

BASÍLIO JOSÉ AUGUSTO JOSÉ

Reconstrução de experiências históricas de Electrostática e suas possibilidades de integração no ensino de conceitos e fenómenos.

Mestrado em Educação/Ensino de Física

Universidade Pedagógica

Beira

2014

BASÍLIO JOSÉ AUGUSTO JOSÉ

Reconstrução de experiências históricas de Electrostática e suas possibilidades de integração no ensino de conceitos e fenómenos.

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade Pedagógica, para a obtenção do grau Académico de Mestrado em Educação/Ensino de Física.

Supervisor:

Prof. Doutor Mário Suarte Baloi

Universidade Pedagógica

Beira

2014

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

LISTA DE GRÁFICOS	V
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE EXPRESSÕES MATEMÁTICAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
DECLARAÇÃO	IX
DEDICATÓRIA	X
AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
CAPÍTULO I	14
INTRODUÇÃO	14
Problematização	16
Objectivos gerais	19
Objectivos específicos	19
Delimitação e enquadramento do tema	19
REVISÃO DA LITERATURA	21
Nota introdutória	21
Relato de alguns trabalhos relacionados com a presente pesquisa	21
CAPITULO III	25
ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA NUMA PERSPECTIVA DE EVOLUÇÃO E DESCOBERTAS	25
Nota introdutória	25
Os Períodos históricos e os principais pesquisadores da Electricidade	26
Visão sobre a Electrostática na idade antiga	27
Visão sobre a Electrostática na idade média, séculos VI à XIV	28
Visão sobre a Electrostática na idade moderna sécXV-XVIII	29
Dieléctricos	35
Processos de Electrização	37
Propriedades da carga eléctrica	40
Lei de Coulomb e função delta de Dirac	42
Lei de Gauss	44
Visão sobre a Electrostática na idade contemporânea (1789 até aos dias de hoje)	46
CAPITULO IV	49
METODOLOGIA	49
Design da pesquisa	49
Método histórico	49
Método experimental	50
Design	50
Trabalho manual	51
Teste e validação dos materiais construídos	51
Pesquisa Documental	53
Entrevista semiestruturada	53
CAPITULO V	54
DESCRIÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS RECONSTRUIDAS	54
Nota Introdutória	54
Descrição das experiências	55
Experimento 1: Comportamento eléctrico de varetas friccionadas (condutores e isoladores)	55
Experimento 2: Teste dos materiais que podem ser atraídos por um corpo electrizado	59

Experimento 3: O carrinho electrostático	61
Experimento 4: Atracção de líquidos de Jean Théophile Desaguliers.....	63
Experimento 5 a): O perpendicular.....	66
Experimento 5 b) A repulsão de uma folha de alumínio	68
Experimento 6: O oscilador electrostático.....	69
Experimento 7: O Versório de Gilbert.....	70
Experimento 8: A Protecção Electrostática: Gaiola de Faraday.....	73
Experimento 9: Motor Electrostático.....	76
CAPÍTULO VI.....	80
HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA PRESENTE NOS LIVROS DIDÁCTICOS DE FÍSICA	80
Nota introdutória.....	80
Amostra dos livros didácticos.....	80
História da Electrostática identificada nos livros didácticos	81
CAPÍTULO VII	87
VISÃO DOS PROFESSORES EM RELAÇÃO A HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA ..	87
Nota introdutória.....	87
Análise do relato dos professores de Física	87
CAPÍTULO VIII	90
TESTE E VALIDAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS RECONSTRUIDAS	90
Resultados do teste.....	90
Primeira sessão: Comportamento eléctrico de varetas friccionadas (condutores e isoladores).....	92
Segunda sessão: Teste dos materiais que podem ser atraídos por um corpo electrizado ..	93
Terceira sessão: O carrinho electrostático	94
Quarta sessão: Atracção de líquidos de Jean Théophile Desaguliers	95
Quinta sessão: O perpendicular	96
Sexta sessão: A repulsão de uma folha de alumínio.....	96
Sétima sessão: O oscilador electrostático	97
Oitava sessão: Versório	98
Nonª sessão: A Protecção Electrostática: Gaiola de Faraday.....	98
Décima sessão: Motor Electrostático.....	99
Avaliação das experiências históricas realizadas pelos estudantes	100
CONCLUSÕES DA PESQUISA.....	102
Limitações do estudo.....	104
BIBLIOGRAFIA	105
APÊNDICES.....	XIV
APÊNDICE I: AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS ESTUDANTES	XIV
APÊNDICE II: ROTEIRO DE ENTREVISTA DIRIGIDO AOS PROFESSORES DE FÍSICA	XV
APÊNDICE III: TESTE DIAGNÓSTICO REALIZADO PELOS ESTUDANTES.....	XVII
APÊNDICE IV: FOTOGRAFIAS DA ESCOLA SECUNDÁRIA DA PONTA GEA.....	XVII
APÊNDICE V: ALGUMAS IMAGENS DA EXPERIMENTAÇÃO	XIX
APÊNDICE VI: FICHAS DE TRABALHO	XX
APÊNDICE VII: FOTOGRAFIAS DOS EXPERIMENTOS RECONSTRUÍDOS	XXXIX
ANEXO: EXTRACTO DO PROGRAMA DE ENSINO DE FÍSICA.....	XXXIX

