

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PPGEEB - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Ronaldo Furtado de Oliveira

O ENSINO DE ELETROSTÁTICA NA EDUCAÇÃO
BÁSICA BASEADO EM EXPERIMENTOS HISTÓRICOS
UTILIZANDO UM KIT DE BAIXO CUSTO

São Mateus
2019

Ronaldo Furtado de Oliveira

O ENSINO DE ELETROSTÁTICA NA EDUCAÇÃO
BÁSICA BASEADO EM EXPERIMENTOS HISTÓRICOS
UTILIZANDO UM KIT DE BAIXO CUSTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica - CEUNES/UFES, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a Marcia Regina Santana Pereira

São Mateus
2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

F992e Furtado de Oliveira, Ronaldo, 1976-
O Ensino de Eletrostática na Educação Básica baseado em experimentos históricos utilizando um Kit de baixo custo / Ronaldo Furtado de Oliveira. - 2019.
87 f. : il.

Orientadora: Márcia Regina Santana Pereira.
Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

I. Regina Santana Pereira, Márcia. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 37

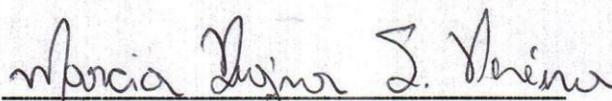
RONALDO FURTADO DE OLIVEIRA

**O ENSINO DE ELETROSTÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA BASEADO
EM EXPERIMENTOS HISTÓRICOS UTILIZANDO UM KIT DE BAIXO
CUSTO**

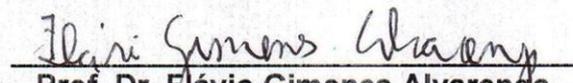
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Aprovada em 21 de março de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Marcia Regina Santana Pereira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora


Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga
Universidade Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. André Koch Torres de Assis
Universidade Estadual de Campinas

Dedicatória

Dedico essa dissertação à minha família que me deu apoio para que fosse possível a conquista desse título.

Agradecimentos

À minha esposa e filhos pelo apoio e compreensão por minha ausência nas horas e dias dedicados ao Mestrado.

As minhas irmãs pelo apoio, dicas e sugestões na elaboração dessa dissertação.

À minha orientadora Professora Márcia Regina Santana Pereira por ter me apoiado e orientado no decorrer dessa jornada.

Ao Professor André Koch Torres de Assis por seu suporte e incentivo em trabalhar com experimentos históricos.

A todos os amigos que fiz durante essa caminhada, a convivência e interação com eles foi muito importante para mim.

Aos professores Flávio Gimenes, Giuseppe, Maria Alayde, Márcia Helena, Rita e Zaira por terem me dado a oportunidade de usufruir de seus ensinamentos.

Ao meu amigo Joel Rossin por ter cedido sua casa para eu ficar durante meus estudos.

A CAPES pela provisão da bolsa de Mestrado.

“Se hoje eu consigo enxergar mais longe, foi porque me apoiei em ombros de gigantes”.
(Isaac Newton)

RESUMO

O ENSINO DE ELETROSTÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA BASEADO EM EXPERIMENTOS HISTÓRICOS UTILIZANDO UM KIT DE BAIXO CUSTO

Ronaldo Furtado de Oliveira

Orientadora:

Professora Doutora Márcia Regina Santana Pereira

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de tornar o ensino de eletrostática mais atrativo e significativo para alunos da educação básica. Com o apoio teórico da *Aprendizagem Significativa* de *David Ausubel* foi realizada uma série de experiências utilizando um *Kit* confeccionado pelos próprios alunos, contendo vários aparatos experimentais históricos feitos com materiais de fácil acesso e baixo custo. Com esse *Kit* os alunos exploraram de forma experimental vários conceitos em eletrostática, tais como: eletrização por atrito, contato e indução, materiais condutores e isolantes, distribuição superficial de cargas, cargas positivas e negativas, aterramento elétrico, potencial elétrico, polarização das cargas elétrica e blindagem eletrostática. A pesquisa foi realizada com alunos do 3º Ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Vila Pavão-ES. Primeiramente foi entregue aos alunos um questionário com o objetivo de sondar seus conhecimentos prévios em relação ao conteúdo de eletrostática abordado na pesquisa. No decorrer dos trabalhos notou-se um grande entusiasmo por parte dos alunos em construir os aparatos experimentais com materiais que fazem parte de seu cotidiano. Eles ficaram muito surpresos e intrigados com os resultados obtidos experimentalmente, e isso era evidenciado em seus gestos e expressões. No final da pesquisa os alunos apresentaram os aparatos experimentais confeccionados por eles em uma feira de ciência organizada pela escola na qual a pesquisa fora desenvolvida. Três meses após o término dos trabalhos os alunos redigiram um texto livre relatando a importância que a pesquisa teve para cada um. Nesse texto pode-se observar que para todos os estudantes a construção dos aparatos experimentais, assim como a realização das experiências, teve um significado muito positivo. Todos relataram que seria muito mais fácil compreender os conteúdos em física se eles fossem trabalhados de forma experimental e contextualizada.

Palavras chave: Experimentos Históricos, Material de Baixo Custo, Aprendizagem Significativa, Ensino de Física.

São Mateus
2019

ABSTRACT

THE TEACHING OF ELECTROSTATICS IN BASIC EDUCATION BASED ON HISTORICAL EXPERIMENTS USING A LOW COST KIT

Ronaldo Furtado de Oliveira

Advisor:

Professora Doutora Marcia Regina Santana Pereira

The present work was developed with the objective of making the teaching of electrostatics more attractive and meaningful for students of basic education. With the theoretical support of David Ausubel's Significant Learning, a series of experiments were carried out using a Kit, made by the students themselves, containing several historical experimental apparatus made with materials of easy access and low cost. With this kit the students explored several concepts in electrostatic, such as frictional, contact and inductive electrification, conductive and insulating materials, surface charge distribution, positive and negative charges, electrical grounding, electric potential, polarization of electric charges and electrostatic shielding. The research was carried out with students of the 3rd year of high school of a state school in the municipality of Vila Pavão-ES. First, a questionnaire was given to the students, with the aim of probing their previous knowledge regarding the electrostatic content addressed in the research. In the course of the work, there was a great enthusiasm on the part of the students in constructing the experimental apparatus, with materials that are part of their daily life. They were very surprised and intrigued by the results obtained experimentally, this was very clear in their gestures and expressions. At the end of the research the students presented the experimental apparatus made by themselves a science fair organized by the college. Three months after the end of the work, the students wrote a free text telling the importance that the research had for them. In this text it can be observed that for all the students the construction of the experimental apparatuses, as well as the realization of the experiments, had a positive meaning for them. They all reported in their texts that it would be much easier to understand the contents of physics if they were worked experimentally and contextualized.

Keywords: Historical Experiments, Low Cost Material, Significant Learning, Physics Teaching.

São Mateus
2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Materiais utilizados no kit.....	29
Figura 02. Mapa conceitual das formas de eletrização	30
Figura 03. Canudo eletrizado atraindo pequenos pedaços de papel alumínio	35
Figura 04. Tubo plástico eletrizado atraindo um filete d'água.....	36
Figura 05. Versório metálico à esquerda e versório plástico à direita.....	38
Figura 06. Versórios orientados radialmente.....	39
Figura 07. Versórios se orientando ao longo de um canudo plástico eletrizado.....	40
Figura 08. Caneta touch-screen confeccionada com material de baixo custo.....	42
Figura 09. Versório com o membro horizontal com um pedaço de papel.....	43
Figura 10. Medidor de umidade de baixo custo.....	45
Figura 11. Medidor de umidade feito com cabelo humano.....	45
Figura 12. Medidor de umidade mostrando cerca de 60% de umidade.....	46
Figura 13. Pedaço de alumínio no membro horizontal do versório sendo repelido pelo canudo plástico eletrizado.....	47
Figura 14. Pêndulo de alumínio sendo repelido após ser eletrizado por contato.....	49
Figura 15. Polarização das cargas induzidas pela presença do canudo eletrizado negativamente.....	51
Figura 16. Aterramento do pêndulo de alumínio dando condições das cargas negativas escaparem.....	51
Figura 17. Pêndulo eletrizado por indução.....	52
Figura 18. Pêndulo eletrizado por indução adquirindo carga contrária ao corpo indutor....	53
Figura 19. Pêndulo eletrizado por contato adquirindo a mesma carga do corpo eletrizado que tocou nele.....	53
Figura 20. Eletroscópio de folha de papel cartão.....	55

Figura 21. Eletroscópio carregado por indução.....	58
Figura 22. Eletroscópios carregados após o contato de um canudo eletrizado com o espeto de madeira que os une.....	59
Figura 23. Cartaz explicando o funcionamento do versório.....	63
Figura 24. Cartaz explicando eletrização por atrito.....	64
Figura 25. Cartaz sobre a série triboelétrica.....	64
Figura 26. Quadro ilustrando a evolução do modelo atômico.....	65
Figura 27. Ornamentação e disposição do experimento.....	65
Figura 28. Ornamentação e disposição dos experimentos.....	66
Figura 29. Porta de entrada da sala da eletricidade.....	66
Figura 30. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno A”.....	69
Figura 31. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno D”.....	69
Figura 32. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno E”.....	70
Figura 33. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno F”.....	70
Figura 34. Importância da abordagem histórica no ensino de física, “aluno E”.....	70
Figura 35. Importância da abordagem histórica no ensino de física, “aluno G”.....	71
Figura 36. Importância da construção dos aparatos experimentais, “aluno B”.....	71
Figura 37. Importância da realização dos experimentos. “Aluno E”.....	71
Figura 38. Importância da realização dos experimentos. “Aluno G”.....	72
Figura 39. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno A”.....	72
Figura 40. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno B”.....	72
Figura 41. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno C”.....	73

Figura 42. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno D”	73
Figura 43. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno E”	73
Figura 44. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno F”	74
Figura 45. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno G”	74

SUMÁRIO

MEMORIAL	16
JUSTIFICATIVA	20
OBJETIVO GERAL	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPÍTULO I – ESTUDOS TEÓRICOS	25
1.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	25
1.2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	25
CAPÍTULO II – MATERIAIS E MÉTODOS	28
2.1 O KIT EXPERIMENTAL	28
2.2 Planejamento da pesquisa.....	30
CAPÍTULO III – A PESQUISA	32
3.1 PRIMEIRO ENCONTRO – 05/04/2018.....	32
3.2 SEGUNDO ENCONTRO – 12/04/2018	32
3.2.1 <i>Experiência 1</i>	33
3.2.2 <i>Experiência 2</i>	33
3.3 TERCEIRO ENCONTRO – 19/04/2018.....	34
3.3.1 <i>Experiência 3</i>	35
3.4 QUARTO ENCONTRO – 03/05/2018	37
3.4.1 <i>Experiência 4</i>	38
3.4.2 <i>Experiência 5</i>	38

3.5	QUINTO ENCONTRO – 10/05/2018	39
3.5.1	<i>Experiência 6</i>	39
3.5.2	<i>Experiência 7</i>	40
3.6	SEXTO ENCONTRO – 17/05/2018	41
3.7	SÉTIMO ENCONTRO – 24/05/2018	42
3.7.1	<i>Experiência 8</i>	43
3.7.2	<i>Experiência 9</i>	44
3.8	OITAVO ENCONTRO – 07/06/2018	48
3.8.1	<i>Experiência 10</i>	48
3.8.2	<i>Experiência 11</i>	49
3.9	NONO ENCONTRO – 19/06/2018	54
3.9.1	<i>Experiência 12</i>	55
3.10	DÉCIMO ENCONTRO – 26/06/2018.....	56
3.11	DÉCIMO PRIMEIRO ENCONTRO – 03/07/2018	57
3.11.1	<i>Experiência 13</i>	57
3.11.2	<i>Experiência 14</i>	57
3.11.3	<i>Experiência 15</i>	58
3.11.4	<i>Experiência 16</i>	58
3.11.5	<i>Experiência 17</i>	60
3.12	DÉCIMO SEGUNDO ENCONTRO – 12/07/2018	60
3.12.1	<i>Experiência 18</i>	61

3.12.2	<i>Experiência 19</i>	61
3.12.3	<i>Experiência 20</i>	61
3.13	DÉCIMO TERCEIRO ENCONTRO – 24/07/2018.....	62
CAPÍTULO IV – RESULTADOS		68
4.1	ANÁLISE DOS TEXTOS.....	68
4.1.1	<i>Contextualização no Ensino de Física</i>	69
4.1.2	<i>Abordagem histórica</i>	70
4.1.3	<i>Construção dos aparatos experimentais</i>	71
4.1.4	<i>Realização dos experimentos</i>	71
4.1.5	<i>Significado do trabalho</i>	72
4.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	78
	BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTO PRÉVIO		80
ANEXO B – QUESTIONÁRIOS DE OPINIÃO NA ÍNTEGRA		84

MEMORIAL

Durante parte da minha infância, por volta de 1983, morei em um sítio no interior de Minas Gerais. A energia elétrica ainda não havia chegado naquela região, o meio de entretenimento era um rádio que funcionava a pilha e só sintonizava ondas de rádio longas do tipo AM, além disso, também tínhamos o costume de a tardezinha visitar algum vizinho que morasse nas proximidades. Era nessa ocasião que os mais velhos sentavam-se para conversar sobre situações de seu cotidiano.

Quando o assunto era sobre algum fenômeno natural que havia ocorrido, eu sentava ao lado deles, bem quietinho, para ouvir o que eles tinham a relatar. Alguns contavam que certa vez, durante uma tempestade de raios, havia caído um corisco¹ em cima de uma árvore deixando-a despedaçada. Outros narravam que em sua plantação de arroz havia passado um redemoinho enorme que amassou boa parte de sua plantação.

É claro que alguns desses relatos vinham acompanhados de uma boa dose de fantasia, mas eu não me importava com isso, ao contrário, essa dose extra de fantasia tornava o assunto mais interessante. Sobre essa interação sócio cultural Almeida nos diz;

[...] é o meio social que oferece as balizas para a expressão de emoções, sentimentos e paixão, que englobam a dimensão afetiva; é, enfim, o meio que impõe possibilidades/limites ao desenvolvimento cognitivo-afetivo-motor do indivíduo. ALMEIDA (2014, p.597).

E como eu era fascinado por fenômenos naturais como tempestades de raio, arco-íris, redemoinhos, eclipses, ficava muito interessado em ouvir os mais velhos discutirem sobre esses acontecimentos.

Com o passar dos anos minha curiosidade sobre esses fenômenos foi aumentando, entretanto, não sabia como obter tais informações. Ingressei no ensino primário com expectativas de que ali meu desejo em aprender sobre fenômenos naturais fosse suprido, porém não me recordo de nenhum professor

¹ Corisco é uma lenda rural em que os lavradores acreditam que quando uma árvore é despedaçada por um raio, o que acarreta o desmembramento da árvore é uma pedra no formato de uma machadinha trazida pelo raio.

que pudesse dar-me subsídio de onde encontrar materiais inspiradores. As aulas de ciências eram extremamente expositivas e havia um enorme abismo entre o que era ensinado e o cotidiano. Como eu não conseguia ver muita aplicação prática naquilo que estava aprendendo, fui aos poucos perdendo o interesse pelo assunto.

Em 1986 mudamos para o interior do Espírito Santo. Ali já havia energia elétrica e isso possibilitou a compra de um aparelho de televisão. Naquela época era transmitido um seriado intitulado “*Profissão perigo*”, cujo personagem principal era o físico “*MacGyver*”. Esse personagem resolvia situações problemas como escapar de uma situação perigosa, desarmar uma bomba, acender uma fogueira, consertar algum veículo, dispondo apenas de materiais que se encontravam ao seu redor. Tais habilidades deixavam-me impressionado. Dessa forma, esse seriado despertou em mim o interesse em construir meus próprios brinquedos. Arquitetava represas em pequenos cursos d’água, canalizava a água utilizando canos de bambu para fazer girar uma pequena roda feita de gravetos que, na minha imaginação fertilizada pelo seriado descrito anteriormente, servia para movimentar o gerador da minha pequena usina hidrelétrica imaginária. Eram nessas brincadeiras que eu me tornava cientista, engenheiro das mais diversas áreas, mecânico de automotores, explorador interplanetário e o que mais minha imaginação pudesse criar. Sobre as brincadeiras de infância Góes relata que;

[...] esse tipo de brincadeira tem sua gênese naquilo que é vivenciado e conhecido, embora a atividade imaginativa envolvida não seja apenas recordar, mas reelaborar experiências, combinando e criando novas realidades, de acordo com necessidades e preferências [...]. GÓES (2000, p.122).

O seriado abriu meus olhos para um mundo da experimentação em que eu conseguia aplicar noções de hidráulica, termodinâmica e mecânica em situações cotidianas. Mundo esse que nem o ensino primário, nem o fundamental, tampouco o médio conseguiram me mostrar. Sobre esse sentimento Sagan (2006, p. 8) diz o seguinte: “Gostaria de poder lhes contar sobre professores de ciência inspiradores nos meus tempos de escola primária e secundária. Mas, quando penso no passado, não encontro nenhum [...]”.

Mediante tais colocações questiono: O que fazer para tornar o ensino de ciências na educação básica mais atraente e significativo para nossos alunos?

Em relação a essa pergunta, CARVALHO (2015, p. 1) contribui:

Não podemos mais continuar ingênuos sobre como ensinar, pensando que basta conhecer um pouco o conteúdo e ter jogo de cintura para mantermos os alunos nos olhando e supondo que enquanto prestam atenção eles estejam aprendendo.

