eletrização do para-raios, com cargas de sinais opostos ao da nuvem.

A seguir, é feito um breve comentário acerca dos testes de vestibular contidos no questionário final:

Testes 1 e 2: Abordam o princípio da indução eletrostática e a mobilidade de cargas negativas em condutores.

Teste 3: Aborda o processo de eletrização por atrito e também o fato do estudante se comportar como um fio-terra para o papel toalha eletrizado descarregando-o.

Teste 4: Esse teste aborda a quantização da carga elétrica, em que qualquer corpo carregado eletricamente deve possuir carga elétrica com módulo múltiplo da carga elétrica elementar.

Teste 5: Aborda o processo de eletrização por contato.

É importante salientar que todos os alunos, sem exceção, acertaram todos os testes. Isso sugere que eles conseguiram interiorizar os conceitos científicos abordados na aplicação da sequência didática. Mais do que isso, analisando os questionários inicial e final, percebe-se que, ao término da sequência didática, eles foram capazes de relacionar aquilo que aprenderam com situações de seu cotidiano.

Considerações Finais

Tendo em vista os objetivos da pesquisa, podemos concluir que eles foram alcançados com êxito. Aplicou-se o uso de experimentos de uma maneira diferente. Os alunos participaram desde a montagem, execução e análise dos experimentos em si, o que despertou muito o interesse deles. Os alunos trabalharam com um roteiro experimental, coletando dados e analisando-os posteriormente, desenvolvendo suas habilidades em seguir roteiros, coletar e analisar dados.

O fato de os alunos participarem efetivamente da construção dos experimentos fez com que eles se interessassem muito mais pela teoria por trás desses experimentos. Durante a montagem dos experimentos percebeu-se grande envolvimento por parte dos alunos. Eles interagiram entre si para solucionar os problemas propostos no roteiro experimental, discutiram com os colegas a melhor maneira de montar os kits, enfim, trabalharam muito bem em grupo.

Através dos vídeos e dos experimentos realizados, foi possível criar, nos alunos, subsunçores para ancorar conceitos mais sofisticados. Percebeu-se uma enorme evolução do conhecimento dos estudantes. Eles foram capazes de relacionar aquilo que aprenderam com situações de seu dia-a-dia e não apenas memorizaram respostas que seriam cobradas posteriormente em uma avaliação escrita. Mesmo durante a aula expositiva em que o professor sistematizou o conteúdo, o fato de estarem familiarizados com o tema, fez com que eles prestassem muita atenção e a aula ficou muito mais dinâmica e participativa.

Ao compararmos as respostas dos alunos em relação ao questionário inicial realizado antes da aplicação da sequência didática e as respostas do questionário final, realizado após a sequência didática ter sido aplicada, constatou-se uma enorme evolução do conhecimento dos alunos. Isso sugere fortemente, indícios de uma aprendizagem significativa e que o referencial teórico escolhido sustenta esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L.V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.**In: Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol.25 no. 2, São Paulo, 2003.

AUSUBEL, D.P. (2003). **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano.

BRASIL, Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares:** ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais** (MEC/SEF, Brasília, 1997), 136p.

GASPAR, A. (2000). **Física, Eletromagnetismo, Física Moderna.** 1ed. Ática. São Paulo.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências.** Química nova na escola. Experimentação e Ensino de Ciências N° 10, p.43-49, 1999.

MORAES, R, M. **A aprendizagem significativa de conteúdos de biologia no ensino médio, mediante o uso de organizadores prévios e mapas conceituais.** 2005. 175f. Monografia (Mestrado em Educação) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. 2005.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F.; SALZANO, E F. (2006). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** 2 ed. Centauro. São Paulo.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgJplAG/livro-metodologia-trabalho-cientifico-metodos-tecnicas-pesquisa-trabalho-academico-2-ed-prodanov>>. Acesso em 15de Abril de 2017.

RIBEIRO, A. M.; MELO, P. S. (2015). **Utilização de mapas conceituais no ensino de ciências como método de ensino-aprendizagem e de avaliação.** In: IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano 21 a 24 de setembro de 2015

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** São Paulo: Atlas, 1989.

QUIRINO, Welber Gianini; LAVARDA, Francisco Carlos. **Comunicações: Projeto "Experimentos de física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia"**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 117-122, jan. 2001. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6695/6162>>. Acesso em: 31 mar. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/6695>.

SILVA, Otto H. M. da; REIS JR, Elival Martins dos. **Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino de física**. Cadernos Intersaberes. Vol. 1, n.2, p.38-56. Jan./Jun. 2013

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

APÊNDICE A-QUESTIONÁRIO INICIAL

1. Falando em eletricidade, qual a diferença entre um material condutor e um material isolante?

2. O que é um corpo eletricamente carregado?

3. Você sabe dizer o que é eletricidade estática?

4. É comum, em dias de clima seco e frio, levar alguns choques elétricos ao se tocar em maçanetas de portas. Você saberia dizer a origem desse choque elétrico?

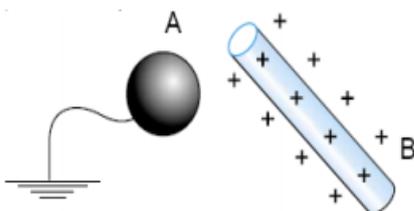
5. Em um dia de tempestade, uma pessoa se encontra dentro de seu carro, que é atingido por um raio. Você saberia dizer o que acontece com essa pessoa imediatamente após o raio ter caído em seu carro?

APÊNDICE B -QUESTIONÁRIO FINAL

1. Explique, com suas palavras, porque não devemos nos abrigar embaixo de árvores em dias de tempestade.
2. Explique porque uma pessoa estará ilesa no interior de um carro, se ele for atingido por um raio em um dia de tempestade.
3. Cite dois exemplos em que a eletricidade estática está presente em nosso dia-a-dia.
4. Em dias de clima seco e frio, é comum ouvirmos pequenos estalos quando retiramos uma blusa de lã por exemplo. Você saberia explicar a origem desses estalos?
5. Explique o funcionamento de um para-raios.

Testes de vestibular

1. (UNIFOR) A figura abaixo representa um condutor A, eletricamente neutro, ligado à Terra. Aproxima-se de A um corpo B carregado positivamente. Pode-se afirmar que:



- a) os elétrons da Terra são atraídos para A.
- b) os elétrons de A escoam para a Terra.
- c) os prótons de A escoam para a Terra.
- d) os prótons da Terra são atraídos para A.
- e) há troca de prótons e elétrons entre A e B.