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1:Fotografia de um pequeno pedaço de âmbar adquirido na Austrália pelo autor..	27
Ilustração 2:Esfera de Pierre Maricurt	29
Ilustração 3: Perpendículo.....	30
Ilustração 4:Imagem do versório de Gilbert.....	31
Ilustração 5; Máquina Electrostática de Otto Von Guerrike.....	33
Ilustração 6:Série tribolétrica de alguns materiais	34
Ilustração 7: Máquina Electrostática de Auksbee	34
Ilustração 8: Campo eléctrico e dipolos eléctricos.....	35
Ilustração 9: Dipolo de uma molécula de água	36
Ilustração 10: Atracção de um filete de água por um corpo electrizado	38
Ilustração 11: Linhas de campo criadas por cargas pontuais	43
Ilustração 12: Disposição das linhas de campo eléctrico	44
Ilustração 13: Experiência de Millikan,	46
Ilustração 14: Gerador de Van Der Graaf	47
Ilustração 4.15: Material usado para o teste de condutores e isoladores	56
Ilustração 4. 16: Montagem do experimento de teste de condutores e isoladores	57
Ilustração 4.17: Dipolos eléctricos polarizados	61
Ilustração 4.18: Imagem do carrinho	62
Ilustração 4.19: Funcionamento do carrinho electrostático	63
Ilustração 4.20: Montagem do experimento sobre a atracção de líquidos de Desagurilies	64
Ilustração 4.21: Mecanismo de atracção de um filete de água e uma vareta electrizada	65
Ilustração 4.22: Ângulo de desvio do filete de água	65
Ilustração 4.23: Esquema de montagem de um perpendículo.....	67
Ilustração 4.24: Mecanismo de funcionamento de um Perpendículo	67
Ilustração 4.25: Esquema de montagem do experimento sobre a repulsão da tira de alumínio	68
Ilustração 4.26: Esquema da repulsão entre a tira de alumínio e a vareta electrizada	68
Ilustração 4.27: Oscilador electrostático	69
Ilustração 28; Funcionamento do oscilador electrostático	70
Ilustração 4.29: Esquema de montagem de cinco versórios	71
Ilustração 4.30: Funcionamento do versório.....	73
Ilustração 4. 32: Gaiola de Faraday.....	74
Ilustração 4.31: Gaiola de Faraday.....	74
Ilustração 4. 33: Funcionamento da Gaiola de Faraday.....	75
Ilustração 4.34: Micro-Motor Electrostático.....	76
Ilustração 4.35: Motor electrostático de Franklin	77
Ilustração 4.36: Motor Electrostático de Poggendorf feito por um CD	78
Ilustração 37:Estrutura da sala onde decorreu o teste e validação do material produzido.....	91
Ilustração 38:Estudantes testando a gaiola com âmbar no seu interior.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4. 1 Relação entre a distância mínima de interação e o número de fricções.....	59
Gráfico 4.2: Relação entre a força de interação e o número de fricções	59
Gráfico 3: Relação entre cada estudante e a sua respectiva pontuação.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Visão dos programas de ensino de Física em relação a Electrostática	19
Tabela 2: Categorias e subcategorias do conteúdo histórico presente nos livros didáticos	24
Tabela 3: Os períodos históricos e os pesquisadores da Electricidade	26
Tabela 4: Forças fundamentais na natureza	27
Tabela 5: Corpos eléctricos e não eléctricos segundo Gilbert	32
Tabela 6: Síntese de algumas descobertas da idade moderna	32
Tabela 7: Design da pesquisa	49
Tabela 4.8: Relação entre o número de fricções, o ângulo e a força eléctrica	57

LISTA DE EXPRESSÕES MATEMÁTICAS

Equação 1: Momento eléctrico de um dipolo	36
Equação 2: Expressão Matemática da Lei de Coulomb deduzida apartir da função Delta de Dirac	43
Equação 3: Teorema de Gauss	45
Equação 4: Lei de Gauss para o campo eléctrico.....	45
Equação 5: Equações de Maxwell.....	45
Equação 6: Equação de Dirac	47
Equação 4.7: Lei de Gauss	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS - Associação Americana para o Progresso da Ciência,

BAAS - Novo currículo do Conselho Britânico de Ciências,

CTE- Centro de Tecnologias Educativas

HFC- História e Filosofia da Ciência

PACS-Physics and Astronomy Classification Scheme

PCN- Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

Prop.-Propriedades

TQC-Teoria Quântica de campos

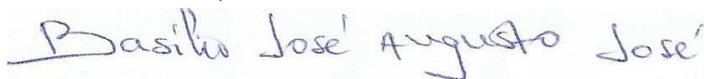
SI-Sem interacção

DECLARAÇÃO

Declaro que esta Dissertação é resultado da minha investigação e das orientações do meu supervisor. O seu conteúdo é original e que todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho, não foi apresentado em nenhuma outra instituição, para a obtenção de qualquer grau académico.

Beira, aos 08 de Dezembro de 2014



Basílio José Augusto José

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família por me ter apoiado moralmente durante a sua elaboração.

AGRADECIMENTOS

Qualquer pesquisa, independentemente da sua natureza é resultado de uma acção individual com uma participação colectiva. Neste contexto, expresso meus agradecimentos, a todos que de forma directa ou indirecta tornaram possível a realização desta dissertação.

Agradecimentos personalizados, dirijo ao meu supervisor o Prof. Doutor Mário Suarte Baloi, pelo acompanhamento e supervisão da dissertação.

Endereço votos de agradecimentos, aos Professores do curso de Mestrado em Educação/Ensino de Física, que contribuíram com ensinamentos para que se chegasse até a esta fase, nomeadamente o Prof. Doutor Mário Suarte Baloi, Prof. Doutor Alberto Felisberto Cupane, Prof. Doutor Gil Gabriel Mavanga, Prof. Doutor Rogério José Uthui e o Prof. Doutor Mathias Loukenman.

Agradeço ainda aos meus colegas e docentes da UP-Beira nomeadamente, o Mestre Tureva Vurande, o Mestre Rui Muchaiabande, o Prof. Doutor Adelino António Murimo, o dr. Filipe Reinaldo Chitoto, e a Msc. Egina Titosse Bande da UCM, o colega Jossamo fotógrafo da instituição, o dr. Victor Reis da EDM, pelo apoio que prestaram durante a realização deste trabalho.