Como um assunto tão interessante como a ciência pode ser tratado de forma tão mecânica nas escolas? Por qual motivo invés de trabalharmos primeiramente as equações de um fenômeno, não trabalhamos o fenômeno em si, com uma abordagem histórica e com os autores que corroboraram para desvendá-lo? Sobre essa prática Ausubel nos diz que:

Em resultado dessa prática inadequada, os estudantes e os professores são coagidos para tratar os materiais potencialmente significativos como se possuíssem um caráter memorizado e, conseqüentemente, os primeiros passam por dificuldades desnecessárias e por um êxito diminuído quer na aprendizagem, quer na retenção. O ensino da matemática e das ciências, por exemplo, continua a basear-se muito na aprendizagem memorizada de fórmulas e de passos de procedimentos, no reconhecimento memorizado de 'problemas tipo' estereotipados e na manipulação mecânica de símbolos. Na ausência de ideias claras e estáveis, que podem servir como pontos de ancoragem e de focos de organização para a incorporação de material novo e logicamente significativo, os estudantes veem-se presos numa teia de incompreensão e possuem poucas tarefas de aprendizagem, mas memorizadas, para fins de avaliação. (AUSUBEL, 2002, p.167).

Em 2004 ingressei no curso superior de Licenciatura em Física, ministrado pela UFRJ através do consórcio CEDERJ (Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro). Minha primeira aula da disciplina de introdução às Ciências Físicas fora um experimento utilizando uma fonte luminosa e uma caixa escura com o objetivo de demonstrar que a luz em um meio homogêneo se propaga em linha reta. O tutor da disciplina fez questão que nós mesmos manipulássemos o aparato experimental. Senti-me o próprio MacGyver do seriado, tirando medidas e fazendo os cálculos. Agora eu também era um cientista!

Retornando para casa, recriava os experimentos utilizando materiais disponíveis. Divertia-me muito e sentia um grande fascínio em explorar esses fenômenos de forma experimental.

Essas atividades experimentais me acompanharam em quase todas as disciplinas de física do meu curso de licenciatura, e isso para mim foi o fator

propulsor para que eu permanecesse no curso até a conclusão. Para mim foi uma grande superação terminar o curso, pois residia a 530 km do polo de Itaperuna que era o mais próximo à minha casa. Dos dez anos que foram necessários para o término, uns sete, aproximadamente, eu me deslocava quase todo o final de semana de moto. Se as disciplinas de física não tivessem esse apelo experimental, certamente eu teria desistido e não estaria aqui escrevendo essa dissertação.

Minha trajetória desde os tempos de infância até a graduação foi a principal motivação em trabalhar com experimentos históricos em eletricidade para o ensino de física utilizando material de baixo custo. Assim, o aluno poderá construir seu próprio aparato experimental e levá-lo para casa, bem como realizar os experimentos para seus parentes e amigos, conforme relatado por Assis (2011, p.3):

“[...] Eu próprio, particularmente, gostaria de ter aprendido física desta maneira. Ou seja, em vez de decorar diversas fórmulas e ficar apenas resolvendo exercícios matemáticos, gostaria de ter tido a oportunidade de construir instrumentos e realizar diversas experiências, de aprender e de visualizar como foram feitas as grandes descobertas, além de reproduzir na prática alguns dos fatos empíricos mais importantes, explorando ainda diferentes modelos e concepções para explicá-los [...]”.

JUSTIFICATIVA

A física é uma ciência experimental, e a experimentação uma ponte entre a teoria e a prática. Segundo Teixeira (1994) existe um abismo entre o conhecimento racional ensinado nas escolas e o conhecimento prático do dia-a-dia. Esses conhecimentos só vieram aproximar-se com a ciência experimental que, com efeito, nasce quando o homem do conhecimento racional resolve utilizar-se dos meios e processos do homem da oficina, não para fazer outros aparelhos, mas para elaborar o saber e produzir conhecimento. E esse conhecimento experimental era destinado a substituir, não as crenças teológicas do homem, mas suas crenças práticas.

A experimentação é uma forma muito poderosa de despertar no aluno o interesse científico, não obstante ela deve ter um caráter investigativo, devemos ter o cuidado em como realizar esses experimentos. Pois, uma vez administrado sem levar em consideração o conhecimento prévio do aprendiz, de forma somente a demonstrar uma lei, seguindo um itinerário de passo a passo pré-estabelecido como são as receitas de culinária, sem a contextualização com o saber que o aluno traz de sua vivência, só servirá para instituir um conhecimento no educando de forma acabada. Nesse contexto, o educando não terá oportunidade para questionamento, investigação e tampouco para construção de conhecimento, deixando espaço para a frustração do professor e o desinteresse do aprendiz. Sobre esse assunto Sagan relata que:

[...] Nos cursos de laboratório na escola secundária, havia uma resposta que devíamos obter. Ficávamos marcados se não a conseguimos. Não havia nenhum encorajamento para seguir nossos interesses, intuições ou erros conceituais. Nas páginas finais dos livros didáticos, havia material visivelmente interessante. O ano escolar sempre acabava antes de chegarmos até aquele ponto. Podiam-se encontrar livros maravilhosos sobre astronomia nas bibliotecas, por exemplo, mas não na sala de aula [...]" Sagan, (2006, p. 8).

Quando é proposta aos alunos uma atividade experimental, na maioria das vezes o resultado final discorda do resultado esperado, esse é o momento em que o professor tem a oportunidade de enfatizar que o erro faz parte do processo experimental. Nessa circunstância o aprendiz deve verificar qual é a fonte do seu erro, se ele está relacionado às imprecisões nas medidas diretas,

se foi um erro conceitual ou se as condições ambientes não estão propícias para a realização do experimento. É nesse processo de verificação que o aluno tem a oportunidade de construir seu próprio conhecimento.

Deve-se ter muito cuidado em trabalhar o erro experimental com os alunos, devemos deixar claro para eles que o erro, além de fazer parte do processo experimental, nos ajuda a ser mais rigorosos e muitas vezes nos leva a descobertas inesperadas. Se essa questão não for bem trabalhada o educando fica tentado a manipular os resultados experimentais, a fim de obter o resultado desejável.

Dessa forma é muito importante a experimentação ser trabalhada de forma investigativa ao invés do modo tradicional. Assim, o aluno terá liberdade para errar, rever seus conceitos e reestruturar seu conhecimento cognitivo. Sobre essa questão Gibin; Sousa Filho (2016, p. 34) contribui:

[...] Muitas vezes, no ensino tradicional de Química e Física, em aulas experimentais, os estudantes são punidos quando cometem erros. A punição, geralmente consiste na perda de notas em relatório”. Por outro lado, em atividades experimentais investigativas, o erro se torna mais comum e, ao invés de causar punições aos estudantes, é possível proporcionar novas formas de aprendizagem.

Além de trabalhar a experimentação de forma investigativa é muito importante que ela esteja inserida em um contexto histórico, pois as grandes descobertas estão inseridas nesse contexto. Um bom exemplo de tecnologia gerada através de estudos decorridos ao longo da história é o smartphone, que hoje em dia é um item comum em nosso cotidiano. Entretanto, para chegar a essa tecnologia houve um longo caminho de tentativas e erros, além de um elenco de personagens históricos que com suas pesquisas contribuíram significativamente para que se pudesse chegar a esse instrumento. Sobre essa questão Gibin; Sousa Filho (2016, p. 21) afirma que:

Existe outra concepção sobre Ciência, que não considera os problemas históricos que deram origem ao conhecimento científico e a sua construção. Além disso, não é considerado o contexto histórico em que o conhecimento científico é construído. Cabe lembrar que a Ciência se propõe a resolver os problemas de pesquisa que são gerados pela sociedade, em um contexto histórico. Portanto a pesquisa científica estuda diferentes problemas ao longo do tempo, que são mais importantes no contexto histórico.

A utilização dos experimentos em eletricidade remete a antiguidade, quando os fenômenos elétricos já aguçavam a curiosidade do homem. Segundo Assis (2011) desde Platão (aproximadamente 428-348 a.C.) já era conhecido o exemplo do âmbar que ao ser atritado atraía corpos leves colocados nas suas redondezas ficando eletrizados, dando assim origem ao conhecimento de toda a ciência da eletricidade, ou seja, de uma experiência casual obteve-se o início de uma grande descoberta científica.

Não se pode imaginar a sociedade contemporânea sem o uso da eletricidade gerada a partir de diversas matrizes energéticas que atualmente se encontram em colapso pela valorização de apenas algumas fontes geradoras de energia, contribuindo, conseqüentemente, para seu racionamento em vários setores sociais. Neste momento a busca por fontes alternativas de energia, bem como pela eficiência energética, tem incentivado pesquisas em diversos setores da sociedade.

Atualmente a Educação Básica encontra alguns obstáculos para atingir os objetivos específicos para o ensino de Física, principalmente no que se refere à contextualização dos conhecimentos teóricos que envolvem este tema. Tais obstáculos se encontram nas metodologias adotadas pelos professores, que muitas vezes não desenvolvem métodos adequados para a construção do conhecimento, restringindo-se apenas aos textos de livros didáticos, os quais nem sempre trazem uma aplicação prática que busque contextualizar o conteúdo com o cotidiano do aluno. Observa-se a valorização apenas do formalismo das equações, o que para o educando não possui muita relação com sua vivência, ocasionando, assim, falta de interesse pelo conteúdo por parte do aluno. Sobre isso Vygotsky nos alerta que:

A experiência prática mostra também que é impossível e estéril ensinar os conceitos de uma forma direta. Um professor que tenta conseguir isto habitualmente, não consegue mais da criança do que um verbalismo vazio, um psitacismo que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade só encobre um vácuo. Vygotsky (1896-1934, p.84).

No livro intitulado “Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade” Assis (2011) apresenta um roteiro experimental utilizando material de baixo custo que poderá estabelecer uma contextualização entre a teoria e a prática ao demonstrar para o aluno que o conhecimento científico não é construído

somente com equações a serem decoradas. Também podemos construí-lo a partir de experimentos de fácil reprodução que se tornarão uma poderosa ferramenta. Além disso, esses experimentos investigativos valorizam o trabalho em grupo que, segundo Demo (2012), emerge como uma habilidade a ser desenvolvida nos ambientes escolares, de forma a reconhecer o trabalho produzido em grupo, preservando os saberes individuais e promovendo uma produção coletiva, aberta a crítica, em um constante processo de reaprender, demonstrando, assim, que não existe conhecimento fechado e finalizado sem possibilidade de ser revisto e reconstruído.

Objetivo Geral

Analisar a aplicabilidade de um *kit* didático com aparatos experimentais históricos, feitos com materiais de fácil acesso e baixo custo. O *kit* foi idealizado com o propósito de auxiliar professores do ensino fundamental e médio que queiram trabalhar conteúdos de eletrostática de forma experimental, contextualizada e com uma abordagem histórica, buscando torná-los mais atraentes para os alunos.

Objetivos Específicos

- Fazer uma sondagem do conhecimento prévio dos alunos para uma contextualização dos fenômenos abordados de forma experimental.
- Realizar uma série de experiências em eletrostática nas quais os alunos poderão investigar conceitos fenomenológicos como: formas de eletrização, mecanismo *ACR* (atração, contato e repulsão), materiais condutores e isolantes, atração e repulsão elétrica, linhas de força elétrica, potencial elétrico e blindagem eletrostática.
- Discutir os resultados experimentais de forma contextualizada, abordando os personagens históricos que contribuíram para as bases dos estudos em eletricidade.
- Fazer uma abordagem da aplicação dos conceitos eletrostáticos investigados de forma experimental nas tecnologias modernas.

- Expor os aparatos experimentais que compõe o *kit* em uma feira de ciências realizada pelo colégio no qual a pesquisa será realizada.
- Fazer uma avaliação qualitativa da motivação e do comprometimento dos alunos na construção dos aparatos experimentais, na realização das experiências e na exposição dos aparatos experimentais na feira de ciências.

CAPÍTULO I

ESTUDOS TEÓRICOS

1.1 Pesquisa Bibliográfica

Diante da escolha da temática de Experimentos Históricos em Eletrostática o primeiro passo foi buscar trabalhos que desenvolvessem este tema nos bancos de dados nacionais. Essa pesquisa foi feita no catálogo de teses e dissertação da CAPES, compreendendo os anos de 2010 a 2016, utilizando as palavras chaves: Experimentos Históricos, Material de Baixo Custo, Aprendizagem Significativa e Ensino de Física. Foram encontrados 70 títulos, entre esses foram selecionados uma tese, Boss (2011) e cinco dissertações: Bezerra (2016), Diniz (2016), Kohori (2015), Nascimento (2016) e Sombra Júnior (2015). A tese tratava-se de uma tradução comentada dos artigos experimentais de Stephen Gray, Boss (2011), que foi um importante personagem histórico experimental e contribuiu significativamente com os estudos em eletrostática, mesmo que de alguma forma tenha sido esquecido pela história.

No tocante às dissertações, todas eram de mestrado profissional, sendo que quatro tinham como referencial teórico David Ausubel; Bezerra (2016), Diniz (2016), Kohori (2015) e Sombra Júnior (2015) e uma John Dewey; Nascimento (2016). As dissertações trabalhavam com experimentos utilizando material de baixo custo, mas nenhuma com ênfase em experimentos históricos. Nelas foram explorados os conteúdos em Óptica Geométrica, Eletricidade, Eletromagnetismo, Mecânica Newtoniana e Termodinâmica.

1.2 Referencial Teórico

A escolha de um referencial teórico para nos guiar em uma pesquisa é sempre uma tarefa muito difícil, cheia de incertezas, sendo, muitas vezes, motivo de discórdia entre orientandos e orientadores. Comigo não foi muito diferente, uma vez que não conseguia relacionar minha pesquisa com a essência de alguma metodologia de aprendizagem. No entanto, de uma coisa eu tinha certeza, queria que as atividades que propusesse para os alunos, assim como os conceitos abordados por elas, tivessem algum significado para eles. Desejava

que meu trabalho marcasse a vida deles de algum modo e que com o passar de muitos anos, ao reencontrar algum desses alunos que fizera parte da pesquisa, o mesmo viesse ao meu encontro e dissesse que quando presenciara um fenômeno eletrostático, recordou-se dos experimentos que havia feito em nossos trabalhos.

No livro “Aprendizagem Significativa” de Marcos Antônio Moreira, o qual descreve a teoria de aprendizagem desenvolvida pelo norte americano David Paul Ausubel (1928-2008), observamos que base dessa teoria é a valorização do conhecimento prévio do aluno adquirido ao longo de sua vida. Segundo Ausubel:

Por ‘aprendizagem significativa’, entende-se essencialmente um tipo distinto de processo de aprendizagem, bem como um resultado de aprendizagem significativa – alcance de um novo significado- apenas num plano secundário, que reflete necessariamente a operação e o acabamento de tal processo. A aprendizagem significativa como processo pressupõe, por sua vez, que os aprendizes empreguem quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer que o material que apreendem seja potencialmente significativo para os mesmos, ou seja, passível de se relacionar com as ideias relevantes ancoradas nas estruturas cognitivas dos mesmos. (AUSUBEL, 2002, p56).

A valorização desse conhecimento prévio deverá servir para que o aluno sintasse atraído pelo conteúdo. Ainda segundo este autor é necessário que o aluno sinta vontade de aprender, dessa forma o professor terá que desenvolver metodologias que cativem o aluno, tornando possível a aprendizagem significativa.

Fiquei muito interessado nessa teoria, pois ela coloca o professor como um personagem importante no desenvolvimento de práticas que valorizam esse saber cognitivo, oriundo do cotidiano desse aluno. Antes de elaborar suas atividades o professor deverá sondar com os estudantes situações fenomenológicas vivenciadas por eles, para que possa ver a melhor maneira em desenvolver essas atividades, abordando-as de forma contextualizada. Dessa forma, o discente terá assunto para discutir com o professor e não se restringirá a mero executor, abrindo espaço para uma importante facilitadora da aprendizagem significativa, a “linguagem”:

A linguagem é um importante facilitador da aprendizagem significativa por recepção e pela descoberta. Aumentando-se a manipulação de conceitos e de proposições, através das propriedades representacionais das palavras, e aperfeiçoamento compreensões

subvertais emergentes na aprendizagem por recepção e pela descoberta significativa, clarificam-se tais significados e tornam-se mais precisos e transferíveis. Por conseguinte, ao contrário da posição de Piaget, a linguagem desempenha um papel integral e operativo (processo) no raciocínio e não meramente um papel comunicativo. Sem a linguagem, é provável que a aprendizagem significativa fosse muito rudimentar. (AUSUBEL, 2002, p.5).

Deverá haver o diálogo e não só um monólogo em que o professor fala e o aluno escuta. Para isso ele precisa sentir-se inserido na atividade, ela deve fazer sentido para ele. E nessa empreitada o professor tem a função de construir uma ponte entre o abismo que hoje em dia separa o conteúdo ensinado nas escolas do cotidiano dos estudantes.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 O Kit Experimental

A metodologia dessa pesquisa baseia-se na construção e utilização de um *kit* experimental contendo vários aparatos, sendo que alguns desses tiveram origem nos séculos XVI e XVII. Esses experimentos são inspirados no livro *Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade*² e a execução da pesquisa pressupõe a perspectiva da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O kit experimental em eletrostática foi composto por:

1. Caixa plástica 45 cm x 16 cm com base de isopor para acomodar os aparatos experimentais;
2. 02 canudos de plástico rígidos de 25 cm de comprimento por 1 cm de diâmetro;
3. 02 suportes plásticos;
4. 02 versórios de metal com base;
5. 02 versórios de plástico com base;
6. 04 suportes de gesso;
7. 01 pêndulo elétrico feito de alumínio;
8. 01 pêndulo elétrico feito de papel;
9. 02 eletroscópios de folha de papel cartão;
10. 01 pedaço de pano de acrílico;
11. 01 pedaço de pano de seda;
12. 01 espetinho de madeira;
13. Recipiente para armazenar pequenos objetos.

Os aparatos experimentais do kit foram confeccionados pelos alunos. Porém, por demandarem muito tempo para a construção, alguns itens foram fornecidos pelo pesquisador: a caixa do kit e os suportes de gesso. Os alunos ainda receberam 10 recipientes de plástico de 100 ml cada para armazenar pequenas porções de diferentes substâncias para a investigação de suas propriedades eletrostáticas.

² ASSIS, 2011b.