2. (UFJF) Considere um bastão de PVC carregado com um excesso de cargas positivas e três esferas metálicas condutoras neutras e eletricamente isoladas do ambiente. Elas são postas em contato, lado a lado, alinhadas. O bastão carregado é aproximado de uma das esferas das extremidades, de maneira a estar posicionado na mesma linha, mas não a toca, conforme esquematicamente mostrado na Figura A. A seguir, a esfera do centro é afastada das outras duas e só após o bastão é afastado, como mostrado na Figura B.

Figura A

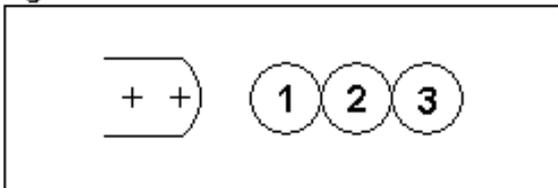
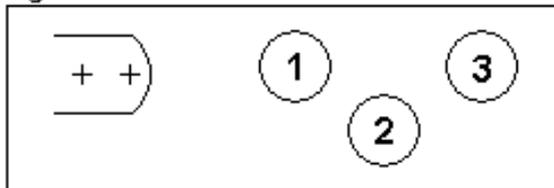


Figura B



Após afastar o bastão e com as esferas em equilíbrio eletrostático:

- a) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas positivas, a esfera 2 ficou neutra e a esfera 3 ficou com um excesso de cargas negativas.
- b) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas e as esferas 2 e 3 ficaram, cada uma, com um excesso de cargas positivas.
- c) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas positivas e as esferas 2 e 3 ficaram, cada uma, com um excesso de cargas negativas.
- d) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas e cada uma das esferas 2 e 3 ficou neutra.
- e) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas, a esfera 2 ficou neutra e a esfera 3 ficou com um excesso de cargas positivas.

3. (Unifesp) Em uma atividade experimental de eletrostática, um estudante verificou que, ao eletrizar por atrito um canudo de refresco com um papel toalha, foi possível grudar o canudo em uma parede, mas o papel toalha não. Assinale a alternativa que pode explicar corretamente o que o estudante observou.

- a) Só o canudo se eletrizou, o papel toalha não se eletriza.
- b) Ambos se eletrizam, mas as cargas geradas no papel toalha escoam para o corpo do estudante.
- c) Ambos se eletrizam, mas as cargas geradas no canudo escoam para o corpo do estudante.
- d) O canudo e o papel toalha se eletrizam positivamente, e a parede tem carga negativa.
- e) O canudo e o papel toalha se eletrizam

4. (PUC) Em uma experiência de laboratório, constatou-se que um corpo de prova estava eletricamente carregado com uma carga cujo módulo era de

$7,2 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Considerando-se que a carga do elétron é $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ pode-se afirmar que:

- a) o corpo está carregado positivamente.
- b) a medida está indicando a carga de vários prótons.
- c) a medida está errada e não merece confiança.
- d) o corpo está carregado negativamente.

5. (UFRJ) Um aluno tem 4 esferas idênticas, pequenas e condutoras (A, B, C e D), carregadas com cargas respectivamente iguais a $-2Q$, $4Q$, $3Q$ e $6Q$. A esfera A é colocada em contato com a esfera B e a seguir com as esferas C e D sucessivamente. Ao final do processo a esfera A estará carregada com carga equivalente a

- a) $3Q$.
- b) $4Q$.
- c) $Q/2$.
- d) $8Q$.
- e) $5,5Q$.

Quadro 1: Gabarito dos testes de vestibular

| | |
|---|---|
| 1 | A |
| 2 | E |
| 3 | C |
| 4 | C |
| 5 | B |

**APÊNDICE C- EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA
COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA. SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE FÍSICA.**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE FÍSICA**

**EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA
COMO METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

Rodrigo de Lima Luiz

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Caro(a) colega

Esta sequência didática constitui um produto educacional como resultado de uma pesquisa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, realizado na Universidade Estadual Paulista, Polo Presidente Prudente. Espero que este material possa auxiliá-lo, bem como motivá-lo a implementar, cada vez mais, atividades experimentais em suas aulas, pois desenvolvem um papel muito importante nas aulas de Física, deixando-as muito mais participativas e interessantes. Sabemos que a maioria dos professores não dispõe de laboratórios com bons equipamentos e que adquiri-los com recursos próprios é algo inviável. Essa sequência didática é resultado de uma pesquisa que mostra que é possível aplicar aulas experimentais de qualidade, utilizando materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados, e que, com boa vontade, podemos incorporar essas atividades em nossa rotina de trabalho. Aqui expresso minha profunda admiração e respeito a vocês que escolheram a profissão do magistério e fazem, de nossos jovens, cidadãos melhores.

A sequência didática será composta de cinco encontros, cada um deles composto por duas aulas de cinquenta minutos.

No primeiro encontro, aplica-se um questionário inicial, a fim de se levantar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o tema a ser trabalhado (eletrostática), e assim, poder estruturar melhor a maneira de conduzir a sequência didática.

No segundo encontro, inicia-se uma discussão, em que se levantam algumas situações intrigantes do cotidiano, envolvendo o tema de eletrostática. Utilizam-se, para isso, alguns vídeos. Ainda nesse encontro, apresenta-se o contexto histórico da eletricidade, abordando as principais descobertas na área e como o conhecimento sobre o tema evoluiu historicamente. É importante que esse encontro seja trabalhado de forma dinâmica, envolvendo uma discussão geral, com muitos exemplos e contextos, a fim de que a aula não se torne meramente expositiva. Ainda nesse encontro, separam-se os alunos em grupos com cerca de cinco integrantes, e apresenta-se a lista de materiais necessários para a confecção dos kits experimentais.

No terceiro encontro, os alunos trazem, para a aula, os materiais necessários para a confecção dos kits experimentais. Mediante um roteiro pré-estabelecido e contextualizado, os alunos começam a fazer a montagem dos equipamentos.

No quarto encontro, os alunos finalizam a montagem dos kits experimentais e respondem às questões propostas no roteiro.