Agracio de forma extensiva a todos os professores de Física, do ensino secundário na cidade da Beira, que se envolveram na pesquisa através da entrevista, bem como aos 10 estudantes da 11ª Classe da Escola Secundária da Ponta Gêa pelo tempo disponibilizado desde o teste diagnóstico, a realização das actividades experimentais até a avaliação do material usado.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre *a reconstrução de experiências históricas de Electrostática e suas possibilidades de integração no ensino de conceitos e fenómenos*. Trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa que decorreu na cidade da Beira, com vista a incentivar os estudantes na aprendizagem de Física. A história de Física, restringiu-se a compreensão da visão histórica sobre a descoberta dos fenómenos electrostáticos, desde a idade pré-histórica até a idade contemporânea. Partindo dos conhecimentos desta visão, fez-se a reconstrução de 9 experimentos físicos para o estudo de conceitos e fenómenos da Electrostática. Sendo um dos objectivos do trabalho a integração de experiências históricas de Electrostática no ensino, analisou-se como este conteúdo se encontra elaborado e enquadrado em 8 livros escolares de Física, no ensino secundário geral em Moçambique, bem como a visão de 10 professores de Física sobre esta temática. Os professores seleccionados foram aqueles que leccionam a 10^a e 11^a classe, onde a Electrostática é abordada. O método experimental recorrendo-se a técnica de design e de trabalho manual, desempenhou no presente trabalho um papel crucial na concepção e elaboração dos experimentos. Uma outra componente da metodologia de pesquisa, refere-se ao ensaio e validação dos materiais e todos os recursos didácticos produzidos. A técnica de pré teste, antes das actividades com o grupo experimental de 10 estudantes escolhidos por amostragem não probabilística intencional, foi adoptada. Os materiais produzidos, foram avaliados mediante um questionário elaborado à luz da escala de Likert, com dez *itens*. O questionário mensurava a atitude dos alunos, face ao material manipulado, tendo-se obtido uma nota média de 46.6 pontos, numa escala de 0 a 50 pontos, um bom indicador para que os mesmos sejam massificados o seu uso. A pesquisa conduziu-nos aos seguintes resultados: (1) A história de experimentação da Electrostática está presente nos livros escolares de forma simplificada, algo que dificulta a sua disseminação, (2) as experiências históricas, permitem abordar vários conceitos e fenómenos de Electrostática, (3) a integração de experiências históricas de Electrostática no ensino reduz por um lado o grau de abstracção no tratamento de conceitos e fenómenos, e por outro lado promove uma melhor compreensão, (4) o tratamento de conceitos e fenómenos com experiências históricas, permite estabelecer uma ponte entre a ciência do passado e a contemporânea.

Palavras-chaves: Electrostática, Experiências históricas, design de experimentos, trabalho manual, ensino de conceitos e fenómenos.

ABSTRACT

This dissertation, presents a study on the *electrostatic historical experiences reconstruction, and their chances of integration in teaching concepts and phenomena*. This is a qualitative and quantitative research that took place in the city of Beira, aiming to encourage students in learning Physics. The history of Physics was restricted to understanding the historical overview, of the discovery of electrostatic phenomena, from the prehistoric age to the contemporary age. Based on the knowledge of this vision, came the reconstruction of nine physical experiments for the study of concepts and phenomena of electrostatics. One of the objectives of the work is to integrate historical experiences of Electrostatics in teaching, that's why, we analysed how this content is prepared and framed in eight text books of Physics in general secondary education in Mozambique, as well as the vision of 10 physics teachers on this theme. Selected teachers are those who teach grade 10 and 11, where electrostatics is addressed. The experimental method using the technique of design and manual labour performed in the present work a crucial role, in the conception and design of experiments. Another component of research methodology refers to the testing and validation of all teaching materials and produced resources. The technique of pre-test, before the activities with the experimental group of 10 students selected by non-probability purposive sampling, was adopted. The materials produced were assessed by a questionnaire based on the Likert scale, with ten items. The questionnaire measured the attitude of students, according to the material handled, yielding an average score of 46.6 points on a scale from 0 to 50 points, a good indicator that they are mass market use. The research, led us to the following results: (1) The history of experimentation of electrostatic is present in textbooks in simplified form, something that hinders its spread, (2) the historical experiences allow addressing various concepts and phenomena of electrostatics, (3) integration of the historical electrostatic experiences in teaching, on the one hand reduces the degree of abstraction in the treatment of concepts and phenomena and on the other hand promotes a better understanding of scientific concepts, (4) the treatment of concepts and phenomena with historical experiences, establishes a bridge between the science of past and contemporary.

Keywords: Electrostatics, historical experiences, design of experiments, manual labor, teaching concepts and phenomena.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa intitulada, a reconstrução de experiências históricas de Electrostática e suas possibilidades de integração no ensino de conceitos e fenómenos, é elaborada no âmbito da conclusão do curso de Mestrado em Educação/Ensino de Física.

O interesse em desenvolvê-lo, é derivado da tentativa de identificação de outras metodologias de ensino que de certa forma podem incentivar os alunos do ensino secundário geral, bem como dos restantes subsistemas de ensino o gosto pela disciplina de Física.

A sua concepção, foi inspirada através da leitura das directrizes dos actuais programas de Ensino de Física da 10^a e 11^a Classes, as linhas orientadoras do Centro de Tecnologias Educativas da Universidade Pedagógica (CTE), bem como em pesquisas associadas a História e Filosofia da Ciência, no caso particular a história de experimentação da electricidade.

O trabalho comporta oito capítulos, onde o primeiro é introdutório, com enfoque a justificativa e relevância na escolha do tema, descrição do problema e as questões de pesquisa, a definição dos objectivos, a delimitação e o enquadramento do tema.

No segundo capítulo, faz-se a revisão da literatura, com enfoque a principais pesquisas relacionadas como tema. No terceiro capítulo, descreve-se os fundamentos teóricos, com enfoque a história da Electrostática, onde são enquadrados conceitos fundamentais desta área da Física.

No quarto capítulo, descreve-se a metodologia que deu lugar a dissertação, as técnicas de recolha de dados, o design da pesquisa, bem como a amostragem. No quinto capítulo, faz-se o *design* e descreve as experiências históricas construídas e realizadas nesta pesquisa. No sexto capítulo, faz-se a análise da história da Electrostática presente nos livros didácticos de Física.