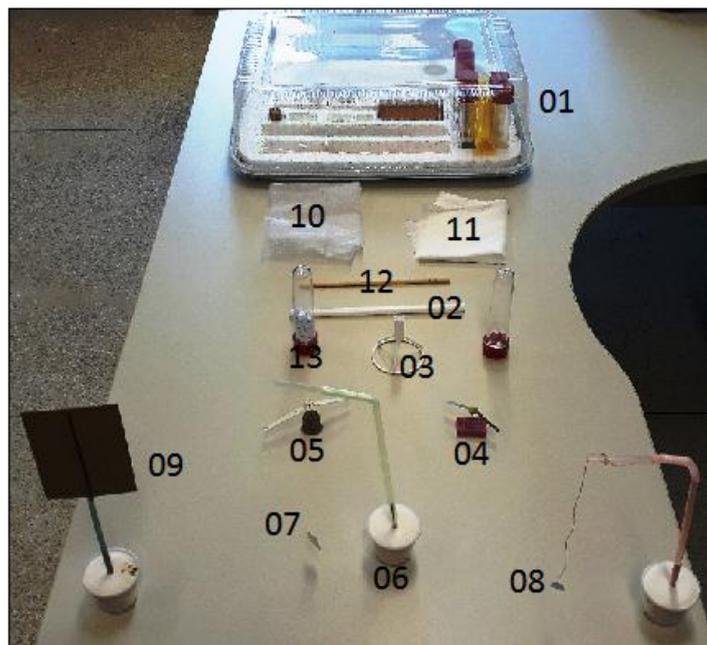


Figura 01. Materiais utilizados no kit.

Fonte: acervo pessoal.

O kit foi construído e utilizado pelos alunos a fim de explorar alguns fenômenos em eletrostática como:

- Eletrização por atrito, contato e indução;
- Atração entre um corpo eletrizado e um corpo polarizado;
- Atração e repulsão entre corpos eletrizados;
- Materiais condutores e isolantes;
- Carga elétrica;
- Diferença de potencial elétrico;
- Série triboelétrica e blindagem eletrostática.

Também foi explorado o funcionamento de algumas tecnologias modernas tais como:

- Caneta touch-screen;
- Telas capacitivas de smartphones;
- Tubo de raios catódicos;
- Transistor de efeito de campo.

No mapa conceitual da Figura 01 está ilustrado como foram abordados os conceitos sobre as formas de eletrização exploradas experimentalmente com o *kit*.

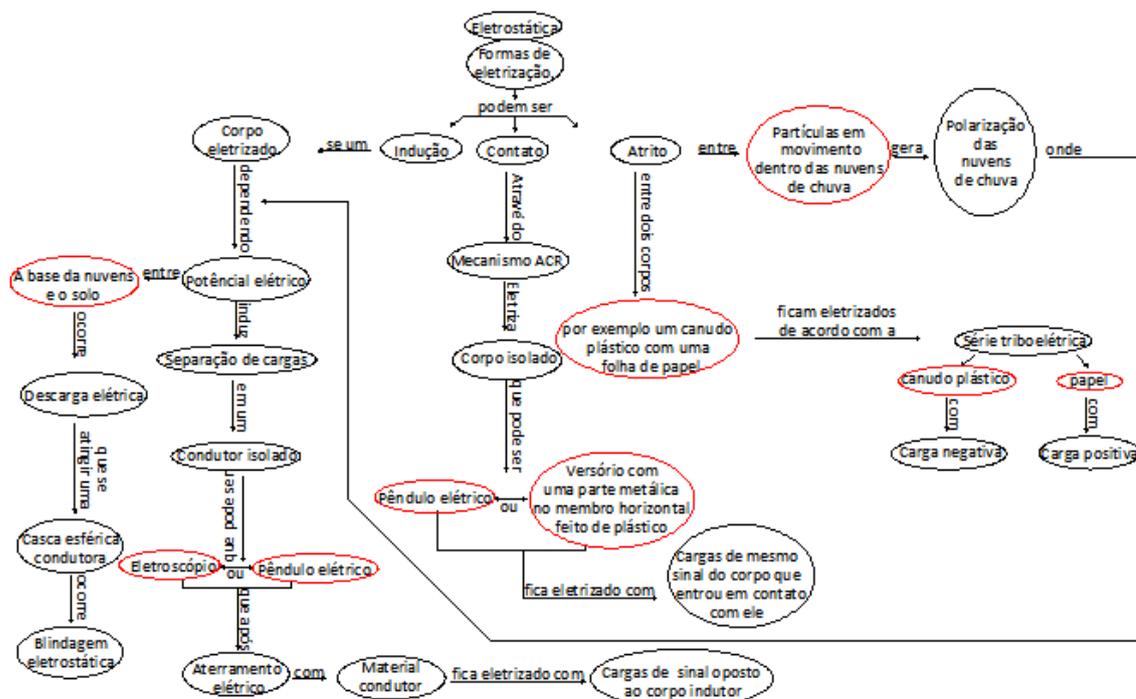


Figura 02. Mapa conceitual das formas de eletrização.

Fonte: Acervo pessoal.

2.2 Planejamento da pesquisa

A instituição escolhida para a realização do projeto de pesquisa foi a Escola Estadual de Ensino Médio “Professora Ana Portela de Sá” localizada na zona urbana da cidade de Vila Pavão, E.S. Por encontrar-se perto de minha residência e obter contato com a diretora e alguns professores, essa escola foi uma boa opção para a realização do projeto de pesquisa.

Quando fui à escola para conversar com a diretora sobre o projeto, recebi total apoio dela e do professor de Física. Como o projeto de pesquisa aborda o conteúdo de eletrostática, preferi realizá-lo com alunos do terceiro ano.

Nessa escola existem duas turmas de terceiros anos no turno vespertino e uma no turno noturno. A diretora sugeriu que eu aplicasse o projeto nas duas últimas aulas das quintas-feiras no turno matutino, pois dessa forma poderia contemplar os alunos de todas as turmas que se interessassem em participar do trabalho. Cada aula tem a duração de 50 minutos. Posteriormente, retornei a escola e juntamente com o professor de Física conversei com as duas turmas do vespertino sobre o projeto e como ele seria realizado. O professor de Física dialogou com os alunos do noturno sobre o projeto, mas por trabalharem

durante o dia a presença deles tornou-se difícil. No total 23 alunos se voluntariaram para participar da pesquisa.

Foram realizados 13 encontros entre os dias 05/04/2018 e 12/07/2018 com duração aproximada de duas aulas de 50 minutos. Primeiramente fora realizado um encontro com o objetivo de motivar e sondar, através de um questionário, quais fenômenos elétricos os estudantes tiveram contato no decorrer de suas vidas (o questionário encontra-se no anexo A). Os demais encontros foram para o desenvolvimento da pesquisa.

Nos dias 24/07/2018, 31/08/2018, 07/08/2018 e 09/08/2018 os alunos reuniram-se nas duas últimas aulas para organizar uma sala temática, a *Sala da Eletricidade*, onde os experimentos realizados durante a pesquisa foram expostos pelos próprios alunos para os demais colegas. Esta iniciativa propiciou a participação na feira de ciências organizada pela escola que aconteceu nos dias 10/08/2018 e 13/08/2018. Neste evento houve a apresentação de diversos trabalhos, entre os quais, a *Sala da Eletricidade*.

A avaliação dos resultados da pesquisa foi elaborada a partir da observação do interesse e empenho dos alunos na construção dos aparatos experimentais do *kit*, na realização das experiências, no ganho de conhecimento fenomenológico que adquiriram no decorrer da pesquisa, na ornamentação da sala temática para a feira de ciências e na exposição dos aparatos experimentais durante a feira. Três meses após os estudantes terem apresentado os experimentos na feira de ciências, o professor de física da escola cedeu uma aula de 50 minutos para que os alunos participantes da pesquisa escrevessem um relato sobre como a construção do *kit* e a realização dos experimentos contribuíram para dar significado e tornar o ensino de física mais atraente para eles (As considerações dos alunos estão na íntegra no anexo B).

CAPÍTULO 3

A PESQUISA

3.1 Primeiro Encontro - 05/04/2018

No primeiro dia compareceram 13 alunos dos 23 que deram o nome. Foi feito um momento de motivação em que a professora doutora Macia Regina Santana Pereira do PPGEEB³, minha orientadora de mestrado, contou um pouco de sua trajetória como motivação, citando desafios e superações desde o ensino médio até seu doutorado. Os alunos ficaram bastante impressionados com o relato da professora. Após esse momento os estudantes assistiram um episódio da série *Cosmo* de Neil De grasse Tyson intitulado “O Visionário da Eletricidade” que conta um pouco da vida do físico experimental Michael Faraday. Houve um segundo momento para esclarecer dúvidas e, ao final, cada aluno recebeu uma folha com perguntas objetivando sondar o conhecimento prévio deles em relação ao conteúdo de eletrostática. Ainda fora solicitado aos alunos que fizessem uma pesquisa com seus familiares sobre experiências que eles tiveram e eventuais fenômenos elétricos que eles presenciaram no decorrer de suas vidas. Essa pesquisa seria a base para o planejamento de outros encontros, pois a mesma forneceria os subsídios necessários para contextualizar as atividades com o conhecimento prévio dos alunos. Segundo Moreira;

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçoes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2011, p.16.).

3.2 Segundo Encontro - 12/04/2018

Nesse dia compareceram 13 alunos. Solicitei que cada um falasse um pouco sobre suas perspectivas para o futuro em relação a uma profissão. Posteriormente discorri um pouco sobre minha trajetória e a minha motivação pessoal para trabalhar com esse tipo de projeto. Conversei com eles sobre a importância de ter algum sonho para o futuro e dos desafios para conquistá-lo,

³ Programa de pós-graduação em ensino na educação básica.

acrescentando que eles poderiam ser qualquer coisa que quisessem desde que estivessem dispostos a colocar tempo e esforço suficiente para realizá-lo. Neste encontro fora realizada uma breve apresentação de alguns personagens históricos que colaboraram para o estudo da eletricidade, seguida de uma apresentação sobre a evolução do modelo atômico até o modelo de Rutherford. Também fora entregue a caixa para guardar os kits experimentais, na qual já havia um canudo plástico, um pedaço de pano de acrílico e um pedaço de pano de seda.

3.2.1 Experiência 01

Na primeira experiência solicitei que recortassem pequeninos pedaços de papel, colocassem-nos por cima da mesa e passassem o canudo plástico por cima daquele papel picado. Os estudantes não entenderam muito bem o motivo do experimento uma vez que nada havia acontecido.

3.2.2 Experiência 02

Após o momento supracitado orientei-os que atritassem o canudo plástico no pano de acrílico e repetissem o experimento. Então viram os pedacinhos de papel saltando em direção ao canudo que fora atritado com o pano de acrílico.

Eles ficaram bem impressionados ao ver que ao atritar o tubo de plástico, esse poderia atrair os pedacinhos de papel picado. Enfatizei que experimentos dessa natureza deram início aos estudos em eletricidade e que desde Platão (aproximadamente 428 – 348 a.C.) já se conhecia que o âmbar⁴ atritado atraía corpos leves colocados ao seu redor, fenômeno esse conhecido como efeito âmbar. Segundo Baptista e Ferracioli:

Devemos lembrar ainda que é a Thales de Mileto (624-547 a.C) que devemos observações de eletrização manifestado pela fricção de um bastão de âmbar cinzento (elektron). Thales observou também as propriedades magnéticas das pedras encontradas perto da localidade de Magnésia, nas proximidades de Mileto. Em outras palavras, Thales foi o primeiro a identificar e colocar em evidência os fundamentos empíricos da Eletricidade e do Magnetismo. (Baptista e Ferracioli, 2003, p.25.)

⁴ Resina fóssil proveniente de uma espécie de pinheiro extinta há vários milhões de anos.

Requisei que para a próxima aula trouxessem vários objetos que pudessem ser atraídos pelo tubo plástico eletrizado. Ao término deste encontro foi recolhido o questionário distribuído na aula anterior.

3.3 Terceiro Encontro - 19/04/2018

Na preparação dessa aula levou-se em consideração o depoimento dos alunos e seu conhecimento prévio relacionado ao assunto eletricidade. No questionário aplicado todos relataram que já vivenciaram uma tempestade de raios. Assistimos a um vídeo explicativo sobre a formação das nuvens de chuva e a constituição dos raios. Durante explicação ressaltai que a polarização das nuvens é formada devido às colisões do granizo que está caindo dentro da nuvem com as partículas de gelo em ascensão. Essas colisões arrancam elétrons das partículas de gelo conferindo a elas uma carga resultante positiva, enquanto o granizo que cai apropria-se de uma carga elétrica negativa. Dessa forma, a parte de baixo da nuvem fica carregada negativamente e a parte de cima positivamente. Portanto, quando a diferença de potencial entre a base e o topo na nuvem aumenta muito é que acontecem os raios. Aproveitei esse momento para falar sobre o conceito eletrostático de que cargas com o mesmo sinal se repelem e cargas de sinal contrário se atraem.

Oportunizou-se um momento para que os alunos comentassem suas experiências com as tempestades. Relataram situações de queda de raios, morte de animais e alguns folclores relacionados a descargas elétricas. Este momento muito produtivo, com participação expressiva e muita interação entre eles. Sobre essa interação Masini e Moreira contribuem que:

Interação é a palavra-chave: *Interação entre conhecimentos novos e conhecimentos prévios*. Havendo interação ambos os conhecimentos se modificam: o novo passa a ter significado para o indivíduo e o prévio adquire novos significados, fica mais diferenciado, mais elaborado. (MASINI, MOREIRA, 2008, p.16).

É incrível como os alunos participam da aula quando o tema aborda situações do seu cotidiano. Para isso a sondagem feita sobre as situações que eles vivenciaram sobre a eletricidade fora fundamental. Pode observar que compreender e valorizar a cultura na qual o aluno está inserido é um processo que nos leva a uma melhor abordagem do conteúdo, trazendo como resultado

a atenção deles durante os encontros. A respeito da valorização cultural Delizoicov, Angotti e Pernambuco enfatizam:

Entender o universo simbólico em que nosso aluno está inserido, qual sua cultura primeira, qual sua tradição cultural étnica e religiosa, a que meios de comunicação social tem acesso, a que grupo pertence, pode facilitar o aprendizado de Ciências Naturais. Permitir que sua visão de mundo possa aflorar na sala de aula, dando possibilidade de que perceba as diferenças estruturais, tanto de procedimento como de conceitos, pode propiciar a transição e a retroalimentação entre as diferentes formas de conhecimento de que o sujeito dispõe. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.136).

Dando continuidade, os alunos realizaram alguns experimentos explorando a atração entre um plástico atritado e as amostras trazidas por eles. Havia diversos materiais tais como: farinha de mandioca, farinha de milho, papel picado, alguns insetos pequenos como cupins e formigas, papel alumínio picado, sacola plástica picada, conforme podemos ver na figura 03.



Figura 03. Canudo eletrizado atraindo pequenos pedaços de papel alumínio.

Fonte: acervo pessoal.

3.3.1 Experiência 3

Aproveitei a oportunidade para propor uma nova investigação. Será que a água seria atraída pelo bastão eletrizado? Em seguida os estudantes tentaram atrair

um filete de água que escoava de uma torneira utilizando um tubo plástico eletrizado como bastão, conforme se observa na figura 04.



Figura 04. Tubo plástico eletrizado atraindo um filete d'água.

Fonte: acervo pessoal

Os alunos ficaram muito admirados ao ver o filete de água sendo atraído devido à presença do bastão eletrizado. Contribui que a eletrização do canudo plástico por atrito é análoga à eletrização das nuvens pelo atrito das partículas ascendentes com as partículas descendentes em seu interior. Essa aula foi muito produtiva e com participação ativa por parte dos alunos. A utilização da *formação das nuvens de tempestades* agiu como subsunçor interagindo com o organizador *eletrização por atrito*, tornando mais fácil a contextualização do fenômeno de eletrização abordado nos experimentos. A respeito desse assunto Ausubel nos diz:

A função do organizador, depois de interagir com os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva, é fornecer um apoio ideário para a incorporação e retenção estável do material mais detalhado e diferenciado que se segue à passagem de aprendizagem, bem como aumentar a capacidade de discriminação entre este material e as ideias semelhantes ou ostensivamente conflituosas na estrutura cognitiva. (AUSUBEL, 2002, p.151).

Com essas experiências os alunos exploraram a atração entre um canudo plástico eletrizado por atrito e vários corpos pequenos colocados ao seu redor.

No final sugeri que eles reproduzissem os experimentos executados naquela aula em casa, com os familiares e amigos, pois seria bem interessante para que discutíssemos os resultados no encontro seguinte.

3.4 Quarto Encontro - 03/05/2018.

Neste dia vieram 10 alunos. No primeiro momento conversamos sobre as experiências da aula passada e as experiências que eles fizeram em casa com seus parentes e amigos. Como alguns dos alunos relataram que já observaram que os pelos do braço são atraídos pela tela do televisor de tubo, dei uma breve explicação sobre a formação da imagem na tela do televisor. Esclareci que os cabelos do braço são atraídos pela tela porque a mesma fica eletrizada no processo de formação da imagem.

Construímos um aparato experimental chamado de *Versório de Gilbert* que foi idealizado pelo inglês William Gilbert (1544 – 1603). Gilbert fora médico e também um dos cientistas que deu início às pesquisas modernas sobre o magnetismo e sobre a eletricidade. Segundo Assis (2011), o termo versório vem da palavra latina *versorium*, que significa aparato girante. O versório é composto basicamente por uma base e um membro horizontal girante que pode ser confeccionado com materiais como: madeira, metal e plástico. Como o membro horizontal pode girar livremente em relação à base, o versório é um instrumento muito sensível a torques externos muito pequenos, portanto, pode ser utilizado para detectar torques exercidos pela força elétrica de um corpo eletrizado.

Cada aluno construiu quatro aparatos, sendo dois com uma base formada por uma borracha escolar e um alfinete e o membro horizontal formado por um colchete nº 6. Os outros dois versórios foram construídos com bases feitas por uma cortiça e um prego, e o membro horizontal uma tira de PVC retirada de um pedaço de forro de PVC e um alfinete. A figura 05 mostra como ficaram o versório plástico e o metálico após sua confecção.