No quinto encontro, o professor deverá sistematizar e formalizar os conteúdos abordados nas atividades, explorando os resultados experimentais alcançados pelos estudantes, bem como os conceitos físicos construídos a partir deles. Essa sistematização pode ser feita através de uma aula expositiva, desde que se aproveite tudo aquilo que foi abordado nos encontros anteriores. Finaliza-se então com uma avaliação da evolução dos conceitos adquiridos, bem como do conteúdo aprendido significativamente por cada estudante. A avaliação ocorre na forma de um questionário final, em que deve ser observada a capacidade de relacionar os conceitos abordados durante os encontros com situações e problemas cotidianos, em vez de, simplesmente, responderem às perguntas tradicionais, como: “Defina isso...”, “Que é tal coisa?”. Essa estratégia permite avaliar se a aprendizagem ocorre de forma significativa. Nesse questionário, também foram incluídas algumas questões de vestibular para observar a profundidade com que o tema foi absorvido pelos alunos.

APRESENTAÇÃO

Esta Sequência Didática destina-se a alunos da 3ª Série do Ensino Médio de acordo com o Currículo do Estado de São Paulo. Pode-se também trabalhá-la com alunos da 1ª e 2ª Séries do Ensino Médio, na forma de minicurso, caso o professor disponha de tempo no contraturno das aulas.

TEMA: Eletrostática.

OBJETIVOS:

- Integrar conhecimentos elaborados sobre Eletrostática através de atividades experimentais.
- Fazer com que o aluno seja capaz de relacionar os conceitos adquiridos, com seu cotidiano.

DURAÇÃO: 10 aulas

CONTEÚDO: Carga elétrica, Condutores e Isolantes, Processos de eletrização, Poder das pontas e Blindagem eletrostática.

CONCEITOS PRÉVIOS: Para que a sequência didática seja potencialmente significativa, espera-se que os alunos já possuam o conhecimento de atomística, carga do próton, carga do elétron e carga do nêutron. Normalmente esses conceitos são ensinados na disciplina de Química no início da primeira série do Ensino Médio.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Avaliar a presença da eletrostática no cotidiano; seguir roteiros para confeccionar atividades experimentais e registrar dados; desenvolver a capacidade de analisar dados experimentais.

ESTRATÉGIA: Levantamento de conhecimentos prévios; apresentação de vídeos; leitura do roteiro experimental e confecção de experimentos; registro das observações experimentais e sistematização do conteúdo com a turma.

RECURSOS: Datashow, lousa e giz, roteiros experimentais e livro didático.

AValiação: O aluno será avaliado durante toda a sequência didática. Como elementos, podemos citar:

- Seu envolvimento e participação nas discussões propostas;
- Sua participação na confecção dos kits experimentais;
- Sua compreensão a respeito do tema abordado, avaliada na forma de questionário dissertativo e também através de testes de vestibular.

PRIMEIRO ENCONTRO

O professor deverá apresentar um questionário inicial, para fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do assunto a ser trabalhado. É importante que este questionário seja feito na forma dissertativa, pois assim o aluno não será induzido a nenhum tipo de resposta, e o resultado será mais fiel àquilo que ele realmente sabe sobre o tema.

Questionário inicial

1. Falando em eletricidade, qual a diferença entre um material condutor e um material isolante?
2. O que é um corpo eletricamente carregado?
3. Você sabe dizer o que é eletricidade estática?
4. É comum em dias de clima seco e frio, levar alguns choques elétricos ao se tocar em maçanetas de portas. Você saberia dizer a origem desse choque elétrico?
5. Em um dia de tempestade, uma pessoa se encontra dentro de seu carro, que é atingido por um raio. Você saberia dizer o que acontece com essa pessoa imediatamente após o raio ter caído em seu carro?

SEGUNDO ENCONTRO

O professor inicia a aula apresentando um vídeo que aborda o tema de eletrostática e levanta algumas situações intrigantes do cotidiano. (O vídeo está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pcVQUH0hLH8>). O vídeo também aborda o contexto histórico da eletricidade. Também se apresenta um

vídeo mostrando um raio atingindo um automóvel. (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SAQCz41rDiU>). Após a apresentação dos vídeos, separam-se os grupos de alunos em grupos de cinco integrantes e apresenta-se a lista de materiais que serão utilizados no próximo encontro. A lista de materiais está descrita a seguir:

- Cartolina
- Canudos de refresco
- Fio de seda (encontrado em meia-calça velha desfiada)
- Papel toalha
- Tinta metálica
- Papel Alumínio
- Cola branca do tipo bastão
- Tesoura escolar
- Copinhos descartáveis de cafezinho
- Gesso em pó
- Colchetes para pasta-arquivo
- Fita adesiva
- Clipe metálico pequeno
- Coador de plástico e coador metálico

TERCEIRO E QUARTO ENCONTROS

O professor apresenta aos alunos o roteiro experimental a seguir, para a realização da atividade experimental. Provavelmente, os alunos não conseguirão terminar o roteiro em um único encontro, e por isso são dedicados dois encontros para a finalização da etapa.

ROTEIRO EXPERIMENTAL

1. Considerando o que foi conversado nas aulas anteriores, observe as **Figuras 1 e 2**. O que você acha que tem em comum entre as figuras?

Figura 1: Filete de água sendo puxado por um canudo



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=qVgU_e8c4zM

Figura 2: Fotocopiadora



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28200>

2. Continuando a discussão, vamos desenvolver uma atividade experimental referente à eletrização dos corpos (processos pelos quais um objeto pode ficar carregado eletricamente). Vocês deverão montar cinco experimentos descritos a seguir, mas antes, descreva os materiais a serem utilizados.

- 1 eletroscópio de folha;
- 1 eletroscópio de pêndulo;
- 1 eletroscópio de folhas com uma região pontiaguda para mostrar o “poder das pontas”.
- 1 minigaiola de Faraday.

3. Pense e discuta com os colegas do grupo: O que é necessário acontecer com um corpo para que ele fique eletricamente carregado?