No sétimo capítulo descreve a visão dos professores de Física, em relação ao conteúdo em estudo. No oitavo capítulo apresenta-se os resultados do teste e validação da integração dos experimentos no grupo experimental de estudantes. O trabalho termina com conclusões da pesquisa, limitações do estudo, bibliografia, anexos e apêndices.

Justificativa e relevância

A minha interacção efectiva com o ensino de Física, iniciou em 2001 quando admiti para frequentar o curso de Licenciatura em ensino de Física. Um ano depois, comecei a dar aulas de Física no ensino Secundário Geral em algumas Escolas da Cidade da Beira. Durante os

intervalos era comum ouvir-se comentários pelos alunos sobre a Física como uma disciplina mais complexa, cujo remédio é a memorização de fórmulas.

Com o comentário, alguns alunos para não passarem por tais dificuldades da disciplina, optavam em fixar as fórmulas de acordo com nível em que se encontravam. Os erros mais comuns desta prática, consistiam por um lado na apresentação de fórmulas incorrectas e por outro lado, na falta de compreensão do significado Físico das suas representações simbólicas.

Como refere Ausubel, et al (1978);

Se a integração de novos conhecimentos for substantiva, se a mente assimilar mais ou menos profundamente, o significado dos novos conceitos, a aprendizagem será significativa. Se os novos conhecimentos forem incorporados sem se integrarem na estrutura cognitiva prévia, isto é, sem modificarem subsunçores ou conceitos integradores, então, os seus significados não serão assimilados e a aprendizagem será mecânica ou memorística.

Assim, Popov (1993) na sua pesquisa sobre o ensino de Física nas escolas Moçambicanas, referiu que no nosso país o ensino proporcionado aos alunos, nalgumas vezes, tem sido caracterizado pela falta de aulas de Física baseadas em trabalhos experimentais. Contudo, dá-se pouca oportunidade á discussão de fenómenos na sala de aulas.

Não obstante, como docente, durante a minha supervisão de práticas pedagógicas aos estudantes do curso de Física do 2º ao 4º ano, desde 2009 até então, constatei que nos seus planos de lição, relegavam ao segundo plano, os aspectos de ordem histórico e experimental. Pelo que, notava-se nestes uma atenção especial á exposição na elaboração de conteúdos novos e como forma de consolidação a apresentação de exercícios baseados na simples substituição de dados.

Recuando no tempo, ainda me lembro, que durante a minha aprendizagem da Física no ensino Secundário entre os anos 1996 a 2000, quando se referia à História da Física, associava-se a ideia da vida dos cientistas eminentes; procurando responder às questões como: quem foi, qual foi o seu período de vida e pouco se dava oportunidade a discussão das suas descobertas, bem como a evolução histórica das obras dos cientistas.

Na maioria das vezes, estas perguntas eram respondidas por nós alunos, sob forma de trabalhos de casa, sendo que era nisso que consistia o trabalho de investigação.

A análise da literatura sobre a História e Filosofia da Ciência, vem mostrando que os trabalhos primários de pesquisa, na área de Electrostática, apresentam potencialidades no estudo dos fenómenos Físicos. Embora já exista a elaboração de experimentos históricos, muitos dos

trabalhos, não adoptam a validação dos materiais elaborados no ensino de Física. A pesquisa de Boss (2011) por exemplo, em Brasil, centrou-se no apoio ao professor, numa perspectiva de transpor a barreira da falta de material histórico de qualidade acessível.

Nesta pesquisa, reconstruir-se-á a luz da visão histórica, materiais experimentais que possam contribuir para a melhoria da aprendizagem de Física pelos estudantes do ensino secundário.

Como refere Russel (1981) citando Conant (1951);

Além do pacote de resultados matemáticos, conceitos abstractos e habilidades técnicas de resolução de problemas que o aluno recebe num curso de ciências, é igualmente necessário o entendimento dos métodos e processos da ciência, que vêm com um estudo de como ela se desenvolveu em tempos anteriores (p. 52)

Esta atitude de ensinar Física, pode tornar o aluno agente mais participativo e o ensino mais contextualizado, pelo que se dá a oportunidade, dele mesmo perceber que alguma parte da actividade lhe resta para dar o progresso da Ciência, que ainda não é um produto acabado.

O trabalho de reconstrução de experiências históricas de Electrostática e sua integração no ensino de conceitos e fenómenos, tem como principais pressupostos, as directrizes dos actuais programas de Ensino de Física, as linhas orientadoras do Centro de Tecnologias Educativas da Universidade Pedagógica (CTE),

Não só, como também o mesmo está baseado, em pesquisas didácticas sobre as novas metodologias de ensino de ciências, nomeadamente; o novo currículo do Conselho Britânico de Ciências (BAAS), o Projecto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS), Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Programa Nacional do Livro Didáctico para o Ensino Médio (PNLEM), e as pesquisas na área da História e Filosofia da Ciência (HFC) no mundo inteiro e em particular Brasil, Inglaterra, França, Estados Unidos da América e Holanda que tiveram o seu início na década 70.

Problematização

Actualmente, o ensino de ciência, depara com o problema associado a dificuldades de aprendizagem, particularmente na disciplina de Física, onde os conceitos abordados são abstractos.

Estudos, têm vindo a serem desenvolvidos, no sentido de identificar-se as melhores estratégias, que visam o alcance de bons resultados da aprendizagem dos conteúdos escolares.

Heineck (1999) refere que, um bom número de alunos, perde o interesse pela Física (e ciências afins), durante o período de escolarização, pois, é facto conhecido, que maior parte dos alunos têm dificuldades na assimilação e compreensão dos fenómenos físicos.

O outro factor que alista para o desinteresse, é o tipo de ensino que se proporciona, onde na maioria das vezes, os conceitos ensinados distanciam-se da prática, e muito menos se relacionam com os factos do quotidiano.

Fiolhais (2007) refere que,

as aulas de Física com apoio aos métodos experimentais, organizados e adaptados, proporcionam o estímulo, favorecem a aprendizagem e aumentam as expectativas nos alunos de modo a desenvolverem técnicas de investigação. Somente através de experiências reais é possível criar entre os alunos um ambiente particularmente rico do ponto de vista pedagógico, que ajude a substituir conceitos teóricos por constatações científicas.