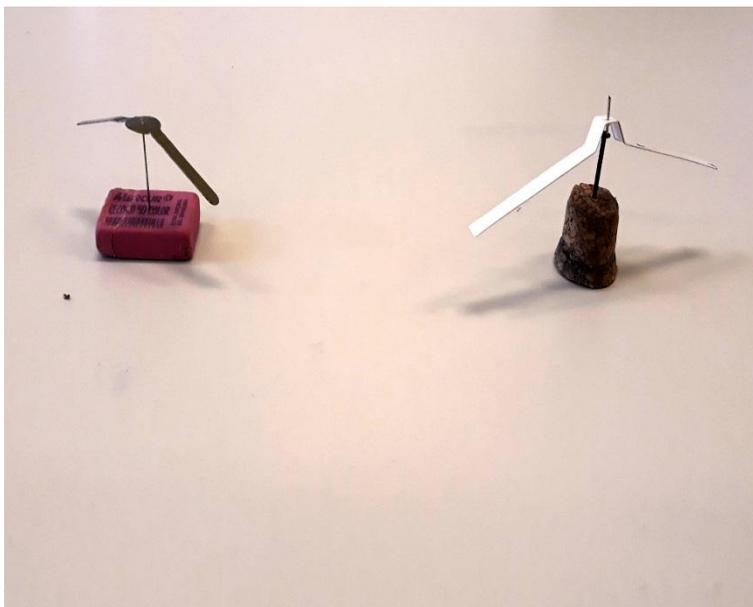


Figura 05. Versório metálico à esquerda e versório plástico à direita.

Fonte: acervo pessoal.

Esse aparato foi utilizado em várias ocasiões, dentre elas para verificar se um corpo está eletrizado no mapeamento das linhas de campo e força elétrica e visualizando a atração elétrica.

3.4.1 Experiência 4

Pedi para os alunos aproximarem o canudo plástico que não havia sido atritado da extremidade do membro horizontal feito de plástico do versório e depois de metal. Nada aconteceu.

3.4.2 Experiência 5

Orientei que eletrizassem o canudo plástico por atrito e repetissem o experimento anterior. Em ambos os versórios o membro horizontal girou em seu próprio eixo com o versório passando a apontar em direção ao canudo plástico eletrizado.

Os alunos gostaram muito de fazer o versório ficar girando em seu próprio eixo, movendo o canudo de plástico eletrizado ao redor dele. Questionei se aquele movimento do versório teria algo a ver com o funcionamento do motor elétrico. Um aluno me perguntou se tinha como construir um motor utilizando um versório com vários canudos de plástico eletrizados ao redor dele. Mas como a

aula já havia acabado não houve tempo para continuar o assunto. O encontro foi bastante produtivo, sendo possível observar o brilho nos olhos deles enquanto construía os aparatos e realizavam os experimentos. Parecia que eu estava me vendo no quintal da minha casa, perto de um pequeno curso d'água, brincando de construir rodas d'água utilizando apenas alguns gravetos.

3.5 Quinto Encontro - 10/05/2018.

Nessa aula vieram apenas 4 alunos. Confesso que fiquei um pouco preocupado, mas a ausência dos demais se deu em virtude de motivos pessoais. No entanto, mesmo diante do número reduzido de estudantes a aula foi bem produtiva. Repetimos as experiências 4 e 5, a fim de verificar se um corpo depois de atritado estava ou não eletrizado. Foram utilizados vários materiais (como metal, plástico e madeira) para serem atritados com: folha de papel, cabelo, tecidos variados e pele humana e etc.

3.5.1 Experiência 6

Para mapear as linhas de força elétrica produzidas pelo canudo plástico eletrizado foram utilizados oito versórios feitos de PVC. Estes foram dispostos em um círculo com orientações aleatórias. Em seguida atritou-se o canudo plástico em uma folha de papel A4 que foi introduzido no centro do círculo feito com os versórios. Eles posicionaram-se conforme a figura abaixo, todos apontando para o centro.

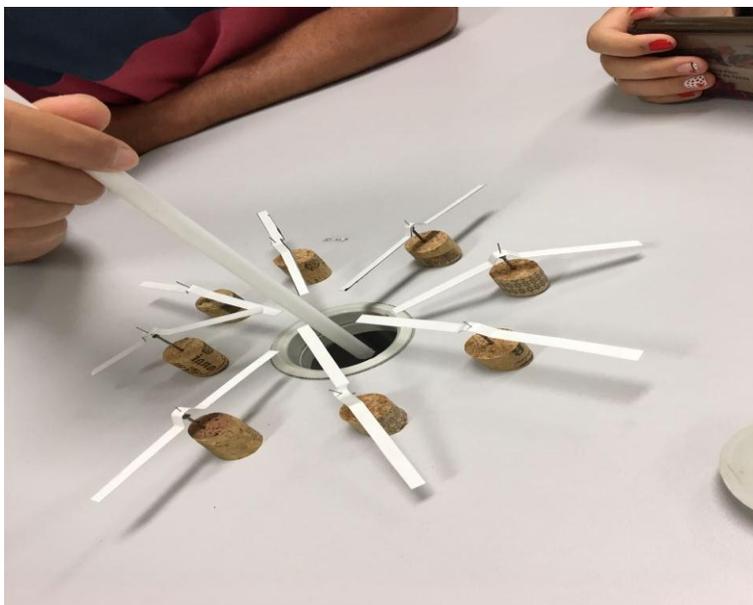


Figura 06. Versórios orientados radialmente. Fonte: acervo pessoal.

Nesse experimento os alunos puderam ver claramente que as linhas de força elétrica se orientam radialmente a um canudo cilíndrico eletrizado. Perguntei a eles se essa orientação tem a ver com a geometria do corpo eletrizado, mas não souberam responder.

3.5.2 Experiência 7

Pedi para que os alunos atritassem o canudo em todo o seu comprimento a fim de eletrizar todo o canudo e logo após colocassem os versórios circundando parte do comprimento do canudo deitado horizontalmente. Os versórios se orientaram conforme a figura 07.



Figura 07. Versórios se orientando ao longo de um canudo plástico eletrizado colocado na horizontal.

Fonte: acervo pessoal.

Com esse experimento os alunos puderam perceber a importância da geometria do corpo eletrizado para analisar a disposição das linhas de campo elétrico e de força elétrica. Se o corpo é esférico, as linhas de força elétrica são radiais ao corpo. Porém, se o corpo for linear, elas ficarão perpendiculares ao comprimento do corpo.

Observei que se eu tivesse a oportunidade de ter realizado um experimento desse tipo quando estava cursando a disciplina de Física 03 na graduação,

teria sido bem mais fácil compreender a lei de Gauss. Aproveitei também para ressaltar que todo corpo eletrizado produz um campo elétrico ao seu redor, se um outro corpo interage com esse campo, surge então uma força elétrica.

3.6 Sexto Encontro - 17/05/2018

Um total de 6 alunos compareceram para essa aula. Com o intuito de aumentar o interesse dos alunos pelo trabalho desenvolvido, resolvi acrescentar ao estudo da eletrostática uma abordagem tecnológica. Propus aos alunos a construção de uma caneta touch-screen utilizando os conceitos de eletrostática e material de baixo custo.

Primeiramente passei um vídeo do programa “olhar digital” da TV Cultura sobre os tipos de telas touch-screen, que são as telas resistivas e as capacitivas. O vídeo explicou com detalhes o princípio de funcionamento das telas.

No nosso trabalho foi explorado o funcionamento da tela capacitiva, pois a maioria dos smartphones de hoje utilizam esse tipo de tela. Este dispositivo utiliza uma tela que fica eletrizada e, quando tocamos nela com o dedo, os elétrons escapam para nosso dedo no ponto tocado, mandando uma informação para o processador do telefone realizar a tarefa desejada. Para construir nossa caneta utilizamos os seguintes materiais:

- Caneta plástica esferográfica usada;
- Papel alumínio;
- Esponja de aço.

Primeiramente desmontamos a caneta deixando somente o tubo transparente. Em seguida preenchemos a parte interna do tubo com a esponja de aço deixando uma ponta para fora de ambos os lados. Depois enrolamos a caneta em papel alumínio, deixando-o entrar em contato com a ponta do papel alumínio que ficou do lado oposto à ponta da caneta. Depois foi só fazer os arremates utilizando uma fita isolante. A caneta confeccionada está representada na figura 08.



Figura 08. Caneta touch-screen confeccionada com material de baixo custo.

Fonte: acervo pessoal.

Para que a caneta funcione bem a ponta dela deve ser feita de um material que seja um bom condutor de eletricidade. A função do papel alumínio é conectar a esponja de aço no interior da caneta com a mão da pessoa que a toca. Isso é importante para que a caneta fique aterrada e possa facilitar a descarga elétrica.

Os alunos ficaram bem empolgados com a construção da caneta. Uma aluna relatou que achou muito interessante poder construir uma caneta touch utilizando materiais de preço tão acessível. Eles baixaram um aplicativo de desenho no smartphone e ficaram desenhando com a caneta para testá-la. Fiz uma pesquisa na internet e encontrei canetas touch com valores entre R\$ 4,50 a R\$ 248,00, essa saiu praticamente de graça. O mais importante foi que a partir da construção dessa caneta os alunos puderam relacionar conceitos eletrostáticos explorados nas experiências feitas até o momento com o funcionamento de um utensílio tecnológico.

3.7 Sétimo Encontro - 24/05/2018

Nessa aula vieram 6 alunos. Até os encontros anteriores eles só trabalharam experimentos que exploravam a atração entre um corpo eletrizado e um corpo neutro, utilizando também o versórios de Gilbert com membro horizontal feito

de metal e plástico para verificar se algum corpo estava ou não carregado e para mapeamento de linhas de força elétrica. A aula deste dia iniciou com a realização de mais um experimento.

3.7.1 Experiência 8

Os alunos começaram a experiência atritando um lado do versório com membro horizontal feito de plástico com uma folha de papel A4, aproximou-se dele um pedaço de arame de aço. Observou-se que o lado do versório de plástico que tinha sido atritado foi atraído pelo arame.

Em seguida perguntei a eles se era possível haver repulsão entre corpos eletrizados. Responderam que sim, pois bastava apenas haver dois corpos eletrizados com cargas de mesmo sinal. Nesse momento pude perceber que os alunos já haviam adquirido o conceito de que cargas iguais se repelem e cargas contrárias se atraem.

Seguidamente preparamos um versório com membro horizontal de plástico, colocando em um dos lados do versório um pedaço de papel alumínio, conforme a figura 09. O objetivo desse aparato é verificar a repulsão elétrica entre dois corpos carregados com cargas de mesmo sinal.

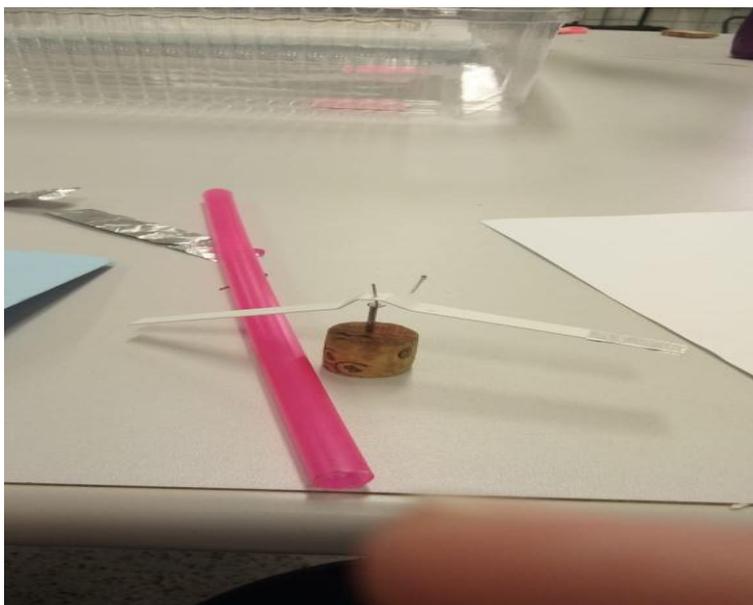


Figura 09. Versório de plcom o membro horizontal com um pedaço de papel alumínio em uma de suas extremidades.

Fonte: acervo pessoal.

Esse tipo de versório é conhecido como *O versório de Du Fay*. Segundo Assis (2011), o reconhecimento da repulsão como um fenômeno legítimo e característico das interações elétricas só ocorreu com a publicação dos trabalhos de Charles François de Cisternay Du Fay (1698 – 1739). Du Fay ao dar prosseguimento aos trabalhos iniciais de Stephen Gray, publicou alguns trabalhos notáveis contendo descobertas fundamentais relacionadas com a eletricidade. Inclusive, dois tipos diferentes de eletricidade as quais ele chamou de: *eletricidade vítrea* e *eletricidade resinosa*, o que atualmente é adotado como eletricidade positiva e negativa, respectivamente.

3.7.2 Experiência 9

Começamos o experimento com o versório de Du Fay atritando um tubo plástico com uma folha de papel A4. Esse foi aproximado do papel alumínio que estava no membro horizontal do versório. Em seguida ele girou na direção do plástico atritado até que os dois se tocaram, entretanto continuaram grudados, não havendo repulsão entre eles. Para os alunos não era novidade o versório ser atraído por um corpo eletrizado, mas eu sabia que se as condições de umidade do ar estivessem propícias deveria haver uma repulsão quando o canudo eletrizado tocasse a parte de alumínio do versório.

Comentei com os alunos que se a umidade relativa do ar estivesse muito alta seria muito difícil eletrizar a parte de alumínio do versório para haver uma repulsão. Assim, mostrei-lhes um medidor de umidade que eu havia feito, utilizando um fio de cabelo humano como sensor de umidade. O objetivo desse medidor é verificar se a umidade relativa do ar estaria favorável à realização dos experimentos.



Figura 10. Medidor de umidade de baixo custo.

Fonte: acervo pessoal.

Os alunos ficaram muito interessados em saber os detalhes da construção do medidor, então expliquei a eles que o cabelo é formado por um composto chamado queratina que se dilata conforme a umidade do ar vai aumentando.

Para a construção desse medidor foi utilizado um fio de cabelo de 25 cm de comprimento, dois ponteiros feitos de fio de alumínio de 3 mm de diâmetro, uma placa de PVC e uma base de madeira.

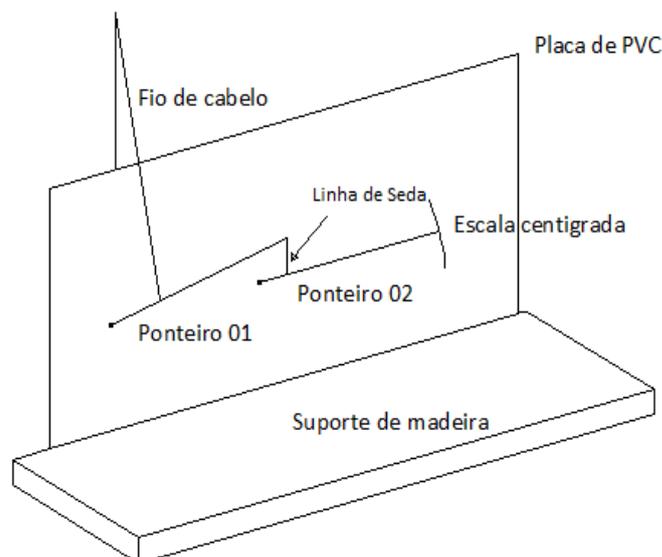


Figura 11. Medidor de umidade feio com cabelo humano.

Fonte: Acervo pessoal.

À medida que o ar vai aumentando sua umidade relativa, o fio de cabelo dilata e o ponteiro 01 percorre um pequeno ângulo. Como ele está conectado ao ponteiro 02 por uma linha de seda, este percorre um ângulo maior. Para calibrar o medidor, este foi envolvido por um saco plástico no qual foi injetado ar seco utilizando um secador de cabelo. O fio de cabelo foi encolhendo até o ponteiro 02 parar de subir, esse foi o ponto adotado por 0% de umidade relativa. Depois injetamos vapor de água proveniente de uma panela de pressão, assim o fio de cabelo foi dilatando até o ponteiro 02 parar de descer, esse foi o ponto adotado por 100% de umidade relativa. Do ponto de 0% ao ponto de 100% o ponteiro 02 percorreu um arco de circunferência, e esse arco foi dividido em 100 partes, ficando cada parte representando 1% de umidade. Como tinha chovido no dia anterior o medidor estava marcando cerca de 80% de umidade, então foi ligado o ar condicionado da sala a fim de tornar o ar mais seco, depois de alguns minutos foi observada uma nova leitura de umidade no medidor.



Figura 12. Medidor de umidade mostrando cerca de 60% de humidade.

Fonte: acervo pessoal.

Repetimos a experiência 9 e quando o canudo eletrizado tocou a parte de alumínio do versório este foi repellido por ele, ficando diametralmente oposto ao tubo de plástico eletrizado. Ver figura 13.

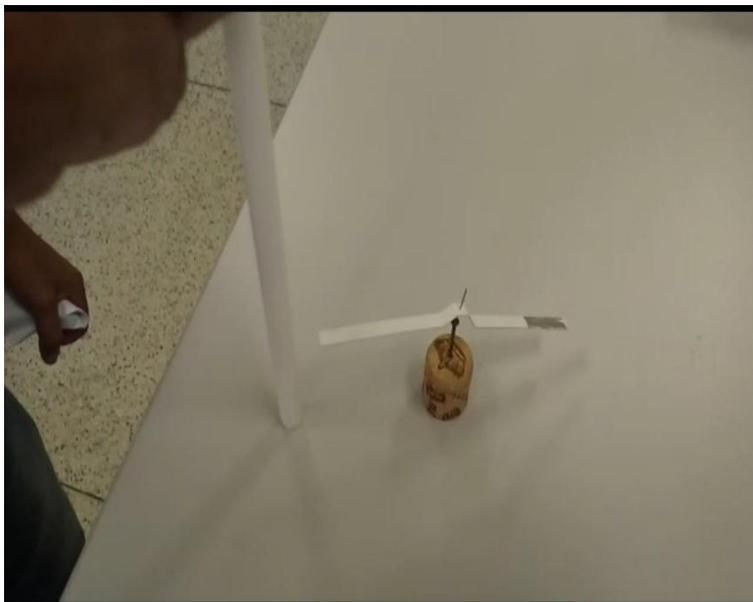


Figura 13. Peça de alumínio no membro horizontal do versório sendo repellido pelo canudo plástico eletrizado.