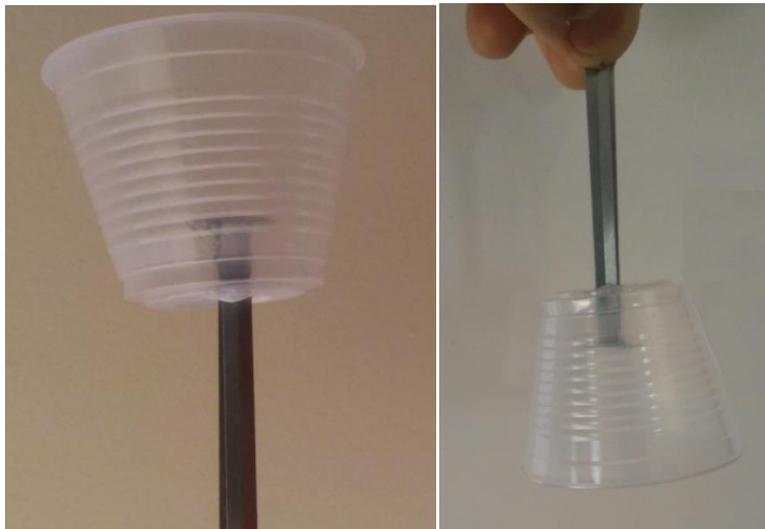
4. Agora, vamos colocar a “mão na massa”, e fazer a montagem dos experimentos que serão utilizados.

Eletroscópio de Folha

Recorte a cartolina na forma de um retângulo 10cm x 4cm e um círculo com 6cm de diâmetro. Com a tinta metálica, pinte as duas faces, tanto do retângulo quanto do círculo, e reserve até que a tinta seque. A tinta metálica é necessária para que a cartolina se comporte como material condutor.

Pegue um dos colchetes de pasta e transpasse o fundo de um copinho plástico de café, deixando a cabeça do colchete na parte de dentro do copinho como mostrado na **Figura 3**.

Figura 3: Copinho transpassado pelo colchete.



Fonte: Elaborada pelo autor

Em outro recipiente, prepare um pouco de gesso e adicione ao copinho plástico até que o gesso cubra completamente a cabeça do colchete como mostrado na **Figura 4**.

Figura 4: Copinho preenchido com gesso



Fonte: Elaborada pelo autor.

Reserve até que o gesso endureça. Encaixe um canudo de refresco na ponta do colchete que ficou exposta como na **Figura 5**. Essa será a base do eletroscópio.

Figura 5: Canudinho encaixado no colchete



Fonte: Elaborada pelo autor.

Recorte uma tirinha de papel alumínio com cerca de 5cm x 3mm. Pegue um clipe, abra-o e entorte a parte de baixo para formar uma espécie de “gancho” como na **Figura 6**.

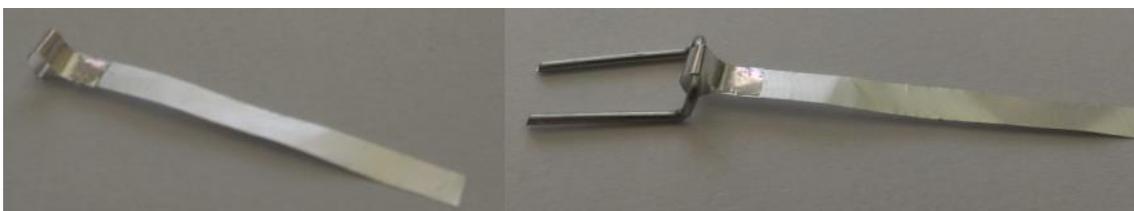
Figura 6: Gancho produzido a partir de um clipe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Agora, passe um pouco de cola bastão na ponta da tirinha de papel alumínio e dobre-a sobre a tirinha, formando uma argola. Essa argola deve envolver o gancho do clipe como mostra a **Figura 7**.

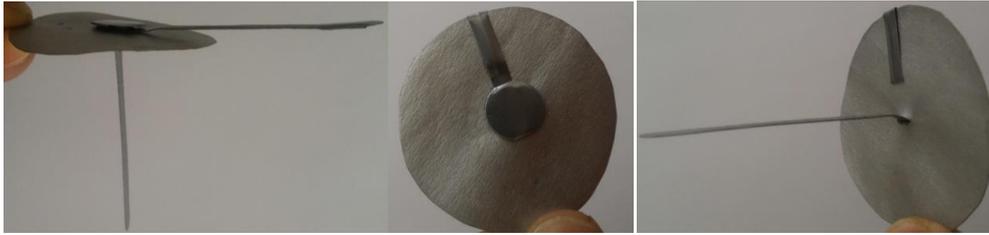
Figura 7: Tirinha de papel alumínio envolvendo o gancho feito de clipe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com o círculo de cartolina em mãos, transpasse o centro dele com uma das pernas de um colchete de pasta. A outra perna será dobrada sobre o círculo como mostrado na **Figura 8**.

Figura 8: Círculo de cartolina transpassado pelo colchete



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a perna que transpassou o círculo, faça um gancho que será preso no retângulo de cartolina vide **Figura 9**.

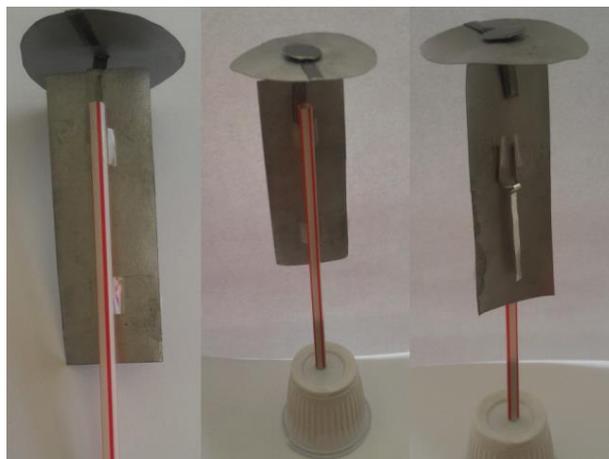
Figura 9: Gancho sendo encaixado no retângulo de cartolina.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Agora, prenda com fita adesiva o retângulo ao canudo da base. Prenda o clipe com a tirinha de papel alumínio no retângulo, usando fita adesiva como mostra a **Figura 10**. Seu eletroscópio de folha já está pronto.

Figura 10: Montagem final do eletroscópio de folha.

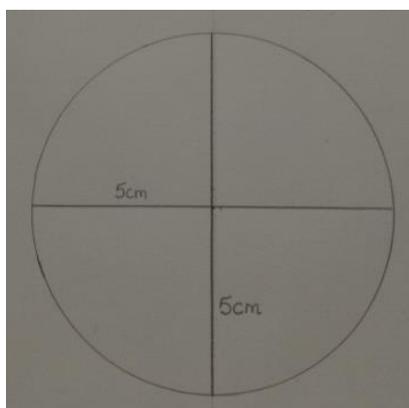


Fonte: Elaborada pelo autor.