No entanto, quando a actividade de ensino como a experimental, não for devidamente contextualizada, pode criar-se um vazio no seio do aluno, surgindo na mente deste a questão “ *e eu com isso?* ”.

Assim sendo, a Física que é uma única ciência acaba se dividindo em três, nomeadamente: *a Física do cientista, a Física para o aluno na sala de aulas e a Física do dia-a-dia, que é da Sociedade.*

O recurso a experiência e a sua contextualização histórica, podem ser considerados nesta pesquisa, de ferramentas com um considerável potencial na compreensão de conceitos, princípios e leis específicas da Física.

Como refere Vinchiguerra (2001) as vantagens oferecidas pelo ensino experimental, é o facto de ampliar as possibilidades de interacção professor - aluno e aluno - objecto, obtendo-se assim a eficiência no processo ensino e aprendizagem.

Valadares & Perreira (1991, p.181), refere que,

“Um ensino da ciência que queira adquirir um valor humanista, não pode utilizar outro método a não ser a sua própria história, ela revelar-nos-á as vezes como é que o espírito científico evoluiu, mostrar-nos-á toda a riqueza das suas adaptações, das suas invenções bem como da sua insuficiência também”

No entendimento do autor da presente pesquisa, um conhecimento articulado a sua génese, produz melhor sentido no seio de um ouvinte e torna uma mensagem mais completa. Assim

sendo, quando o conhecimento escolar for abordado tendo em conta as suas origens, isto é, com a contextualização histórica produz a razão da sua aprendizagem.

Apesar de algumas Escolas não possuírem materiais didácticos para o ensino de Física, por estes serem caros, poucos professores utilizam outros recursos didácticos que simulem fenómenos físicos como por exemplo, o uso de experiências históricas reconstruídas com materiais alternativos.

A experiência do proponente da pesquisa, mostra que uma aula discutida com uma abordagem experimental, tem um outro sentido em comparação com uma aula meramente expositiva. Eis a razão que nota-se um certo esforço por parte dos professores a identificação de experiências que podem ser realizadas com material alternativo.

Mas ainda não é comum a ideia de que estas actividades experimentais devem ser contextualizadas de modo a responder as questões: *como aconteceu no início? Como podemos reproduzir o mesmo fenómeno? Qual é a relação entre o fenómeno observado e sua aplicação no dia-a-dia?*

Perante a dificuldade acima, geralmente, leva muitos professores a adoptarem metodologias tradicionais. Estas metodologias consistem na transferência de conteúdos com recursos a quadro, giz e livros didácticos, sem no entanto a confrontação, dos conceitos teóricos advindos dos conteúdos. Assim, levantam as seguintes questões de pesquisa:

- 1) Que estratégias podem ser adoptadas, para tornar o ensino da Electrostática mais significativo?
- 2) Que potencialidades têm, as perspectivas de ensino de Física baseadas na história de experimentação da Electrostática?

Tendo em vista, que o programa de ensino de Física refere que:

Com a inclusão de alguns elementos de enfoque histórico nos programas, pretende-se em particular, que os alunos conheçam aspectos da vida, obra, actividade e pontos de vista de eminentes cientistas e desenvolvam valores morais adequados (MEC & INDE, 2010, p.7)

Desta relevância que o programa de ensino de Física atribui á abordagens Históricas dos conteúdos, ao responder as questões científicas formuladas, emergiu no mesmo âmbito a seguinte questão:

De que forma é feita a integração da História da Electrostática no currículo do ensino secundário geral onde é abordado?

Objectivos gerais

O presente trabalho tem por objectivos gerais:

- 1) Apresentar um estudo sobre a história da Electrostática numa perspectiva de evolução e de descobertas importantes para a construção de conhecimentos conducentes ao surgimento de uma ciência experimental;
- 2) Avaliar, a luz da visão histórica, as potencialidades do desenvolvimento de novas perspectivas para o ensino de Física.

Objectivos específicos

O presente trabalho tem por objectivos específicos os seguintes:

- 1) Inserir no ensino, um estudo de contextualização da história da Electrostática, numa perspectiva de construção de conhecimentos, a partir das experiências históricas cruciais da Electrostática.
- 2) Reconstruir a partir da visão histórica experimentos para o estudo da Electrostática;
- 3) Optimizar experimentos históricos da Electrostática para a demonstração de fenómenos eléctricos;
- 4) Projectar aulas para o ensino de conceitos e fenómenos eléctricos, com base em experimentos históricos através de experiências de demonstração para o professor e fichas de trabalho do aluno.

Delimitação e enquadramento do tema

De acordo com o sistema internacional de classificação das áreas de Física e Astronomia (PACS), o presente estudo concentra-se em experimentos e aparelhos de demonstração, codificado em 01.50 My. Estes experimentos são usados neste trabalho, como uma estratégia de ensino da Física.

Os conteúdos científicos de ensino que são tratados no presente trabalho, estão inseridos no ensino de Física da 10^a Classe, unidade temática I, e os mesmos dão continuidade na 11^a Classe, unidade temática III-Electrostática.