Fonte: acervo próprio.

Perguntei aos alunos por que agora o versório tinha se comportado daquela maneira, fugindo do corpo eletrizado, e antes não. Responderam que agora o ar estava mais seco, por causa do ar-condicionado ligado. Insisti na pergunta sobre o que tinha acontecido agora com o pedaço de alumínio no versório. Um aluno me disse que o pedaço de alumínio tinha adquirido uma carga ao tocar o corpo eletrizado. Questionei a ele sobre o sinal da carga resultante do alumínio e ele disse que era de mesmo sinal do canudo plástico, pois como houve uma repulsão as cargas deveriam ser de mesmo sinal. Esse foi o primeiro experimento em que exploramos a eletrização por contato. Nele os alunos puderam observar que quando se eletriza um corpo por contato ele adquire a mesma carga do corpo eletrizado que o tocou. Esse conceito será muito importante para entender o mecanismo de eletrização ACR (atração, contato e repulsão).

Nesses experimentos exploramos a eletrização por contato da parte metálica do membro horizontal de plástico do versório de Du Fay, a repulsão entre dois corpos carregados com cargas de mesmo sinal e também como a umidade relativa do ar interfere nos experimentos de eletrostática.

3.8 Oitavo Encontro - 07/06/2018

Neste dia construímos mais um aparato experimental chamado de *Pêndulo Elétrico*, cujo objetivo é explorar a eletrização por contato, indução e também o modo de eletrização ACR (atração, contato e repulsão). A descrição mais antiga do pêndulo elétrico foi dada por Stephen Gray (1720), mas se deve a Du Fay o reconhecimento do mecanismo fundamental de atração, contato e repulsão (ACR).

O pêndulo elétrico consiste em um canudo de refrigerante, uma linha feita de material isolante e um pêndulo em sua ponta, que pode ser construído de diversos materiais como plástico, papel ou metal. Para esse trabalho foram construídos dois pêndulos: um de metal e outro de papel.

Para a construção dos pêndulos foram utilizados dois canudos de refrigerante sanfonados, dois pedaços de fio de acrílico⁵ de 20 cm, um círculo de papel de 1 cm de diâmetro e um círculo de papel alumínio de 1 cm de diâmetro. Foi utilizado como base o suporte de gesso que fora fornecido no kit.

3.8.1 Experiência 10

Depois de montado o pêndulo sugeri que atritassem um canudo plástico com uma folha de papel A4, aproximassem do pêndulo de papel e em seguida do pêndulo feito de papel alumínio sem deixar que esses se tocassem. O objetivo dessa experiência foi analisar qual destes seria mais atraído pelo canudo plástico eletrizado, o feito de papel ou o feito de alumínio.

Observamos que o pêndulo de alumínio foi atraído mais fortemente pelo canudo plástico eletrizado em relação ao pêndulo de papel. Deduzimos, assim, que pelo fato do pêndulo de alumínio ser composto de um metal, o canudo

⁵ Também pode ser utilizado uma linha de seda, de poliéster ou de poliamida no lugar do fio de acrílico. Todas essas linhas ou fios são isolantes.

eletrizado consegue induzir uma quantidade de cargas maior nele do que no pêndulo de papel.

Posteriormente repetimos a experiência 10, mas agora deixando o pêndulo tocar o canudo eletrizado. Os estudantes ficaram admirados em ver os pêndulos, tanto o de papel quanto o de alumínio, serem repelidos pelo canudo eletrizado.



Figura 14. Pêndulo feito de papel alumínio sendo repelido por um canudo eletrizado depois de tocá-lo.

Fonte: acervo pessoal.

Perguntei o motivo de o pêndulo ser repelido pelo canudo. Um aluno respondeu que o pêndulo havia adquirido a mesma carga elétrica do canudo eletrizado. Enfatizei que esse modo de eletrização é chamado de *eletrização por contato*, ou também modo ACR (Atração, Contato e Repulsão).

3.8.2 Experiência 11

Depois pedi para que eles eletrizassem o canudo por atrito e aproximassem-no do pêndulo sem deixar que se tocassem. Em seguida solicitei que tocassem com o dedo no pêndulo no lado oposto ao canudo, mantendo-o próximo ao pêndulo. Notamos que o pêndulo foi fortemente atraído pelo canudo e em seguida o canudo eletrizado foi afastado do pêndulo. Continuando,

aproximamos o dedo do pêndulo, observando que este, agora, era atraído pelo dedo, mostrando que o pêndulo tinha ficado eletrizado.

Perguntei como isso poderia ter acontecido, uma vez que o canudo não havia se encostado ao pêndulo. Ninguém soube explicar como ele tinha ficado eletrizado.

Aproveitei este estado de inquietação dos estudantes por não conseguirem entender o motivo de o pêndulo estar eletrizado, para abordar o conceito de *eletrização por indução*. Perguntei a eles se o canudo estivesse carregado negativamente, ao se aproximar do pêndulo, qual tipo de carga seria atraída para perto dele. A resposta dada foi que seriam as positivas. Então fiz outra pergunta: Quais cargas o canudo eletrizado iria repelir para o lado oposto? Disseram que seriam as negativas. Questionei ainda por qual motivo as cargas negativas não saíam do pêndulo. Responderam que era pelo fato do pêndulo estar isolado, e não ter como as cargas negativas fugirem.

Expliquei-lhes que quando se tocava no lado do pêndulo em que as cargas negativas estavam acumuladas, essas escapavam para o dedo (aterramento elétrico), ficando as positivas que estavam sendo induzidas pelas cargas negativas do canudo eletrizado e, quando atritamos um canudo plástico com papel, o canudo fica carregado negativamente. Expus ainda sobre uma tabela chamada de série triboelétrica, na qual podemos consultar qual a carga que o corpo adquire ao ser atritado em outro. As figuras 15,16 e 17 mostram como se deu o processo de eletrização por indução.

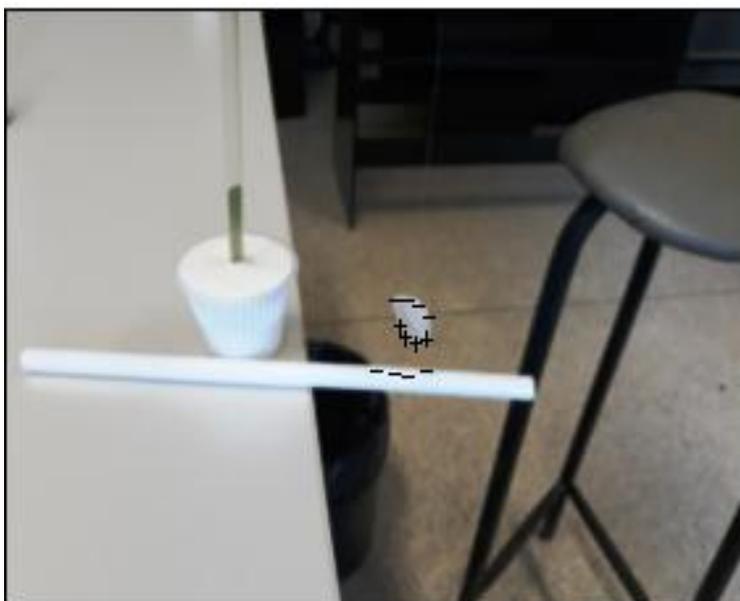


Figura 15. Polarização das cargas induzidas no disco de papel alumínio pela presença do canudo eletrizado negativamente.

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 16. Aterramento do disco de papel alumínio dando condições das cargas negativas escaparem.

Fonte: Acervo pessoal.

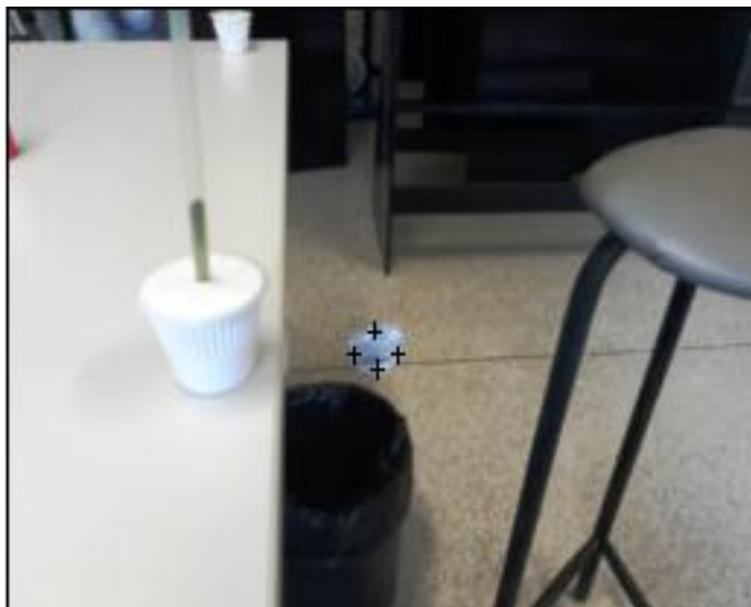


Figura 17. Pêndulo eletrizado por indução, ficando com cargas de sinal oposto às cargas do canudo atritado.

Fonte: Acervo pessoal.

Depois da realização desse experimento os alunos conseguiram entender melhor como ocorre o processo de eletrização por indução. Compreenderam que na eletrização por contato, o corpo eletrizado adquire a mesma carga do corpo que entrou em contato com ele. Já na eletrização por indução, o corpo eletrizado adquire uma carga induzida de sinal contrário ao corpo indutor.

Mas o grande facilitador desse processo foi o conhecimento que eles tinham construído de repulsão de cargas iguais e atração de cargas diferentes. Esse conhecimento prévio serviu de base para ancorar os novos conhecimentos.

No restante da aula deixei-os livres para explorarem o processo de eletrização por indução. Até o presente momento eles já haviam tido a oportunidade de explorar os três processos de eletrização: atrito, indução e contato. Nas figuras 18 e 19 notamos os processos de eletrização por contato e indução.



Figura 18. Pêndulo eletrizado por indução, adquirindo carga contrária ao corpo indutor.

Fonte: Acervo pessoal.

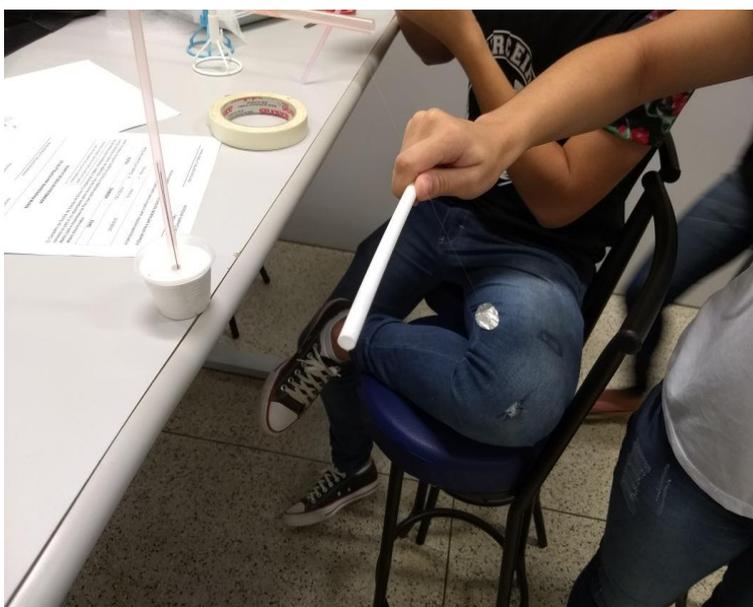


Figura 19. Pêndulo eletrizado por contato, adquirindo a mesma carga do corpo eletrizado que tocou nele.

Fonte: Acervo pessoal.

No final da aula alguns alunos relataram que estavam com dificuldades em vir no contraturno, pois era época da safra do café e os pais estavam muito

ocupados para os levarem aos encontros. Conseqüentemente, tal fato os impediriam de continuar participando das aulas.

A referida situação me deixou muito preocupado. Procurei a professora de Biologia do colégio, por ela ser minha irmã, e relatei o fato. Ela expôs que a escola estava organizando uma feira de ciências a ser realizada no início do mês de agosto e sugeriu que eu participasse da feira junto com os alunos atuantes na pesquisa. Também se propôs a conversar com a diretora e o professor de Física da instituição a fim de que eu pudesse usar uma aula de física para continuar com a pesquisa, bem como organizar uma apresentação para a feira de ciências.

A diretora e o professor de física concordaram em ceder uma aula por semana, na terça-feira, com duração de 50 minutos, no turno vespertino. Depois dessa permissão comuniquei-me com os alunos participantes da pesquisa, que tinham criado um grupo no *WhatsApp* intitulado *Projeto de Física*, sobre a mudança no horário das aulas. Eles ficaram muito eufóricos, pois agora poderiam continuar a participar do projeto.

3.9 Nono Encontro - 19/06/2018

Nesse encontro vieram todos os 13 alunos. Relatei-lhes pessoalmente as mudanças, e que agora nós iríamos apresentar nosso trabalho na feira de ciências que iria acontecer no início do mês de agosto. Cinco alunos me disseram que já tinham elaborado experimentos em outras áreas para apresentarem na feira, mas gostariam de continuar participando dos encontros e ajudar no que fosse preciso e que apenas não iriam apresentar nossos experimentos na feira de ciências. Então ficaram oito alunos para apresentar os experimentos em eletrostática na feira.

Após os esclarecimentos começamos a construir mais um aparato experimental, *o eletroscópio de folha*. Ao contrário dos eletroscópios de folha de ouro ilustrados nos livros didáticos, esse é barato, bem simples de ser construído e funciona perfeitamente. De acordo com Assis:

Um aluno normalmente não vai pensar em construir um eletroscópio de folhas de ouro já que deve ser muito caro simplesmente por conter ouro. Só o nome já sugere algo científico e difícil de ser feito, já que não é um material qualquer. Muitos podem até mesmo pensar que há vácuo no interior do recipiente de vidro que envolve o eletroscópio.

Este fato faz com que os alunos fiquem apáticos diante da explicação fornecida pelos livros didáticos, não estimulando sua criatividade, não sugerindo que eles próprios podem construir este instrumento ou tentar as experiências com suas próprias mãos Assis (2018, p.29).

Para a construção desse aparato foi utilizado um pedaço de papel cartão de 7 cm de largura por 10 cm de comprimento, um canudo de plástico de refrigerante e uma tirinha de papel seda, dessa que vem em embalagem de bala de coco. Foi utilizada como suporte a base de gesso que compõe o kit. O aparato montado está ilustrado na figura 20.

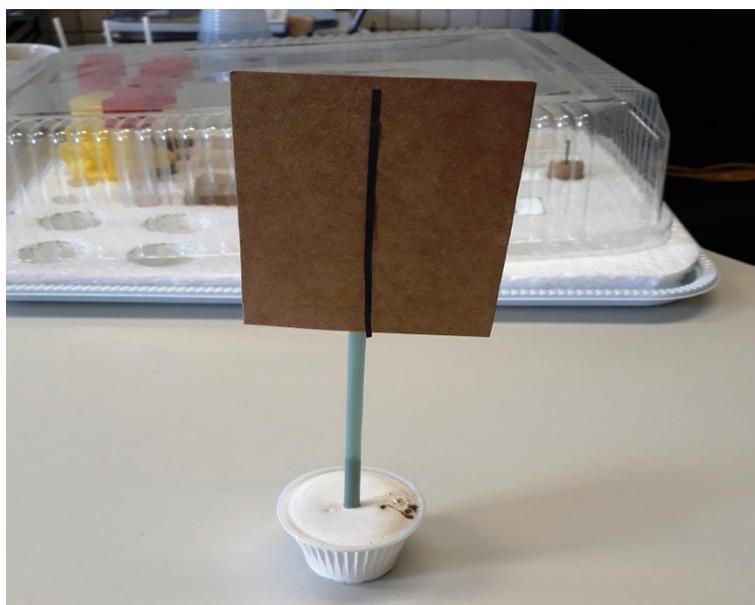


Figura 20. Eletroscópio de folha de papel cartão.

Fonte: Acervo pessoal.

Com esse aparato iríamos explorar eletrização por contato e indução, condutividade dos materiais, distribuição de cargas, tipos de cargas e blindagem eletrostática.

A construção do eletroscópio levou boa parte da aula, mas ainda houve tempo para fazer algumas experiências utilizando o eletroscópio.

3.9.1 Experiência 12

Pedi aos alunos que atritassem um canudo plástico com uma folha de papel A4 e em seguida o raspassem na parte de trás da cartolina do eletroscópio e imediatamente a tira de papel de seda começou a se levantar. Houve uma grande agitação na sala por parte dos alunos, perguntei aos por que a tirinha de papel de seda estava se levantando. Alguns me disseram que era porque ela estava eletrizada. Em seguida solicitei para que encostassem o dedo na cartolina do eletroscópio, e imediatamente a tirinha de papel seda se abaixou. Pelos comentários entre os alunos, pude perceber que eles tinham compreendido que ao tocar com o dedo no eletroscópio eletrizado, este o descarregava. Disse-lhes que esse processo é chamado de aterramento elétrico, que o dedo nesse caso é semelhante ao fio terra utilizado nas instalações elétricas e nos aparelhos elétricos. Aproveitei para falar sobre a importância do aterramento nas instalações elétrica.

3.10 Décimo Encontro - 26/06/2018.

Nesse dia foi realizada uma revisão sobre o que tínhamos visto até o momento, pedi para que os alunos trouxessem o livro didático de Física e começamos a revisar o conteúdo de eletrostática contido no livro. O livro trazia algumas experiências as quais nós já havíamos trabalhado, foi bem interessante ver que os alunos conseguiram entender o conteúdo do livro vendo-o pela primeira vez, já que segundo eles, o professor de Física não o utiliza nas suas aulas.