Eletroscópio de Folha 2 (Pontiagudo)

Recorte com a tesoura um pedaço de cartolina na forma de uma gota. A gota deve ter cerca de 15cm de comprimento. Para facilitar, desenhe um círculo de raio 5cm como mostrado na **Figura 11**.

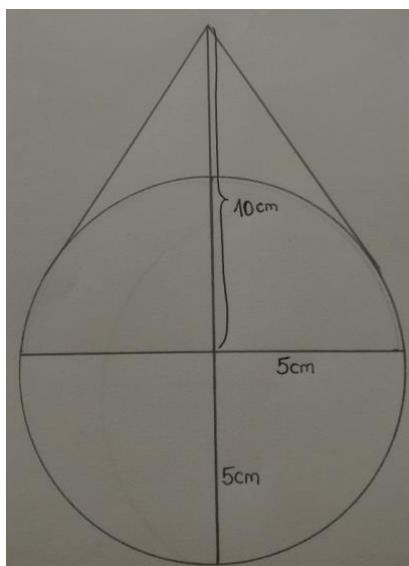
Figura 11: Círculo que será usado na confecção do eletroscópio 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Agora, trace uma reta do centro do círculo até um ponto que dista 10cm dele. Ligue o final dessa reta a dois pontos que tangenciam o círculo como mostra a **Figura 12**. Recorte a gota e pinte as duas faces com tinta metálica.

Figura 12: Desenho da gota para ser recortada



Fonte: Elaborada pelo autor.

Repita o procedimento anterior para construir a base do eletroscópio. Também utilize o mesmo procedimento para construir dois cliques com as tirinhas de papel alumínio.

Prenda a gota no canudo da base com fita adesiva e os cliques com as tirinhas de papel alumínio do outro lado. Um dos cliques deve ser preso próximo à ponta da gota e o outro próximo ao centro da circunferência dela, como mostrado na **Figura 13**.

Figura 13: Eletroscópio de folhas nº2



Fonte: Elaborada pelo autor.

Eletroscópio de Pêndulo

Repita o procedimento anterior para construir a base do eletroscópio.

Abra as pernas de um colchete de pasta formando um ângulo reto. Encaixe uma das pernas no canudinho da base e a outra perna em outro canudo cortado ao meio, formando assim, um L com os canudos como na **Figura 14**.

Figura 14: Montagem inicial do eletroscópio de pêndulo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Recorte um círculo de 1cm de diâmetro de papel alumínio, deixando uma rebarba para prender no fio de seda. Passe a cola bastão na rebarba e dobre-a sobre o fio de seda como mostra a **Figura 15**.

Figura 15: Montagem da bolinha do eletroscópio de pêndulo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A outra extremidade do fio de seda deverá ser presa com fita adesiva à extremidade do canudo do eletroscópio de pêndulo como mostrado na **Figura 16**.

Figura 16: Eletroscópio de pêndulo finalizado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Minigaiola de Faraday

Para este experimento, não será necessário construir nada, uma vez que será utilizado um coador plástico e um coador metálico para mostrar a distribuição de cargas elétricas na superfície externa de um condutor (Blindagem Eletrostática).

5. Agora que tudo está montado, vamos realizar os experimentos.

- a) Com um canudinho e o papel toalha em mãos, esfregue o canudo no papel toalha e encoste o canudo de uma parede ou na lousa. O que vocês puderam observar?
- b) Repita o processo anterior e, agora, aproxime o canudo da bolinha do eletroscópio de pêndulo. Registre tudo o que acontece.
- c) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha, e agora, passe toda a extensão dele na cabeça do eletroscópio de folha e também no eletroscópio 2. Aproxime o canudo que vocês utilizaram da folha do eletroscópio. Registre detalhadamente o que se pôde observar.
- d) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha, e agora, apenas aproxime o canudo da cabeça do eletroscópio de folha, mas sem encostar. O que ocorre? Ainda com o canudinho próximo ao eletroscópio

de folha, toque com o dedo a cabeça do eletroscópio. Registre o que vocês observaram. Agora, afaste o canudinho e retire seu dedo simultaneamente da cabeça do eletroscópio e anote o ocorrido. Em seguida, aproxime o canudo utilizado da folha do eletroscópio e anote o que vocês observaram.

- e) Pique alguns pedacinhos de papel e deixe sobre a mesa. Com o coador de plástico, cubra os pedacinhos de papel, e aproxime do coador um canudinho que foi previamente atritado com o papel toalha. Repita o procedimento, mas agora utilize o coador metálico. Vocês notaram alguma diferença quando trocaram o coador? Descreva.

QUINTO ENCONTRO

O professor faz o fechamento, sistematizando o conteúdo através de uma aula expositiva, que pode ser através de slides em um datashow ou através da lousa mesmo, abordando os conceitos de carga elétrica, condutores e isolantes, processos de eletrização, poder das pontas e blindagem eletrostática. É importante que, nessa aula, o professor retome os vários exemplos e situações abordadas nos vídeos e também nas atividades experimentais.

Após a aula expositiva, aplica-se um questionário final, a fim de avaliar se ocorreu uma aprendizagem significativa. Da mesma forma que o questionário inicial, as questões são na forma dissertativa para se avaliar melhor o aprendizado. Foram incluídos também testes de vestibular para averiguar se os alunos são capazes de utilizar o conhecimento adquirido na resolução de problemas. O questionário encontra-se a seguir:

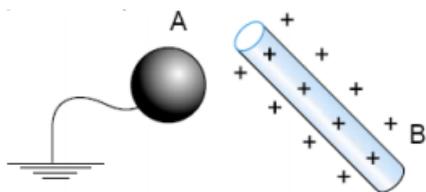
Questionário Final

1. Explique, com suas palavras, porque não devemos nos abrigar embaixo de árvores em dias de tempestade.
2. Explique porque uma pessoa estará ilesa no interior de um carro, se ele for atingido por um raio em um dia de tempestade.
3. Cite dois exemplos em que a eletricidade estática está presente em nosso dia-a-dia.

4. Em dias de clima seco e frio, é comum ouvirmos pequenos estalos quando retiramos uma blusa de lã, por exemplo. Você saberia explicar a origem desses estalos?
5. Explique o funcionamento de um para-raios.