Tabela 1: Visão dos programas de ensino de Física em relação a Electrostática

Programa da 10^a Classe Unidade I- Corrente eléctrica			
Objectivos	Conteúdos	Competências	Experiências
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a presença de cargas eléctricas através de um pêndulo eléctrico ou electroscópio 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica parâmetros relevantes na avaliação dos fenómenos electrostáticos no dia-a-dia. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o tipo de carga eléctrica que os corpos adquirem em cada processo de electrização; • Identificar o tipo de interacção que ocorre entre corpos electricamente carregados. 	<ul style="list-style-type: none"> • O pêndulo eléctrico e o electroscópio • Lei qualitativa das Interações eléctricas • Noção de Campo eléctrico. 	<p>Usa a lei qualitativa das interações eléctricas para explicar fenómenos eléctricos, no dia-a-dia e em outros contextos relevantes para a vida.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificação experimental das leis qualitativas das interações eléctricas (Electroscópio de folhas, Borboleta eletrizada) • Pêndulo eléctrico. • O electroscópio. • Borboleta eletrizada
Programa da 11ª Classe Unidade III		
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar a Lei de Coulomb na resolução de exercícios concretos. • Determinar graficamente e analiticamente a resultante das interações eléctricas de um sistema de cargas pontuais. • Determinar graficamente e analiticamente o campo eléctrico originado por uma carga eléctrica pontual e por um sistema de placas eletrizadas. • Determinar graficamente e analiticamente a intensidade do campo eléctrico resultante de um sistema de cargas pontuais. • Determinar analiticamente o potencial eléctrico resultante de um sistema de cargas pontuais. • Determinar o trabalho realizado no transporte de uma carga eléctrica dentro de um campo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lei de Coulomb. • Campo eléctrico. • Sentido das Linhas de força • Campo convergente e divergente • Cálculo do módulo do campo resultante • Protecção Electrostática Gaiola de Faraday • Potencial eléctrico. • Trabalho do campo electrostático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa a lei de Coulomb para estimar a força de interacção entre partículas electricamente carregadas, no contexto científico/tecnológico e do quotidiano. • Identifica campo eléctrico, linhas de força e superfícies equipotenciais. • Descreve a blindagem Electrostática • Analisa e interpreta resultados de processos tecnológicos baseados na utilização do campo eléctrico. Identifica potencial eléctrico; • Explica a realização do trabalho electrostático em processos científicos e tecnológicos. <p>As experiências aqui recomendadas são para a comprovação de fenómenos e verificação de leis. Assim sugere-se que sejam executadas pelos alunos, trabalhando em grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrização de pedaços de papel através de uma esferográfica eletrizada por fricção. • Electrização de tiras de plástico por fricção. • Verificação da Lei Qualitativa das Interação Eléctricas, através de um pêndulo eléctrico. • Electrização por contacto e indução de um electroscópio de folhas.

Fonte: Programa de Ensino de Física da 10ª e 11ª Classes, p. (15, 17, 18) e p. (20,21) respectivamente.

Trata-se de uma pesquisa que decorreu na cidade da Beira, e que se enquadra no âmbito da aquisição do título académico de Mestre em Educação/Ensino de Física entre os anos 2012 à 2014.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

Nota introdutória

Este capítulo tem por objectivo, evidenciar o trabalho de pesquisa sobre a história da Física no geral, e em particular a história da Electrostática, realizada e apresentada na literatura científica. Os aspectos da utilidade deste estudo foram apresentados, embora indirectamente, na formulação dos objectivos e das questões de pesquisa científica.

No concernente, destacam-se estudos sobre a história e filosofia da ciência, realizados por (Mathews, 1994) e os trabalhos específicos da história de Física elaborados por, (Boss, 2011).

No entanto, denota-se uma dificuldade emergente no estudo da história de Física, relacionada com o acesso a fontes primárias. A vasta lista de literatura disponível, circunscreve-se no âmbito de fontes secundárias. O trabalho minucioso de consulta a fontes primárias foi realizado por exemplo por (Heilbron, 1979), (Guedes, 2003) e por (Bassalo, 1996).

Relato de alguns trabalhos relacionados com a presente pesquisa

Vasconcelos (2005), na sua pesquisa sobre a instrumentação para o ensino, apresenta algumas experiências de Electrostática com material de baixo custo para o ensino médio. Na pesquisa, o autor dá maior ênfase ao versório de Gilbert construído através de canudos e apoiado numa base de rolha.

Boss (2011), desenvolveu a pesquisa sobre a tradução comentada de artigos de Stephen Gray (1666-1736) e a reprodução de experiências históricas com materiais acessíveis, como forma de subsidiar o ensino de Electricidade. Este autor, notou que uma das dificuldades que se encara, ao se integrar a História e Filosofia da Ciência, consiste na falta de material de qualidade. Nesta óptica, procurou compor uma tradução comentada, das obras do cientista Gray, bem como a produção de material didáctico de baixo custo, que pudesse auxiliar o professor durante o ensino da Electrostática.

Carvalho (2007), reflectindo sobre a importância da História e Filosofia da Ciência, patente nos livros didácticos, procurou analisar a história da indução electromagnética, contada nos livros didácticos. A razão da análise dos conteúdos dos livros didácticos parte da constatação de que a maior parte dos professores planifica as suas aulas com base nestes livros.

Gução, et. al (2008), reconhecendo o papel da história e filosofia da ciência, bem como do livro didáctico, procuraram avaliar, descrever e analisar, as distorções da História da Electrostática,

em quatro livros de Física, do ensino Médio em Brasil. Na sua pesquisa, concluíram que os erros identificados comprometem a abordagem integral da Electrostática na sala de aulas.

Buchwald & Fox (2014) na sua pesquisa sobre a Electricidade no Século XXI, apresentam a história de electricidade, desde Tales de Mileto até a época do Alessandro Volta. Nesta pesquisa, os autores apresentam de forma teórica e cronológica as descobertas, bem como as concepções do conhecimento científico, sobre a Electricidade em cada época, desde o fluido eléctrico, o eflúvio, o vórtice até ao campo eléctrico.

Assis (2010) ao descrever sobre os fundamentos experimentais e históricos da Electricidade, propõe algumas actividades que podem ser realizadas na sala de aulas com uso de material de baixo custo.

Heilbron (1979) na sua publicação sobre a Electricidade no século XVII e XVIII, apresenta um material histórico, que permite conceber uma visão mais profunda, sobre a história da Electricidade ate a idade moderna. Este material, pode melhorar o nível de compreensão da história da Electricidade, por parte dos professores e tornar o ensino da ciência mais humanístico.

Guedes (2000) na sua publicação, apresenta a história do versório e recomenda as suas características, referindo que deve ser um metal não magnetizável com 3 a 4 polegadas.