Assim fomos lendo alguns tópicos do livro que considerei mais relevantes, e em paralelo realizamos os experimentos do kit que se relacionavam com o conteúdo. Comentei sobre a importância de criar um modelo científico a fim de explicar algum fenômeno, devendo esse modelo ser bom o suficiente para explicar todos os resultados experimentais. Se esse modelo fracassar em explicar algum resultado experimental, ele deve ser reajustado ou até mesmo substituído por outro.

Conversamos um pouco também sobre o modelo atômico de Rutherford que o livro trazia como exemplo de ilustração das órbitas dos elétrons. Relatei sobre a deficiência que esse modelo tem em explicar algumas situações como o porquê do elétron não cai no núcleo. Afinal de contas, segundo as leis do eletromagnetismo, se um corpo carregado se movimenta na presença de um campo elétrico esse corpo perde energia. Dessa forma, o elétron deveria

descrever órbitas cada vez menores até chocar-se com o núcleo, entrando em colapso. Mas isso não é o que de fato acontece, pois não vemos ninguém desaparecer na nossa frente.

Diante desse problema Niels Bohr contribuiu significativamente para resolver o problema da instabilidade do átomo, propondo que os elétrons deveriam orbitar níveis de energia bem definidos, que só mudariam de órbitas se recebessem ou perdessem energia. Mas foi Schroedinger que propôs um modelo atômico que melhor explica a estabilidade do átomo. Seu modelo consiste em um núcleo rodeado por uma nuvem de elétrons, no qual só podemos ter uma probabilidade de encontrar elétrons em alguma posição dessa nuvem. Achei importante dar ênfase nessa parte da evolução do modelo atômico, a fim de mostrar como o método científico é importante na evolução da ciência.

3.11 Décimo Primeiro Encontro - 03/07/2018.

Nesse encontro exploramos um pouco mais o eletroscópio de folha de cartolina.

3.11.1 Experiência 13

Repetimos a experiência 12 eletrizando o eletroscópio por contato, depois os alunos aproximaram o tubo de plástico eletrizado da tirinha de seda do eletroscópio carregado, e vimos que esta era repelida por ele. Esse experimento reforça que quando um corpo é eletrizado por contato ele adquire a mesma carga do corpo que o tocou.

3.11.2 Experiência 14

Os alunos eletrizaram um canudo plástico por atrito e o foram aproximando da parte de traz da cartolina do eletroscópio. À medida que o canudo eletrizado ia se aproximando da cartolina a tirinha de papel de seda ia se levantando. Pedi que tocassem com o dedo no lado oposto ao da cartolina em que o canudo eletrizado estava próximo, sem afastar o canudo das proximidades da cartolina. Imediatamente a tirinha de papel de seda se abaixou. Então afastou-se o canudo eletrizado e a tirinha de papel seda voltou a se levantar. Aproximamos o canudo eletrizado da tirinha do eletroscópio e vimos que esta era atraída fortemente por ele, como podemos observar na figura 21.

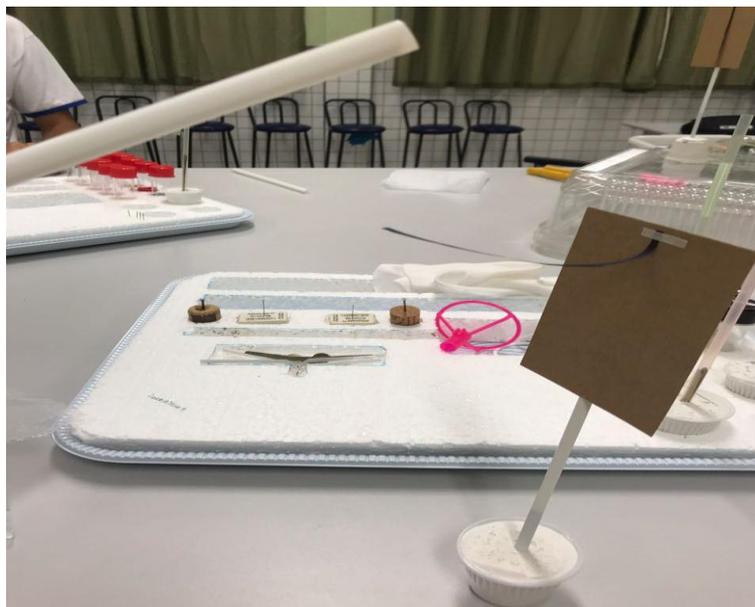


Figura 21. Eletroscópio carregado por indução.

Fonte: Acervo pessoal.

Os alunos ficaram impressionados em ver que era possível eletrizar a cartolina de papel por indução, pois a maioria dos livros didáticos traz a eletrização por indução em um corpo metálico, dando a impressão que corpos não metálicos não são capazes de se eletrizarem por indução. Acrescentei que a indução de cargas na cartolina era possível, porque a diferença de potencial elétrico entre o canudo eletrizado e a cartolina do eletroscópio era suficiente para induzir uma separação de cargas nela.

3.11.3 Experiência 15

Repetimos a experiência 14 e fizemos também vários testes de materiais que ao tocar no eletroscópio poderiam ou não descarregá-lo. Usamos essas experiências para verificar a condutividade elétrica de vários corpos como régua, lápis de madeira, espeto de churrasco, caneta de plástico, ou seja, os materiais que estavam disponíveis.

3.11.4 Experiência 16

Também foi explorada a condutividade elétrica de alguns materiais como madeira, papel e plástico. Comunicavam-se dois eletroscópios por um material, e em seguida raspava-se o canudo eletrizado nesse material. Caso os

eletroscópios ficassem carregados, isso indicava que o material testado era um bom condutor nestas condições. Na figura 22 podemos observar os eletroscópios carregados após atritarem um canudo plástico eletrizado no espeto de madeira que os une.

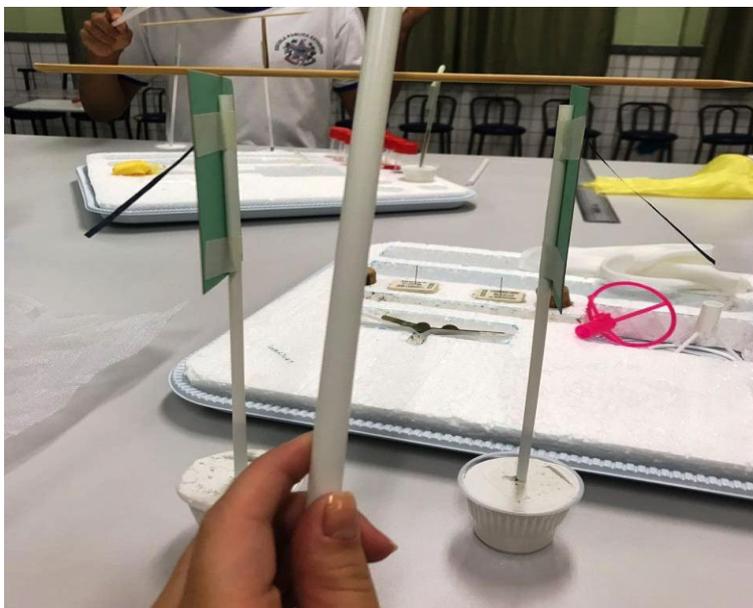


Figura 22. Eletroscópios carregados após o contato de um canudo eletrizado com o espeto de madeira que os une.

Fonte: Acervo pessoal.

As propriedades condutoras e isolantes dos materiais foram investigadas por Stephen Gray (1729). Uma de suas experiências mais famosas foi dependurar um menino na horizontal, utilizando fios bem finos que provavelmente seriam de seda. Eram colocadas folhas de latão bem finas próxima à mão do menino. Aproximava-se um tubo de vidro eletrizado sem tocar na sola ou nos pés. Então, os pedaços de folhas de latão eram atraídos pela mão do menino, tocavam na mão e caíam no chão novamente, fazendo um movimento vertical para cima e para baixo repetidas vezes.

Aproveitei a oportunidade de estarmos explorando condutividade elétrica para acrescentar que quando encostamos um espeto de madeira no eletroscópio eletrizado, o espeto descarrega o eletroscópio. É porque os elétrons que estavam nele tinham energia suficiente para serem transportados através da

madeira. Essa energia está relacionada com a diferença de potencial elétrico, assim como a diferença de potencial elétrico entre os terminais de uma tomada doméstica é de 127 V. Na maioria das vezes os alunos têm dificuldades em pensar na madeira como um material condutor geralmente pensa nela como um material isolante. Um depoimento de um aluno retirado da dissertação de mestrado de Raicik (2015) evidencia esse senso comum que os alunos têm a respeito de materiais condutores e isolantes;

Um aluno problematiza: mas uma madeira pode, realmente, ser um condutor? E continua: se eu precisasse escolher entre ficar sobre um plástico ou sobre uma madeira para me isolar, sem dúvida, escolheria a madeira. Raicik (2015.p.167).

3.11.5 Experiência 17

Eletrizei o eletroscópio novamente por contato, e peguei um alicate de eletricitista com isolamento de 1000 V. Perguntei se eu poderia descarregar o eletroscópio encostando o cabo do alicate nele. Foram unânimes em dizer que não, pois o eletroscópio teria que ter um potencial acima de 1000 V para os elétrons fluírem através do cabo do alicate. Nesse momento comecei a perceber que os alunos já estavam começando a compreender um pouco mais sobre o potencial elétrico. Encostei o cabo do alicate no eletroscópio carregado, e ele se descarregou para o espanto de todos.

Os estudantes ficaram intrigados por não sentirem um choque ao tocar no eletroscópio carregado, já que ele tem um potencial elétrico tão alto. Expliquei que apesar da diferença de potencial elétrico entre o eletroscópio e o nosso dedo ao tocá-lo ser alta, a quantidade de elétrons que fluem do eletroscópio para o nosso dedo é muito pequena, e a duração do fluxo de carga é uma fração de segundos, assim não é possível percebermos as cargas fluírem para nosso corpo.

3.12 Décimo Segundo Encontro - 12/07/2018.

A professora de Biologia veio ao meu encontro para informar que a feira de ciências estava marcada para o dia 10 de agosto. Como a próxima semana seria de recesso escolar, a diretora deixou as duas últimas aulas deste dia para começar a organização dos trabalhos da feira. Fiquei somente com os oito

alunos que iriam apresentar os experimentos na feira. Aproveitamos para recapitular todos os experimentos que havíamos realizado até o momento.

Com o eletroscópio de folhas nós exploramos um fenômeno que intriga muitas pessoas: Por que quando estamos dentro de um automóvel em uma tempestade de raios estamos seguros? A grande maioria pensa que é pelo fato dos pneus dos automóveis, que são de borracha, atuarem como um isolamento entre o automóvel e o solo. Mas não se deve a isso, deve-se a um fenômeno chamado de gaiola de Faraday. Devido à distribuição das cargas na superfície externa da estrutura metálica do automóvel faz com que não haja campo elétrico dentro do automóvel quando atingido por um raio.

3.12.1 Experiência 18

Colocamos seis eletroscópios de folha, em forma de um hexágono, com as tirinhas de seda voltadas para fora. Todos os eletroscópios estavam em contato uns com os outros, então carregamos eles por contato, esfregando um tubo de plástico eletrizado em uma das extremidades de um dos eletroscópios. Observamos que as tirinhas de todos eles se levantaram.

3.12.2 Experiência 19

Depois mudamos a configuração dos eletroscópios, agora com as tirinhas de seda voltadas para dentro. Então repetimos a experiência 18, mas dessa vez nenhuma das tirinhas se levantou.

3.12.3 Experiência 20

Repetimos mais uma vez a experiência 18, só que agora colocamos um dos eletroscópios voltado com a tirinha de seda para fora do hexágono. Notamos que só a tirinha que estava do lado de fora se levantou. Os alunos ficaram muito entusiasmados com os resultados dos experimentos, e como o assunto estava relacionado às tempestades de raios, isso os deixou bem interessados em desvendar o fenômeno.

As experiências 18, 19 e 20 ajudaram os alunos a compreenderem que o fator que leva alguém que se encontra no interior de um automóvel durante uma tempestade de raios ficar em segurança, não são os pneus do carro que são de borracha e fazem um isolamento entre o carro e o solo, mas sim, a

distribuição de cargas que acontece na superfície metálica do carro, pois se o raio é capaz de percorrer quilômetros de distância entre a base da nuvem e o solo, não serão alguns centímetros de borracha que irá isolá-lo. Aproveitei a situação para falar sobre os cuidados que devemos tomar em caso de sermos surpreendidos por uma tempestade de raios.

Esse foi o último encontro e a última experiência da pesquisa que realizamos com os alunos. Os encontros subsequentes foram utilizados para a organização do ambiente e para a apresentação dos experimentos na feira de ciências da escola que seria realizada nos dias 10/08/2018 e 13/08/2018.

3.13 Décimo Terceiro Encontro - 24/07/2018.

Nesse dia os alunos começaram a organizar os preparativos para a feira de ciências. Coloquei-me a disposição para ajudar no que fosse preciso, mas deixei bem claro que eles deveriam tomar frente à execução dos trabalhos. Foi muito recompensador ver o entusiasmo deles discutindo a melhor maneira de executarem os experimentos, que decidiram criar uma sala de experimentos históricos sobre eletrostática, *A Sala da Eletricidade*.

Os alunos conversaram com a diretora da escola para reservar a sala de arte para que ali pudessem montar os experimentos lá. O motivo para essa escolha foi que esta sala é equipada com ar-condicionado e os mesmos terem conhecimento que os experimentos em eletrostática só funcionariam bem se a umidade do ar estivesse suficientemente baixa. Com o ar-condicionado ligado poderiam abaixar essa umidade caso fosse preciso.

Decidimos começar a apresentação com um experimento de eletrização por atrito, utilizando canudos plásticos para serem atritados com folhas de papel e também várias substâncias que poderiam ser atraídas por ele. Em seguida seriam os experimentos com os versórios, depois seria o pêndulo elétrico, logo após o eletroscópio de folha gerador de Van der Graaf e, por último, a garrafa de Leyden.

O gerador de Van der Graaf foi emprestado pela UFES/CEUNES para ser utilizado na feira. Expliquei para os alunos que o princípio de funcionamento dele baseia-se na eletrização por atrito e indução. Para o experimento da garrafa de Leyden levei uma que tinha feito em casa, aproveitei para explicar que o funcionamento dela é análogo ao funcionamento de um capacitor e que o

carregamento dela tem a ver com os princípios de eletrização por contato e indução.

Nos dias 31/01/2018, 07/08/2018 e 09/08/2018 foram reservadas as duas últimas aulas para os alunos prepararem as salas para a feira de ciências. Assim, deixei que os alunos que iam apresentar os experimentos ficassem a vontade para organizarem a sala do jeito deles. É claro que dei uma passadinha de vez em quando para ver como eles estavam se saindo.

A feira foi aberta para comunidade local, mas o foco foram os alunos do ensino fundamental das escolas do município. Todos os alunos da escola envolveram-se com a feira, inclusive as séries do noturno. Entretanto, nem todos os alunos apresentaram trabalhos, alguns desempenhavam o papel de monitores organizando as turmas para verem os experimentos, outros ficaram responsáveis em filmar a feira a fim de produzirem material audiovisual. As figuras 23, 24 e 25 mostram alguns dos cartazes que os alunos produziram para a ornamentação da sala da eletricidade onde seriam apresentados os experimentos de eletrostática.

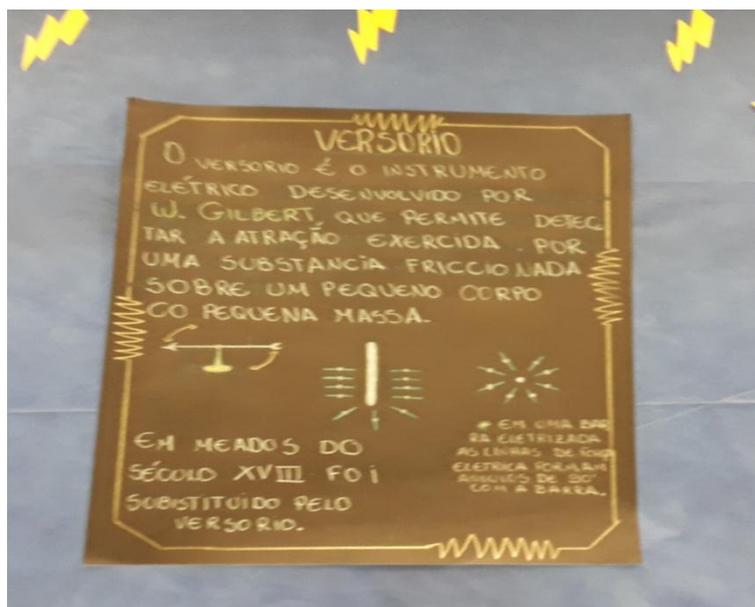


Figura 23. Cartaz explicando o funcionamento do versório.

Fonte: Acervo pessoal.

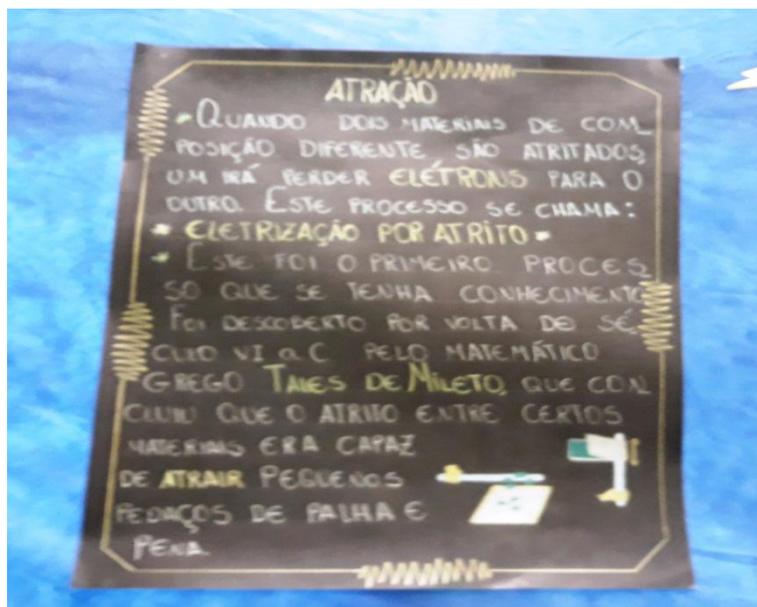


Figura 24. Cartaz explicando eletrização por atrito.