Testes de vestibular

1. (UNIFOR) A figura abaixo representa um condutor A, eletricamente neutro, ligado à Terra. Aproxima-se de A um corpo B carregado positivamente. Pode-se afirmar que:



- a) os elétrons da Terra são atraídos para A.
 b) os elétrons de A escoam para a Terra.
 c) os prótons de A escoam para a Terra.
 d) os prótons da Terra são atraídos para A.
 e) há troca de prótons e elétrons entre A e B.

2. (UFJF) Considere um bastão de PVC carregado com um excesso de cargas positivas e três esferas metálicas condutoras neutras e eletricamente isoladas do ambiente. Elas são postas em contato, lado a lado, alinhadas. O bastão carregado é aproximado de uma das esferas das extremidades, de maneira a estar posicionado na mesma linha, mas não a toca, conforme esquematicamente mostrado na Figura A. A seguir, a esfera do centro é afastada das outras duas e só após o bastão é afastado, como mostrado na Figura B.

Figura A

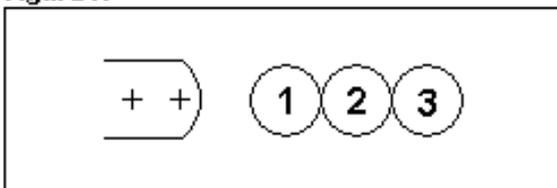
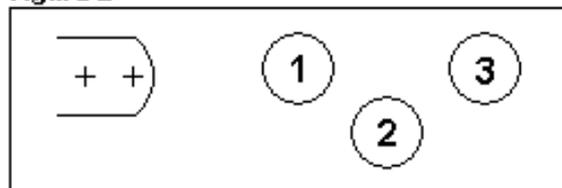


Figura B



Após afastar o bastão e com as esferas em equilíbrio eletrostático:

- a) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas positivas, a esfera 2 ficou neutra e a esfera 3 ficou com um excesso de cargas negativas.

- b) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas e as esferas 2 e 3 ficaram, cada uma, com um excesso de cargas positivas.
- c) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas positivas e as esferas 2 e 3 ficaram, cada uma, com um excesso de cargas negativas.
- d) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas e cada uma das esferas 2 e 3 ficou neutra.
- e) a esfera 1 ficou com um excesso de cargas negativas, a esfera 2 ficou neutra e a esfera 3 ficou com um excesso de cargas positivas.

3. (Unifesp) Em uma atividade experimental de eletrostática, um estudante verificou que, ao eletrizar por atrito um canudo de refresco com um papel toalha, foi possível grudar o canudo em uma parede, mas o papel toalha não. Assinale a alternativa que pode explicar corretamente o que o estudante observou.

- a) Só o canudo se eletrizou, o papel toalha não se eletriza.
- b) Ambos se eletrizam, mas as cargas geradas no papel toalha escoam para o corpo do estudante.
- c) Ambos se eletrizam, mas as cargas geradas no canudo escoam para o corpo do estudante.
- d) O canudo e o papel toalha se eletrizam positivamente, e a parede tem carga negativa.
- e) O canudo e o papel toalha se eletrizam

4. (PUC) Em uma experiência de laboratório, constatou-se que um corpo de prova estava eletricamente carregado com uma carga cujo módulo era de $7,2 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Considerando-se que a carga do elétron é $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, pode-se afirmar que:

- a) o corpo está carregado positivamente.
- b) a medida está indicando a carga de vários prótons.
- c) a medida está errada e não merece confiança.
- d) o corpo está carregado negativamente.

5. (UFRJ) Um aluno tem 4 esferas idênticas, pequenas e condutoras (A, B, C e D), carregadas com cargas respectivamente iguais a $-2Q$, $4Q$, $3Q$ e $6Q$. A esfera A é colocada em contato com a esfera B e a seguir com as esferas C e

D sucessivamente. Ao final do processo a esfera A estará carregada com carga equivalente a

- a) $3Q$.
- b) $4Q$.
- c) $Q/2$.
- d) $8Q$.
- e) $5,5Q$.

APÊNDICE D – RESPOSTAS DOS ALUNOS NA ÍNTEGRA, DAS ATIVIDADES PROPOSTAS.

QUESTIONÁRIO INICIAL

1. Falando em eletricidade, qual a diferença entre um material condutor e um material isolante?

3) Material isolante é algo que não conduz eletricidade, como a borracha. Material condutor é aquele capaz de conduzir eletricidade, como metais.

Um material condutor consegue conduzir eletricidade por todo um sistema enquanto um material isolante não deixa as correntes elétricas passarem.

① Um material condutor é um material que conduz a eletricidade por meio do corpo. Ex: metal

Um material isolante é um "corpo" que isola, Ex: borracha. Impede a passagem da eletricidade.

① Um material condutor é um objeto que conduz energia e um material isolante é que isola a eletricidade.

(?) material condutor é aquele que conduz (transporta) a eletricidade, e o isolante ~~encerra~~ o ciclo de energia.

2. O que é um corpo eletricamente carregado?

2) Não sei (provavelmente tem alguma coisa a ver com elétrons e cargas, deve ser isso).

Um corpo que tem cargas elétricas agindo sobre si.

R. Um corpo com bastante eletricidade

↳ Um corpo com muitos elétrons em sua eletrosfera

② É um corpo que está "carregado" com uma certa quantidade de energia.

3. Você sabe dizer o que é eletricidade estática?

É a eletricidade que "surge" com o atrito de um objeto com outro.

3) É aquilo que dá quando você esfrega uma bexiga no seu cabelo.

3. É a eletricidade que fica permanente em algum corpo sem que transmita a outra, apenas conduzida.

É uma eletricidade que funciona em apenas um campo, não se movimenta para outros.

③ Não sei ao certo.

4. É comum em dias de clima seco e frio, levar alguns choques elétricos ao se tocar em maçanetas de portas. Você saberia dizer a origem desse choque elétrico?

"choque" das calças de melhoas, das emergon trocador, por exemplo, o mesmo ~~corpo~~ corpo quente ao tocar na maçaneta fria da porta

4) Não, mas se tivesse que chutar seria culpa dos elétrons.

4. O choque provém pelo fato de, em dias secos e frios, haver maior possibilidade e facilidade de condução elétrica.

④ A origem do choque em dias secos provém do atrito.

4 - A carga elétrica acumulada nos corpos por conta da falta de calor no ambiente

5. Em um dia de tempestade, uma pessoa se encontra dentro de seu carro, que é atingido por um raio. Você saberia dizer o que acontece com essa pessoa imediatamente após o raio ter caído em seu carro?