Ainda Guedes (2003) apresenta um material histórico sobre a Electrostática com citações traduzidas de fontes primárias, desde a antiguidade até a época moderna, que podem servir de ferramentas no ensino deste conteúdo.

Gatti, et al (2010) desenvolveram uma pesquisa qualitativa, e de estudo de caso, sobre a história da ciência, no ensino da atracção gravitacional, desenvolvido com futuros professores. Nesta pesquisa, os autores procuram inicialmente revelar as preconcepções dos licenciandos sobre o tema, fornecendo um panorama que pode ser usado para orientar as actividades a partir da realidade diagnosticada. Os autores promoveram a leitura e debates de textos, contemplando discussões recentes sobre a pesquisa em ensino de Ciências, de modo a gerar insatisfações com modelos tradicionais de ensino.

Medeiros (2002) observando que o ensino da Electrostática está se afastando da fenomenologia que lhe deu origem, o autor resgata a ideia do versório de Gilbert, do electrómetro até a invenção do electroscópio.

Azevedo, et. al (2009) desenvolveram uma pesquisa sobre o uso de experiências no ensino de Física, onde concluíram que há maior tendência de uso de experiências demonstrativas. Pois

que, de um universo de 274 artigos analisados apenas 4 é que discutiam a construção de experiências históricas. A mesma pesquisa também permitiu compreender, que as experiências quantitativas, sem no entanto uma discussão exaustiva dos resultados encontrados, são mais preferidas pelos professores.

Ataide & Silva (2011) desenvolveram uma pesquisa sobre a contribuição da experimentação e da história e Filosofia da ciência, com objectivo de resgatar a evolução do ensino de ciências e suas metodologias de inserção.

Barbosa (2010) na sua pesquisa sobre a experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento, constata que o ensino experimental tem encontrado professores carentes de fundamentos teóricos. Esta carência os mantém alienados acerca do papel específico da experimentação nos processos de aprendizagem, impedindo-os de concretizar o objectivo central, que é de contribuir para a construção do conhecimento, no nível teórico-conceptual e na promoção das potencialidades humanas.

Guerra, et al (2004) na sua pesquisa, procuram seleccionar uma temática para explicitar um currículo com viés histórico-filosófico, neste caso a primeira fase do electromagnetismo, (1820 a 1832). Estes autores, descrevem a proposta curricular, destacando uma aplicação da mesma, numa realidade escolar concreta do ensino médio, que motivou e melhorou a aprendizagem dos alunos.

Duque (2009) desenvolveu uma pesquisa sobre a história da ciência e o uso da instrumentação, onde construiu aparatos histórico-científicos simples para ilustrar a propagação de ondas electromagnéticas, como estratégia de ensino através de um laboratório semi estruturado e de manipulação directa (*hanson*) durante 10 encontros fundamentais.

Ao analisar o conteúdo histórico presente nos livros de Física, (Pagliarini, 2007, p.59) identifica três categorias e 10 subcategorias, que serão analisadas no presente trabalho para os livros didáticos em uso no currículo Moçambicano. Na pesquisa, este autor conclui, que geralmente, a história da ciência encontrada nos livros didáticos é distorcida e simplificada, podendo ocorrer alguns casos de pseudo-história, mitos científicos e transmitindo falsas concepções acerca da natureza da ciência. Tais categorias, foram reagrupadas em forma da tabela que a seguir se apresenta:

Tabela 2: Categorias e subcategorias do conteúdo histórico presente nos livros didáticos

Categorias	Subcategorias	Definição
1. Forma de apresentação do material histórico	1.1	Caracterizada por sua ausência isto é, falta da presença de material de cunho histórico
	1.2	Caracterizada pela apresentação específica e isolada, isto é, os conteúdos históricos têm seu lugar próprio durante o desenvolvimento do texto, seja em seções introdutórias e textos complementares ao final de capítulos, ou até mesmo em “boxes” separados, inseridos próximos a discussões de assuntos correlatos ao longo do livro
	1.3	É aquela onde os seus conteúdos, suas abordagens históricas e suas discussões estão diluídos ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, conceitos, definições e equações de um livro ordinário de Física.
2. Ideias da natureza científica apresentadas.	2.1	Quando as etapas seguidas para se chegar as conclusões não são apresentadas.
	2.2	Quando o livro apresenta os procedimentos experimentais seguidos para chegar-se as conclusões
	2.3	Quando o livro apresenta o método científico e experimental seguido com uma construção humanística (<i>citando as contribuições de envolvidos no estudo do fenómeno</i>).
3. Qualidade da informação histórica apresentada	3.1	Relativa aos livros onde uma história demasiada simples é encontrada, caracterizada pela presença apenas de datas e notas bibliográficas curtas sobre poucos cientistas e alguns de seus estudos.
	3.2	Àquela abordagem histórica encontrada nos livros que é conhecida como “historiografia whig”, que interpreta o passado como uma evolução crescente, linear, que leva àquilo que se quer defender actualmente
	3.3	Relativa também à pseudo-história, ou seja, àquela história da ciência que contém elementos distorcidos e a presença de mitos científicos.
	3.4	Os conteúdos históricos completam a abordagem do conteúdo científico de maneira satisfatória com discussões interessantes e transmitindo valores históricos pertinentes ao ensino da Física.

CAPITULO III

ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA NUMA PERSPECTIVA DE EVOLUÇÃO E DESCOBERTAS

Nota introdutória

Neste capítulo, pretende-se apresentar a história da Electrostática, numa vertente cronológica das descobertas.

No concernente, Bassalo (1996), caracteriza a história da Física em quatro períodos. Eis, a idade antiga, a idade média, o renascimento e finalmente a idade moderna.

Pelo facto do renascimento não ser uma idade histórica, mas sim uma etapa da época moderna, nesta pesquisa atribuiu-se uma outra estrutura a história da Electrostática, que obedece a periodização da história geral, isto é, desde o surgimento do homem, até aos dias de hoje.

Esta periodização, comporta cinco etapas, nomeadamente a idade pré-histórica, a idade antiga, a idade média, a idade moderna e finalmente a idade contemporânea, referente aos dias de hoje.