Fonte: Acervo pessoal.

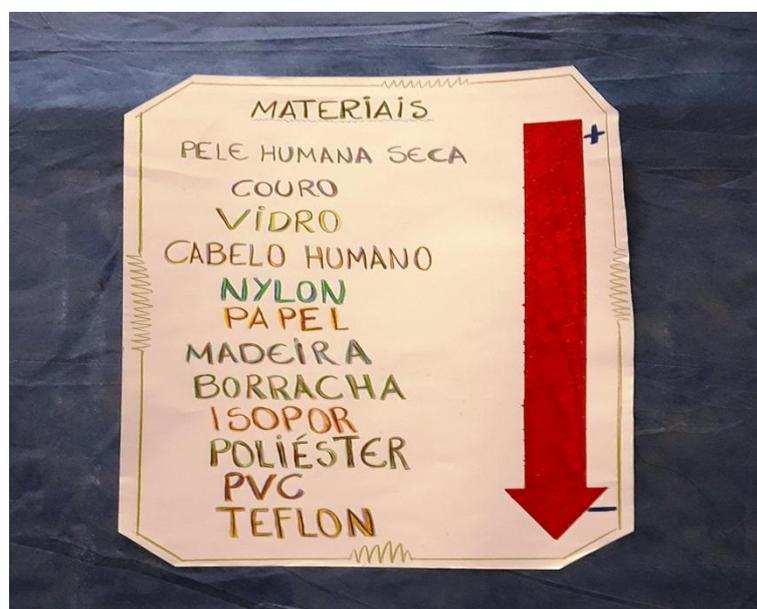


Figura 25. Cartaz sobre a série triboelétrica.

Fonte: Acervo pessoal.

Eles também fizeram um mural em que era ilustrada a evolução do modelo atômico, como podemos ver na figura 26.



Figura 26. Quadro ilustrando a evolução do modelo atômico.

Fonte: Acervo pessoal

As figuras 27 e 28 mostram como ficou o interior da sala depois de terminados os preparativos. Toda a organização e disposição dos experimentos foram realizados pelos alunos, deixei-os livres para ornamentar a sala como eles bem entendessem.

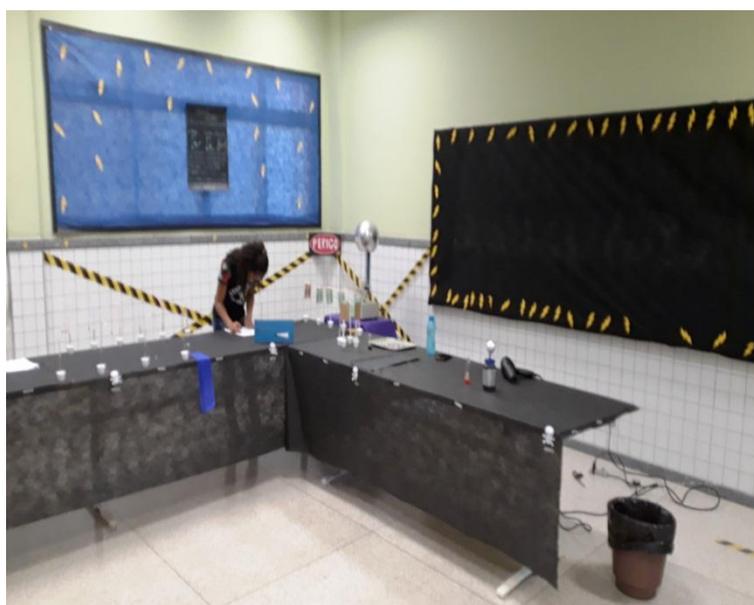


Figura 27. Ornamentação e disposição dos experimentos.

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 28. Ornamentação e disposição dos experimentos.

Fonte: Acervo pessoal.

Nos dias 10/08/2018 e 13/08/2018 foi realizada a feira de ciências que teve como público principal os alunos da EMEF Professora Esther da Costa Santos. Alguns pais de alunos também vieram ver os trabalhos e ainda o vice-prefeito com sua família. A figura 29 mostra a ornamentação da porta de entrada da sala da eletricidade.



Figura 29. Porta de entrada da sala da eletricidade.

Fonte: Acervo pessoal

Cada aluno ficou responsável em apresentar um experimento. Eles estavam preocupados em como explicar os resultados experimentais. Orientei que não se importassem com isso, pois o mais importante seria a interação que os visitantes teriam com os aparatos experimentais. Expliquei ainda que deveriam incentivar os visitantes a realizarem as experiências por eles mesmos, e se então houvesse algum questionamento, eles poderiam explicar dando exemplos de fenômenos do cotidiano e falando um pouco sobre a história das experiências e dos aparatos experimentais.

Foi muito interessante ver a interação dos visitantes com os experimentos, das expressões de surpresas em seus rostos quando realizavam as experiências. Também foi muito gratificante ver o entusiasmo com o qual os alunos apresentavam os experimentos. A cada apresentação era possível observar que eles iam se sentindo mais confiantes. Fiquei demasiadamente feliz quando, ao término da apresentação dos experimentos na feira de ciências, uma das alunas que estava apresentando os experimentos veio dizer que queria muito apresentar os experimentos em uma escola de ensino fundamental na qual ela havia estudado, ressaltou ainda que gostaria muito que os alunos daquele colégio tivessem a oportunidade de construir e realizar alguns daqueles experimentos.

Também percebi alguns alunos do terceiro ano que não participaram dos trabalhos comentando se soubessem que os experimentos seriam daquele jeito teriam participado. Isso mostra que a empolgação com a qual os alunos apresentaram os experimentos contagiou os demais, fazendo com eles sentissem vontade em participar das atividades.

Capítulo 4

RESULTADOS

Foi observado durante a pesquisa que os alunos sentiam-se bem à vontade na hora de construir os aparatos experimentais, era como se eles estivessem participando de uma aula de Arte. Também no momento em que eles realizavam as experiências, as expressões de alegria e surpresa em seus rostos falavam por si só, ratificando como aquilo se tornara significativo para eles.

A verificação dos conhecimentos prévios e a contextualização dos resultados experimentais foram imprescindíveis para que os alunos percebessem sentido no conteúdo. Isso favoreceu para que pudessem relacionar os conceitos que estavam explorando com situações vividas em seu dia-a-dia. Essa abordagem proporcionou motivação para continuarem realizando os experimentos, a ponto de levarem o kit para casa e realizar as experiências com amigos e familiares, tornando-se assim disseminadores da Ciência.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel teve um papel importante na organização das atividades experimentais e na valorização do conhecimento prévio dos alunos, oriundo da interpretação do seu cotidiano baseada no senso comum.

O fato dos alunos poderem construir seu próprio aparato experimental com material acessível e de baixo custo foi mais um elemento motivador. Pois, dessa forma, puderam perceber que não é preciso um laboratório com aparatos experimentais caros e sofisticados para investigar fenômenos físicos de forma experimental.

4.1 Análise dos textos

Três meses após os alunos terem apresentado os experimentos na Feira de Ciências da escola retornei e solicitei-lhes que redigissem um texto livre sobre suas ponderações em relação ao trabalho de pesquisa que fora desenvolvido com eles.

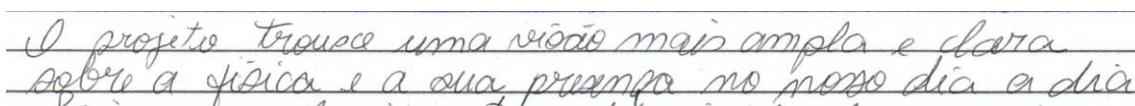
Lendo os textos redigidos pelos estudantes percebi que enfatizaram alguns tópicos os quais considerei importante analisar:

1. Contextualização no Ensino de Física
2. Abordagem Histórica
3. Construção dos Aparatos Experimentais
4. Realização dos Experimentos
5. Significado do Trabalho

Para preservar a identidade dos alunos nos textos citados, vamos nos referir a eles como: “aluno A”, “aluno B”, “aluno C” e etc.

4.1.1 Contextualização no Ensino de Física

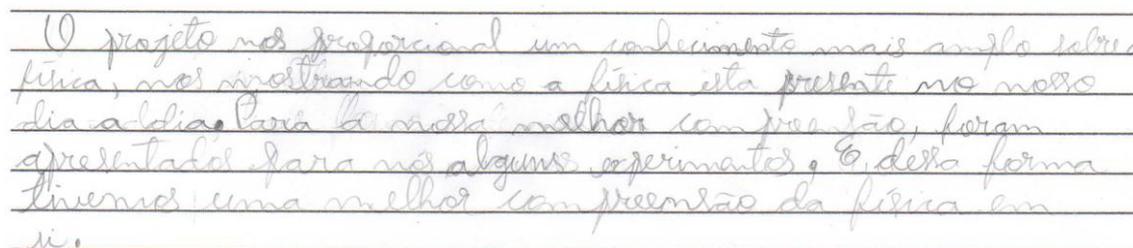
Nas figuras 30, 31, 32 e 33 estão alguns trechos dos textos livres redigidos pelos alunos referente à importância da contextualização no ensino de física.



“O projeto trouxe uma visão mais ampla e clara sobre a física e a sua presença no nosso dia a dia”.

Figura 30. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno A”

Fonte: Acervo pessoal.



“O projeto nos proporcionou um conhecimento mais amplo sobre a física, nos mostrando como a física está presente no nosso dia a dia. Para a nossa melhor compreensão, foram apresentados para nós alguns experimentos. E dessa forma tivemos uma melhor compreensão da física em si.”

Figura 31. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno D”.

Fonte: Acervo pessoal.

do módulo atômico. Com isso as propriedades dos elétrons invadiram minha mente e hoje fazem parte do meu cotidiano assim como no dos meus colegas, reconstruímos a ideia dos mitos que nossos antepassados criaram.

“Com isso as propriedades dos elétrons invadiram minha mente e hoje fazem parte do meu cotidiano assim como no dos meus colegas, reconstruímos a ideia dos mitos que nossos antepassados criaram”.

Figura 32. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno E”.

Fonte: Acervo pessoal.

Com o projeto descobri uma física diferente, divertida e chamativa, saindo daquela complicada e aprendendo de um jeito simples e na prática, com coisas do nosso dia a dia.

“Com o projeto descobri uma física diferente, divertida e chamativa, saindo daquela complicada e aprendendo de um jeito simples e na prática, com coisas do nosso dia a dia”.

Figura 33. Importância da contextualização no ensino de física segundo o “aluno F”.

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.2 Abordagem histórica

Nas figuras 34 e 35 estão os trechos do texto livre em que os alunos ressaltam a importância da abordagem histórica no ensino de física.

Meus olhos foram tomados pela curiosidade e a vontade de descobrir mais sobre os grandes físicos e seus feitos marcantes na história, com Tales de Mileto, W. Gilbert além de Rutherford, Bohr, Thomson, Dalton - descobridores do modelo atômico. Com isso as propriedades

“Meus olhos foram tomados pela curiosidade e a vontade de descobrir mais sobre os grandes físicos e seus feitos marcantes na história, com Tales de Mileto, W. Gilbert além de Rutherford, Bohr, Thomson, Dalton- descobridores do modelo atômico”.

Figura 34. Importância da abordagem histórica no ensino de física, “aluno E”.

Fonte: Acervo pessoal.

No dia da feira de física apresentamos o projeto a todos os alunos da escola e visitantes, mostrando as três fases atração (William Gilbert), indução (Michael Faraday) e repulsão (Coulomb), com experimentos desenvolvidos com muito entusiasmo por todos.

"No dia da feira de física apresentamos o projeto a todos os alunos da escola visitante, mostramos as três fases atração (William Gilbert), indução (Michael Faraday) e repulsão (Coulomb), com experimentos desenvolvidos com muito entusiasmo por todos".

Figura 35. Importância da abordagem histórica no ensino de física, "aluno G".

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.3 Construção dos aparatos experimentais

Nas figuras 36 podemos perceber a importância dos alunos construírem seus próprios aparatos experimentais.

O Ronaldo nos ajudou a montar um kit que no final do projeto ele deixou para nós, assim mesmo com o fim das aulas a gente poderia continuar fazendo os experimentos que aprendemos e mostrar para nossos familiares e amigos todo o conhecimento que adquirimos.

"O Ronaldo nos ajudou a montar um kit que no final do projeto ele deixou para nós, assim mesmo com o fim das aulas a gente poderia continuar fazendo os experimentos que aprendemos e mostrar para nossos familiares e amigos todo o conhecimento que adquirimos".

Figura 36. Importância da construção dos aparatos experimentais, "aluno B".

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.4 Realização dos experimentos.

Na figura 37 e 38 podemos perceber a importância da realização dos experimentos para a compreensão fenomenológica.

aulas regulares, porém todos fomos surpreendidos pela dinâmica e complexidade de descobrir a "magia" a física por trás de coisas simples apresentadas em pequenos experimentos que explicavam as grandiosidades do cotidiano.

("... todos fomos surpreendidos pela dinâmica e complexidade de descobrir a "magia" apresentada em pequenos experimentos que explicavam as grandiosidades do cotidiano".

Figura 37. Importância da realização dos experimentos. "Aluno E".

Fonte: Acervo pessoal.

a eletricidade que é uma forma de energia, um fenômeno que é resultado da existência de cargas elétricas, no decorrer das aulas desenvolvemos vários experimentos, assim compomos um kit que pode realizar mais de 100 experimentos.

“A eletricidade que é uma forma de energia, um fenômeno que é resultado da existência de cargas elétricas, no decorrer das aulas desenvolvemos vários experimentos, assim compomos um kit que pode realizar mais de 100 experimentos”.

Figura 38. Importância da realização dos experimentos. “Aluno G”.

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.5 Significado do trabalho

Nas figuras a seguir vemos alguns relatos dos alunos sobre o significado para eles do trabalho de pesquisa desenvolvido.

O projeto trouxe uma visão mais ampla e clara sobre a física e a sua presença no nosso dia a dia. Foi um conhecimento adquirido de maneira extrovertida sem pressão. Com isto compreendemos fisicamente o que acontece em ações meteorológicas, eletrônicas, entre outras curiosidades que surgiram durante as aulas. O projeto foi bem elaborado e organizado e seria interessante uma continuidade dele.

“O projeto trouxe uma visão mais ampla e clara sobre a física e a sua presença no nosso dia a dia. Foi um conhecimento adquirido de maneira extrovertida sem pressão. Com isto compreendemos fisicamente o que acontece em ações meteorológicas, eletrônicas entre outras curiosidades que surgiram durante as aulas. O projeto foi bem elaborado e organizado e seria interessante uma continuidade dele”.

Figura 39. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno A”

Fonte: Acervo pessoal.

O projeto me mostrou um lado da física que com aulas normais eu não iria compreender ou gostar. Aprendemos de modo divertido os conceitos e leis da física, que muitas vezes é vista como um monstro e algo chato. São conhecimentos que eu vou levar não só para meus estudos, mais também para a vida.

“O projeto me mostrou um lado da física que com aulas normais eu não iria compreender ou gostar. Aprendemos de modo divertido os conceitos e leis da física, que muitas vezes é vista como um monstro e algo chato. São conhecimentos que eu vou levar não só para meus estudos, mais também para a vida”.

Figura 40. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno B”

Fonte: Acervo pessoal.

Aprendemos muitas coisas interessantes e curiosas, e acho que seria essencial se um projeto tão bacana como esse tivesse continuidade.

“Aprendemos muitas coisas interessantes e curiosas, e acho que seria essencial se um projeto tão bacana como esse tivesse continuidade”.

Figura 41. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno C”

Fonte: Acervo pessoal.

melhores resultados e mais específicos. Poderia ter mais projetos como esse, pois há uma melhor compreensão dos alunos em relação a matéria.

“Poderia ter mais projetos como esse, pois há uma melhor compreensão dos alunos em relação a matéria”.

Figura 42. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno D”

Fonte: Acervo pessoal.

O trabalho realizado pelo professor Ronaldo foi fundamental e inspirador, onde a minha visão do universo mudou e ganhou mais complexidade, que eu possa descobrir mais a mais e estamos agradecidos pelas experiências inovadoras que fogem de todos os padrões comuns e sem graça, para motivação e inovação, quero estudar e aprender o máximo possível para conseguir mostrar para mais pessoas, pois como diz Gilberto Freire: “sem um fim social o saber se torna a maior das inutilidades”.

“O Trabalho realizado pelo professor Ronaldo foi fundamental e inspirador, onde a minha visão do universo mudou e ganhou mais complexidade, que eu possa descobrir mais a mais e estamos agradecidos pelas experiências inovadoras que fogem de todos os padrões comuns e sem graça, para motivação e inovação quero estudar e aprender o máximo possível para conseguir mostrar para mais pessoas, pois como diz Gilberto Freire: sem um fim social o saber se torna a maior das inutilidades”.

Figura 43. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno E”

Fonte: Acervo pessoal.

Antes do projeto, física não me chamava muito atenção, por ser uma matéria cheia de fórmulas e cálculos. Logo depois com a chegada do projeto foi diferente, fiquei curiosa e com vontade de aprender. Ganhamos um kit para fazermos experiências que foram muito interessantes e educativas. Enfim, foi muito importante essa nova experiência, aprendi muita coisa, agradeço pela sua dedicação, atenção e carinho com todos nós, foi incrível.

“Antes do projeto, física não me chamava muito atenção, por ser uma matéria cheia de fórmulas e cálculos. Logo depois com a chegada do projeto foi diferente, fiquei curiosa e com vontade de aprender. Ganhamos um kit para fazermos experiências que foram muito interessantes e educativas”.

“Enfim, foi muito importante essa nova experiência, aprendi muita coisa, agradeço pela sua dedicação atenção e carinho com todos nós, foi incrível”.