R: Nada pois a eletricidade vai passar pelo carro e isolar nos pneus porém se a pessoa tocar em algo como o vidro ou a porta ela levará choque

5 - Nada, pois o carro transfere a energia para o solo e não para o motorista. O carro será danificado pela eletricidade.

flão, mas ela pode apresentar alguns "sintomas", pedindo
lua-la à morte

⑤ A pessoa vai levar choque.

⑤ Com a pessoa não vai acontecer nada pois a energia irá ser conduzida até
os pneus que não isolam a energia.

ROTEIRO EXPERIMENTAL

1. Considerando o que foi conversado nas aulas anteriores, observe as figuras 1 e 2. O que você acha que tem em comum entre as figuras?



Figura 1- Filete de água sendo puxado por um canudo.
Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=qVgU_e8c4zM

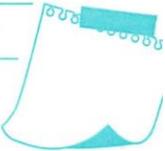


Figura 2- Fotocopiadora. Disponível em:
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=28200>

Grupo 1.

Em ambas podemos observar os princípios da eletrostática, em ambas há um filão no qual ocorre atração das cargas por cargas opostas.

Grupo 2.


 ① Na fotocópia e no filete de água ambos tem corpos com eletrocapacidade positiva e negativa, ~~em~~ na figura 1 as cargas são iguais repulindo a água do canudo e na 2 há uma região com carga contrária a tinta que adere a cotu.

Grupo 3.

1- Nas duas figuras podemos observar que há eletrização dos corpos, pois na figura 1 o filete de água é atraído pelo canudo carregado e na figura 2, uma placa eletrizada com cargas de sinal contrário atrai o pó do toner para que ele se fixe no papel.

2. Continuando a discussão, vamos desenvolver uma atividade experimental referente à eletrização dos corpos (processos pelos quais um objeto pode ficar carregado eletricamente). Vocês deverão montar cinco experimentos descritos a seguir, mas antes, descreva os materiais a serem utilizados.

- 1 eletroscópio de folha;
- 1 eletroscópio de pêndulo;
- 1 eletroscópio de folhas com uma região pontiaguda para mostrar o "poder das pontas".
- 1 mini gaiola de Faraday.

Grupo 1.

| materiais | |
|----------------|-------------------------------|
| cartolina | capuzes de café descartáveis |
| condutores | quase um pé / moço de modelar |
| fio de seda | colchetas de pasta |
| popel teatral | durene |
| lanta metálica | clips |
| popel alumínio | cedon de plástico |
| Cela bastão | cedon metálico |
| terceira | |

Grupo 2.

materiais

| | |
|----------------|-------------------------|
| cartolina | tesoura |
| conudo | copo descartável (café) |
| durex | clips |
| fio de seda | gesso em pó |
| papel toalha | coador } plástico |
| tinta metálica | } metal |
| papel alumínio | |
| cola bastão | |

Grupo 3.

Materiais

| | | |
|------------------|------------------------------|-----------------|
| Cartolina | tinta spray metálica | clips |
| Conudos | papel alumínio | gesso em pó |
| durex | cola bastão | coador plástico |
| meia-calça velha | tesoura | coador metálico |
| papel toalha | copinhos descartáveis (café) | |

3. Pense e discuta com os colegas do grupo: O que é necessário acontecer com um corpo para que ele fique eletricamente carregado?

Grupo 1

Para ocorrer eletrização do corpo (número de elétrons diferente do de prótons), podendo ser negativo ou positivo.

Grupo 2.

É necessário ter atrito, para que o corpo possa ficar com carga negativa ou positiva, repulindo ou atraindo.

Grupo 3.

É necessário que o corpo ganhe ou perca elétrons. Se ele ganhar elétrons ficará carregado negativamente e se ele perder, ficará carregado positivamente.

5. Agora que tudo está montado, vamos realizar os experimentos.

a) Com um canudinho e o papel toalha em mãos, esfregue o canudo no papel toalha e encoste o canudo de uma parede ou na lousa. O que vocês puderam observar?

Grupo 1

a) Podemos observar que ao atritar o canudo no papel, em seguida ele gruda em outra superfície sem cair.

Grupo 2.

a = Atritar canudo no papel = canudo colado na superfície

Grupo 3.

a) O canudinho grudou na parede

b) Repita o processo anterior e agora, aproxime o canudo da bolinha do eletroscópio de pêndulo. Registre tudo o que acontece.

Grupo 1.

b = canudo puxa a bolinha, bolinha encosta e depois repete = repele após grudar.
↳ detectar a presença de carga elétrica.

Grupo 2.

b) Quando aproximar o canudo da bolinha do eletroscópio de pêndulo no início se afasta, mas depois se aproxima.
atrai

Grupo 3.

b) A bolinha é atraída pelo canudo só que na hora que ela encosta no canudo, ela passa a ser repelida por ele.

c) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha, e agora, passe toda a extensão do mesmo, na cabeça do eletroscópio de folha e também no eletroscópio 2. Aproxime o canudo que vocês utilizaram, da folha do eletroscópio. Registre detalhadamente o que se pôde observar.

Grupo 1.

c) O fio de alumínio ~~foi~~, os 2 fios levantam (mas o de cima levanta mais)

Grupo 2.

c) No de folha, a folha de alumínio que fica na ponta levanta mais que a que fica mais embaixo.
No outro eletroscópio (2): ao colocarmos o ~~canudo~~ canudo ^{em cima,} próximo a folha de alumínio levanta.

Grupo 3.

j) Quando passamos o canudo nos eletroscópios, as folhas de papel alumínio levantaram. No eletroscópio em forma de gota, o filote de cima levantou mais. Ao aproximar o canudo das folhas, elas foram repelidas pelo canudo.

d) Esfregue novamente o canudinho no papel toalha, e agora, apenas aproxime o canudo da cabeça do eletroscópio de folha, mas sem encostar. O que ocorre? Ainda com o canudinho próximo ao eletroscópio de folha, toque com o dedo, a cabeça do eletroscópio. Registre o que vocês observaram. Agora, afaste o canudinho e retire seu dedo simultaneamente da cabeça do eletroscópio e anote o ocorrido. Em seguida aproxime o canudo utilizado da folha do eletroscópio e anote o que vocês observaram.

Grupo 1.