Figura 44. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno F”

Fonte: Acervo pessoal.

Há três anos que estudo nessa instituição pública de ensino nenhum professor em sua etapa de mestrado, veio até os alunos no intuito de desenvolver um projeto de física ou qualquer outra coisa. Agradecemos a oportunidade ao professor Roberto por ter escolhido a nossa instituição para desenvolver o projeto, foi uma experiência muito boa, enfim obrigada.

“Há três anos que estudo nessa instituição pública de ensino nenhum professor em sua etapa de mestrado, veio até os alunos no intuito de desenvolver um projeto de física ou qualquer outra coisa”.

“Agradecemos a oportunidade ao professor Roberto⁶ por ter escolhido a nossa instituição para desenvolver o projeto, foi uma experiências muito boa, enfim obrigada”.

Figura 45. O significado do trabalho desenvolvido. “Aluno G”

Fonte: Acervo pessoal.

Sobre a importância da contextualização no Ensino de Física houve relatos nos textos pelos alunos “A”, “D”, “E” e “F”, a abordagem histórica foi citada pelos alunos “E” e “G”, o processo de construção dos aparatos experimentais foi relatado pelo “aluno B”, a realização dos experimentos foi citada pelos alunos “E” e “G”, e todos os alunos que redigiram os textos relataram sobre o significado que o trabalho teve para eles.

⁶ Nesse caso a aluna se confundiu com o nome, ela quis dizer professor Ronaldo.

4.2 Considerações Finais

Nesse trabalho foi confeccionado pelos alunos um *kit* contendo vários aparatos experimentais feitos com materiais de baixo custo, utilizados para realizar uma série de experiências com as quais os estudantes puderam explorar diversos conceitos eletrostáticos. Tanto os aparatos experimentais quanto as experiências tiveram uma abordagem histórica sobre os nomes que contribuíram para formar as bases dos estudos da eletricidade.

Mas o que norteou essa pesquisa foi como a confecção do kit e a realização das experiências, assim como a abordagem histórica poderiam contribuir para dar significado aos conteúdos de eletrostáticas investigados, e como isso poderia tornar o ensino de física mais atraente para os alunos.

Analisando os textos livres que os alunos redigiram sobre suas ponderações em relação ao trabalho de pesquisa realizado pude perceber como foi importante a contextualização do conteúdo proposto com o conhecimento prévio adquirido de seu cotidiano. Segundo Ausubel, a valorização do conhecimento prévio do aluno é indispensável para que ele queira aprender de forma significativa.

A abordagem histórica dos personagens que contribuíram para formar a base dos estudos em eletricidade foi importante para que os alunos pudessem compreender como evoluíram as pesquisas dos fenômenos elétricos no decorrer dos séculos.

O fato dos alunos realizarem as experiências utilizando aparatos experimentais construídos por eles próprios e com material de fácil acesso e baixo custo ajudou a dar significado aos fenômenos pesquisados experimentalmente por eles. Isso também os motivou a levarem os aparatos experimentais para suas casas e realizarem as experiências com amigos e familiares.

Para mim foi emocionante e recompensador ler os relatos que os alunos redigiram sobre a importância que esse trabalho teve para eles e como se sentiam gratos por terem participado dessa pesquisa. Também fiquei muito feliz em ver a disposição e o entusiasmo com os quais os estudantes ornamentaram a sala, prepararam os aparatos experimentais de eletrostática e os apresentaram na feira de ciências da escola. Esse comprometimento dos

alunos em mostrar para seus colegas o trabalho que eles realizaram nos encontros mostra o quão significativo essas atividades se tornaram.

Enfim, com base na avaliação do comprometimento dos alunos, na construção dos aparatos experimentais, na interação e na realização das experiências durante os encontros, na preparação dos experimentos para serem apresentados na feira de ciência e também nos relatos escritos, chegou-se a conclusão que trabalhar com experimentos históricos confeccionados com materiais de baixo custo, contextualizando-os com o cotidiano dos alunos, mostrou-se uma forma eficaz para instrumentalização do ensino de física, a fim de torná-lo mais atraente e significativo para os alunos. Trabalhos como o de Santos (2018) evidenciam que a experimentação pode ser uma ferramenta muito útil, para tornar o ensino de Física mais atraente para os alunos.

Recomendo veementemente que os colegas professores trabalhem com experimentos que possam ser confeccionados com material de baixo custo em sala de aula. Apesar de relativamente simples, é possível realizar descobertas incríveis utilizando esses aparatos experimentais. No artigo publicado na revista Física na Escola intitulado *Utilizando o versório de Gilbert magnetizado para verificar o comportamento da força elétrica entre duas cargas em repouso em função da distância entre elas*. Oliveira e Pereira (2018) deduziram que a força elétrica entre duas cargas em repouso, decai com o inverso quadrado da distância entre elas. E fizeram isso utilizando um versório de Gilbert magnetizado.

Oriento ainda que deixem os próprios estudantes construírem o aparato experimental e, sempre que possível, façam uma abordagem histórica dos personagens que contribuíram para aquele estudo. Também é necessário contextualizar os experimentos com situações do cotidiano dos alunos, mesmo que não consigam motivar todos os alunos a participarem das atividades, para aqueles que participarem se tornarão exemplo motivacional para os demais.

Uma dica para que os experimentos de eletrostática funcionem bem é que o professor esteja atento às condições climáticas, pois a umidade relativa do ar interfere nos resultados experimentais. Sendo assim, o aluno poderá sentir-se desmotivado após construir um eletroscópio e não conseguir carregá-lo, caso a umidade relativa do ar esteja muito alta. O que é fácil de acontecer

em dias chuvosos. Isso poderá ser resolvido utilizando uma sala que tenha ar-condicionado para diminuir a umidade relativa do ar.

Recomendo a construção de um medidor de umidade como o que fora citado nesse trabalho, pois se a escola não possuir uma sala com ar-condicionado, o professor poderá monitorar a umidade relativa do ar, observando se o dia está propício à realização de experiências em eletrostática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Laurinda Ramalho de. **A questão do eu e do outro na psicogenética walloniana**. Campinas. Estudos de Psicologia. Outubro - dezembro 2014.
- ASSIS, André Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- ASSIS, André Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Volume 2 . Montreal: Apeiron, 2018. Disponível em <http://w.w.w.ifi.unicamp.br/~assis/>. Acesso em: 22 de out. 2018.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Tradução de Lígia Teopisto 1. ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2002.
- BAPTISTA, José Plínio; FERRACIOLI, Laércio. **Da Physis à Física: Uma história da evolução do pensamento da Física**. Vitória: EDUFES, 2003.
- BEZERRA, Sérgio Henrique de Oliveira. **Atividades Experimentais em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Ciências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- BOSS, Sérgio Luiz Bragatto. **Tradução Comentada de Artigos de Stephen Gray (1666-1736) e Reprodução de Experimentos Históricos com Materiais Acessíveis – subsídio para o ensino de eletricidade**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- DEMO, Pedro. **Habilidades e competências no século XXI**. Porto Alegre: Mediação, 2012.
- DINIZ, Robson Torres. **Usando Experimentação no Ensino Potencialmente Significativo de Óptica Geométrica**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2016.
- GIBIN, Gustavo Bizarria; FILHO, SOUSA FILHO, Moacir Pereira de. **Atividades experimentais investigativas em física e química: uma abordagem para o ensino médio**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- KOHORI, Rodolfo Kasuyoshi. **Estratégias experimentais de ensino visando contribuir com o ensino de Física de modo significativo: atividades de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marcos Antônio. **Aprendizagem significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. 1.ed.São Paulo: vetor, 2008.

MOREIRA, Marcos Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo : Editora Livraria da Física, 2011.
Nascimento, Aline Pereira do. **Experimentos de Baixo Custo no Ensino de Física na Educação Básica**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Catalão, 2016.

GÓES, Maria Cecília de. **A formação do indivíduo nas relações sociais**: Contribuições teóricas de Lev Vigotski e Pierre Janet. Educação & Sociedade, ano XXI, nº 71, Julho/00.

RAICIK, Anabel Cardoso. **Experimentos exploratórios: Os contextos da descoberta e da justificativa nos trabalhos de Gray e Du Fay**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios**: A ciência vista como uma vela no escuro. Tradução de Rosaura Eichenberg. 1. ed. São Paulo: Companhia das letras, 2006.

SANTOS, Emely Giron dos. **Uma Abordagem Histórica e Experimental Sobre Eletricidade no Ensino Fundamental e Médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

SOMBRA JÚNIOR, José Maria. **Novas Abordagens Para o Ensino de Física no Ensino Médio: Construção de Projetos Experimentais com Materiais de Baixo Custo**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino em Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

OLIVEIRA, Ronaldo Furtado de; PEREIRA, Marcia Regina Santana. Utilizando o versório de Gilbert magnetizado para verificar o comportamento da força elétrica entre duas cargas em repouso em função da distância entre elas. **Física na Escola**, v 16 n.1.2018.

TEIXEIRA, Anísio. **Educação não é privilégio**. 5 ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem**. Disponível em:< <http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/vigo.html>> . Acesso em: 16 Novembro 2017.

Anexo A

Nome: _____

Endereço: _____

Cidade: _____

Este questionário tem como finalidade entender como os fenômenos elétricos estão presentes no cotidiano dos alunos que participarão do projeto.

01-Você já presenciou algum fenômeno elétrico no seu cotidiano? Como por exemplo; tempestades de raios, levar algum choque elétrico sem ter encostado em algum condutor eletrizado, ou ter os pelos do braço atraído por algum objeto eletrizado e etc. Caso a resposta seja sim, relate sua experiência.

02-Dê exemplos de materiais do seu cotidiano que você considera ser um bom condutor de eletricidade.

03-Dê exemplos de materiais do seu cotidiano que possa ser um bom isolante elétrico.

04-Pergunte a seus pais ou familiares se eles também já vivenciaram alguma experiência com fenômenos elétricos, conforme o item 01.

05-Você já conseguiu eletrizar algum corpo de alguma forma? Caso a resposta seja sim, explique como.

Respostas

- ① Sim. Ao ligar estes tipos de TV eu sempre chego com partes do corpo um pouco mais embaixo e meu cabelo me atraiendo por ela.
- ② Ferro, nosso corpo, entre outros
- ③ Alguns tipos de roupa, lã, lã, entre outros
- ④ Sim, tempestade de raios, levar um choque sem encostar em algum condutor eletrizado, entre outros.
- ⑤ Não.

1) Limpe os pelos dos braços puxando-os após ligar a televisão, tomar choques pelo registro dos chuveiros ou após lavar e cutículas no banho.

2) não sei

3) danielson, roda de carro

4) Temporários de raio, choque elétrico

5) mão ou não me lembro

Sum: pelos são atraídos pelo eletronegativo

2) Motas em geral, o exemplo humano, pelo fato de quando uma pessoa leva choque elétrico e outro encosta nele, também leva choque, vários outros também, plantas no caso.

3) plástico, madeira, borracha, vidro.

4) flocos de lã na plantação: lã branca para plantar os cereais que dão raiz; mandioca, batata, uva, etc. E para proteção de animais depois de liberar.
E lã cresanta e moça se usam para plantar galhozmi, alga, couve, etc.

5) não.

Limpe limpa-se em choque; meu braço perto da TV logo depois de ter desligado ela, e os pelos do meu braço tombaram.

2- Lã de cabe

3- Borracha

4- Não

5- Não

1- Sim, uma tempestade de raios nos pedras perto da minha casa.

2- Cobre.

3- Borracha

4- Sim, eu e minha mãe vimos raios vindo perto de casa.

5- Não.

① Sim, a sacola do supermercado fez os cabelos do braço arrupear.

② Cobre, ferro, ouro, prata, entre outros.

③ Borracha, papel, madeira, plástico, papel, vidro.

④ Tempestades de raios, ter os cabelos do braço atraído por algum corpo eletrizado.

⑤ Sim, esfreguei uma fita nos cabelos da cabeça, deixando a fita eletrizada.

1- Sim, raios, trovões e até até arrupear o cabelo assim que eu desligo a TV e chogo perto dela.

2- TV, celular, geladeira, computador.

3- Borracha, ploracha.

4- Sim, raios, trovões e raios atraídos por algum objeto eletrizado

5- Sim, esfregar a cometa de plástico no cabelo

01 - Sim. Certa vez eu estava observando a
matinha aqui perto de casa, estava chovendo
e de repente um raio caiu na direção
que eu estava olhando, no outro dia
eu fui ver, a árvore estava partida

02 - Água, fio de cobre, maldá, fios
metálicos etc..

03 - Borracha,

05 - Sim. Certa vez fiz um experimento
que eletrizou uma batata e através dela
darei eletricidade com capacidade de
fazer uma calculadora funcionar.

Anexo B

Considerações dos alunos em relação à pesquisa.

O projeto trouxe uma visão mais ampla e clara sobre a física e a sua presença no nosso dia a dia. Foi um conhecimento adquirido de maneira extremamente sem pressão. Com este comprem isto compreendemos fisicamente o que acontece em áreas meteorológicas, eletrônicas, entre outras curiosidades que surgiram durante as aulas. O projeto foi bem elaborado e organizado e seria interessante uma continuidade dele.

O projeto me mostrou um lado da física que com aulas normais eu não iria compreender e gostar. Aprendemos de modo divertido os conceitos e leis da física, que, muitas vezes é vista como um mestre e talco chato. São conhecimentos que são bons não só para meus estudos mas também para a vida. O Ronaldo nos ajudou a montar um kit que no final do projeto ele deu para nós, assim mesmo com o fim das aulas a gente poderia continuar fazendo os experimentos que aprendemos a montar para nossos familiares e amigos todo o conhecimento que adquirimos.

No início do ano, as turmas: 3ºV01 e 3ºV02, foram convidadas para participar de um projeto de física no qual traria conhecimentos sobre curiosidades físicas do nosso cotidiano. Foram os "Kits" para a realização dos experimentos, no qual toda aula na quinta-feira, usávamos com a orientação do Prof. Ronaldo. Aprendemos muitas coisas interessantes e curiosas, e acho que seria essencial se um projeto tão claro como este tivesse continuidade.

O projeto nos proporcionou um conhecimento mais amplo sobre física, nos mostrando como a física está presente no nosso dia a dia. Para ter uma melhor compreensão, foram apresentadas para nós alguns experimentos. E, dessa forma tivemos uma melhor compreensão da física em si.

No decorrer das aulas fomos aprendendo sobre cada alguma física, e tivemos um certo gosto pelos cálculos e pela parte teórica. Ao realizar os experimentos sentimos a necessidade dos cálculos, e fomos a procura de melhores resultados e mais aplicados. Poderia ter mais projetos como esse, pois há uma melhor compreensão dos alunos em relação a matéria.

A princípio, de certa forma, sentia uma grande
 curiosidade em aprender mais sobre física
 mas essa vontade não passava adiante quando
 me deparava com as fórmulas escritas no
 quadro de sala de aula e as aulas monótonas.
 Quando a turma foi apresentada ao
 trabalho, muitos não se interessaram por
 achar que seria a mesma coisa que nas
 aulas regulares, porém todos foram surpreen-
 didos pela dinâmica e empolgados de
 descobrir a "mágica" da física por trás de
 coisas simples apresentadas em pequenos
 experimentos que explicavam as grandiosas
 coisas do cotidiano.

Meus olhos foram tomados pela euforia
 dada pela vontade de descobrir mais sobre
 as grandiosas físicas e seus fatos marcantes na
 história, com James Clerk Maxwell, Albert Einstein e
 Rutherford, Bohr, Thomson, Rutherford - descobridores
 do modelo atômico. Com isso as propriedades
 dos elétrons irradiaram minha mente e
 hoje fazem parte do meu cotidiano assim
 como no dos meus colegas, reconstruindo a
 ideia dos mitos que nos cercam desde
 a infância.

O trabalho realizado pelo professor Ronaldo
 foi fundamental e inspirador, onde
 a minha visão de universo mudou e ganhou
 mais complexidade que é para descobrir mais
 e mais os mistérios da natureza pela experiên-
 cia inovadora que utiliza de todos os poderes
 comuns e sem graça para motivação e
 inovação, que é utilizar e aprender o
 máximo possível para conseguir mostrar
 para mais pessoas, pois como diz Albert
 Einstein: "Seu um fim social o saber se
 torna o maior das utilidades".

Com o projeto descobri uma física diferente, divertida e chamativa, usando daquela complicada e aprendendo de um jeito simples e na prática, com coisas do nosso dia a dia.

Antes do projeto, física não me chamava muita atenção, por ser uma matéria cheia de fórmulas e cálculos. Logo depois com a chegada do projeto foi diferente, fiquei curiosa e com vontade de aprender. Ganhamos um kit para fazermos experiências que foram muito interessantes e educativas.

Por fim, foi muito importante essa nova experiência, aprendi muito coisa, aprendi pela sua dedicação e atenção carinho com todos nós, foi incrível.

Há três anos que estudo nessa instituição pública de ensino nenhum professor em sua etapa de carreira, via até os alunos no intuito de desenvolver um projeto de física em qualquer outra curso.

Logo assim quando o professor Ronaldo veio até a escola apresentar o projeto aos alunos, como o que era a se esperar poucas se interessaram por se tratar da matéria física e poucas ter opta a ela. Mas percebe ali uma oportunidade de adquirir conhecimento e que nunca é demais. Então começamos os encontros nos dias de quinta de manhã, com início de assunto a introdução a eletricidade que é uma forma de energia, um fenômeno que é resultado da existência de cargas elétricas, no decorrer das aulas desenvolvemos vários experimentos, assim compomos um kit que pode se realizar mais de 100 experimentos.

No dia da física de física apresentamos o projeto a todos os alunos da escola e visitantes, mostrando as três fases atração (William Gilbert), indução (Michael Faraday) e repulsão (Lavoisier), com experimentos desenvolvidos com muita entusiasmo por todos.

Agradecemos a oportunidade ao professor Roberto por ter escolhido a nossa instituição para desenvolver o projeto, foi uma experiência muito boa, enfim obrigada.