Ele levanta ao aproximar o canudo e colocando o dedo o filote cai.

Grupo 2.

d) Ao aproximarmos a folha de alumínio levanta. ~~(Quando)~~ Quando colocamos o dedo na cabeça a folha ^(aluminos) baixa. Retirando o canudo e o dedo a folha de alumínio levanta, mas se colocarmos o canudo a folha levanta mais.

Grupo 3.

d) Ao aproximar o canudo da cabeça do eletroscópio, a folha de papel alumínio levanta. Depois, quando encostamos com o dedo o eletroscópio, a folha abaixa, mas quando afastamos o canudo e a mão do eletroscópio, a folha se levanta novamente. Dessa vez quando aproximamos o canudo da folha, ela se levanta ainda mais.

e) Pique alguns pedacinhos de papel e deixe sobre a mesa. Com o coador de plástico, cubra os pedacinhos de papel, e aproxime do coador, um canudinho que foi previamente atritado com o papel toalha. Repita o procedimento, mas agora utilize o coador metálico. Vocês notaram alguma diferença quando trocaram o coador? Descreva.

Grupo 1

Comudo puxa os papéis
Comudo sopra os papéis na po peneira

Grupo 2.

Com o coador metálico os papéizinhos não são atraídos, mas ^{com} ~~através~~ (de) coador de plástico os papéis foram atraídos.

Grupo 3.

e) Quando aproximamos o canudo do coador de plástico, os papéizinhos foram puxados pelo canudo e ficaram grudados na tela do coador. Já no coador metálico não aconteceu nada, os papéizinhos continuaram sobre a mesa.

QUESTIONÁRIO FINAL

1. Explique com suas palavras, porque não devemos nos abrigar embaixo de árvores em dias de tempestade.

1- Porque em um lugar onde a árvore é um dos pontos mais altos, acumulando carga em sua ponta (poder das pontas) e atraindo mais descargas elétricas.

① Pois a árvore é uma região pontiaguda onde as cargas (positivas ou negativas) se concentram, atraindo a ~~uma~~ carga oposta, presente nos raios, criando os raios.

① Podemos ter como base a "teoria dos pontos" na qual as regiões mais pontiagudas acumulam maior quantidade de energia, ou seja, mais atraem os raios mais facilmente.

1. Porque as árvores são regiões pontiagudas, que acumulam maior quantidade de carga, tendo maior probabilidade de ser uma região atingida por raios (poder dos pontos).

1- Porque a árvore é uma região alta, na qual funciona como para raios e ocorre por atrair o raio. Há maior concentração de cargas nas regiões pontiagudas (poder dos pontos).

2. Explique porque uma pessoa estará ilesa no interior de um carro, se o mesmo for atingido por um raio em um dia de tempestade.

② Porque o carro é como uma gaiola de Faraday, ~~onde~~ concentrando as cargas na parte de fora e não no meio, assim a pessoa dentro do carro não é atingida pela eletricidade.

② Isso acontece igual a Gaiola de Faraday onde a carga vinda do raio fica apenas na lataria.

2. Porque as cargas do raio são distribuídas pela superfície ~~do~~ externa do carro não atingindo a pessoa no interior ~~exp~~ (gaiola de Faraday).

2- Porque as cargas se distribuem na superfície externa dos condutores (funciona como gaiola de Faraday).

② A pessoa ficará ilesa por causa que a carga do raio irá se distribuir envolta do carro, como a gaiola de Faraday.

3. Cite dois exemplos onde a eletricidade estática está presente em nosso dia a dia.

③ Na Indústria Têxtil no rolo compressor e no carpete que atrai a combustível e usado junto com fios tenso, também usado como feltro nos industriais que soltam pólvoras.

- ③ - Impressora
- Na indústria têxtil

3. Na impressora e em filtros de gases em indústrias, a fim do reaproveitamento de materiais e da minimização da poluição.

3- Quando penteamos o cabelo, quando usamos o aspirador, quando usamos uma copiadora, um impressora, filtros eletrostáticos.

③) Uma copiadora e um filtro eletrostático

4. Em dias de clima seco e frio, é comum ouvirmos pequenos estalos quando retiramos uma blusa de lã por exemplo. Você saberia explicar a origem desses estalos?

4. Os estalos são ocasionados pela perda ou ganho de carga negativa do nosso corpo com o outro corpo atritado, no exemplo, uma blusa de lã.

4- A blusa de lã é um isolante, os estalos são as cargas estáticas presentes no nosso corpo, quando se tira a blusa uma parte dessa carga fica na blusa.

④) Com o atrito o seu corpo está eletrizado, nisso você acaba descarregando na blusa causando esses estalos.

④) Os estalos tem a origem dos movimentos de elétrons ~~para~~ de um corpo para o outro; podendo ser do corpo para a blusa ou da blusa para o corpo.

4- Porque a lã atrita no corpo e, ao tirar a blusa um dos corpos está eletricamente, fazendo estalos ao tirar, pois um corpo está perdendo elétrons para o outro.

5. Explique o funcionamento de um para raios

5- O para raios é uma haste de metal pontiaguda (poder das pontas) aterrada no solo, onde a ponta está carregada (pode ser positivamente ou negativamente) e a nuvem também está carregada. Com isso o para raios atrai a carga das nuvens e, por estar aterrado, faz com que a carga escoe até o chão, dissipando a carga elétrica da nuvem.

⑤ O para-raios, presente normalmente em prédios, inicialmente tem ~~uma~~ uma carga neutra, que vai definindo sua carga ao longo do tempo em que as nuvens se formam, e o para-raios é um grande fio terra, que liga-se com o chão, e é assim quando o para-raios se encontra com uma carga oposta à da nuvem, a carga da nuvem é depositada no para-raios em forma de raios, levando essa carga ao chão, ficando neutro novamente.

5. Os para-raios, ficam ligados a terra, por meio da indução, as nuvens atraem cargas opostas à sua, a região pontiaguda do para-raios acumula maior carga, recebendo o raio e descarregando na terra.

5- O para-raios é um ponto no qual há concentração de cargas opostas a cargas das nuvens.

Em certo ponto o ar passa a ser condutor e o raio se forma da região de carga negativa. (depende ser a nuvem positiva ou negativa), o raio sempre é o movimento de elétrons.

⑤ Ao ser atingido pelo raio, o para-raios recebe a carga (ou ~~perde~~ perde) e essa carga vai para terra através do para-raios.