Foi na idade pré-histórica, conhecida como a idade da pedra, que se descobriu o fogo, a escrita, a revolução agrícola, a domesticação de animais, a fundição do ferro e o fabrico de instrumentos, a descoberta de outros povos, e guerras entre os mesmos, para os perdedores servirem de escravos. Estes factos têm os seus registos no Egipto e na Mesopotâmia.

A idade antiga é caracterizada pelo homem a governar alguns locais e a criar o estado. A Filosofia grega atingiu neste período o seu cume, com os ideais de Sócrates, Platão, Aristóteles. No campo da ciência desenvolveram de forma teórica as ideias da Matemática e da Astronomia.

A idade média foi caracterizada pelo apogeu do império Romano, isto é, desde 476 à 1453. A religião, com grande destaque a igreja católica, teve importante papel na mediação de comportamentos sociais, decisões do estado e da ciência. O conhecimento científico até a esta época, tinha a sua explicação baseada na religião.

A idade moderna durou desde 1453 à 1789, isto é, desde a transição da época feudal até a revolução francesa. Foi nesta idade que se deu o estudo sistemático dos fenómenos científicos e as grandes invenções, como a imprensa, os descobrimentos marítimos, modo de produção capitalista e o renascimento.

A idade contemporânea a qual vivemos até aos dias de hoje, teve o seu início em 1789 e está sendo caracterizada pelos grandes avanços da técnica, os conflitos armados de grandes

proporções e na arena científica as grandes descobertas, sobretudo das partículas que explicam a origem do Universo.

Os Períodos históricos e os principais pesquisadores da Electricidade

Tabela 3: Os períodos históricos e os pesquisadores da Electricidade

Idade	Pensadores/Cientistas que se dedicaram ao estudo da Electrostática
Idade Pré-Histórica Desde o aparecimento do homem, até 4000 a.C	---
Idade Antiga (4.000 a.C - 476 d.C)	Thales de Mileto (624-548); Theofrastos (371-268), Aristóteles (384-322); (371-268); Marco Túlio Cícero (106-43); Plutarco (46-120); Plínio (23-79); Heron de Alexandria (10-70);
Idade Média (476 - 1453) Sec (V-XV)	São Tomás de Aquino (1265-1268); Pedro Peregrino de Maricourt (séc. 13); Leonardo Di Ser Piero da Vinci (1452- 1519).
Idade Moderna (1453 -1789) (XV-XVIII)	Girolano Cardamo Fracastoro (1501-1576); William Gilbert (1544-1603); Francis Bacon (1561-1626); Robert Symmer (1707 – 1763), Nicolas Cabeu; René Descartes (1596-1650); Otto Von Guericke (1602-1686); Isaac Newton (1642-1727); Jean-Félix Picard (1620-1682), Jean Bernoulli (1667-1748); Peter von Musschenbroek (1692-1761), William Wall (1647–1728); Francis K. Haus(w)ksbee (1666-1713); Stephen Gray (1666-1736); Jean Théopille Desagulies (1683-1744); Willem Jacob sGravessande (1688-1742); Charles Francos de Cisternay Du Fay (1698-1739); Johan Carl Wilke (1732-1796); Benjamim Franklin (1706-1790); Jean – Antonie Nollet (1700-1770); Peter Collinson (1694-1768); Tiberius Cavallo (1749-1809); Joseph Priestley (1767-1794); John Michel (1804-1886); Henry Cavendish (1731-1810), Charles Augustin Coulomb (1730-1806); Michael Faraday (1791-1867); Charles Friedrich Gauss (1777-1855), James Clerck Maxwell (1831-1879) Johann Christian Poggendorff (1796-1877), Siméon-Denis Poisson (1781-1840), Pierre-Simon Laplace (1749-1827).
Idade Contemporânea (XVIII- (1789 até os dias actuais)	Robert Andre Millikan (1868-1953), Robert J. Van Der Graaf (1901-1967), Julian Schwinger (1918-1994), Sin-Itiro Tomonaga (1906-1979), Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984), Richard Philips Banks Feynman (1918-1988)

De acordo com a teoria actual, na natureza, manifestam-se quatro tipos de forças, a destacar: a nuclear forte, a nuclear fraca a electromagnética e a interacção gravitacional. Enquanto as interacções fortes e fracas são de curto alcance sendo mais evidenciados nos fenómenos quânticos, as interacções electromagnéticas e gravitacionais são de longo alcance e susceptíveis a um tratamento clássico.

Estas interacções têm intensidades diferenciadas, enquadradas em campos de estudos e mediadores também diferenciados, como pode-se mostrar na tabela nº4 abaixo.

Tabela 4:Forças fundamentais na natureza

Forças fundamentais	Intensidade	Teoria	Mediador
Nuclear forte	10	Cromodinâmica quântica	Gluão
Electromagnética	10^{-2}	Electrodinâmica	Fotão
Nuclear fraca	10^{-13}	Flavordinâmica	W^{\pm} e Z^0 Bosões vectoriais intermediário
Gravitacional	10^{-42}	Geometrodinâmica	Gravitão

No estudo das interacções, destaca-se a electricidade que estuda os fenómenos da natureza, cuja explicação se baseia nas interacções electromagnéticas. Estas interacções ocorrem em corpos eletrizados ou em corpos possuidores de momento magnético, manifestando-se através da atracção e repulsão.

Portanto, os estudos sobre as interacções electromagnéticas, foram efectuados por William Gilbert, Michael Faraday, James Clerck Maxwell e Feynman.

Importa referir que, a carga eléctrica é a propriedade fundamental da electricidade, no nível de partículas subatómicas que determina as interacções electromagnéticas.

Visão sobre a Electrostática na idade antiga

No séc. IV, Thales de Mileto observou que o âmbar, uma resina fóssil ao ser atritado em lã, adquiria propriedades de atrair objectos leves e secos, tais como (sementes de grama, palha, folhas, etc). A explicação que Thales atribuía ao fenómeno é que o âmbar possuía alma que podia atrair coisas.



Ilustração 1:Fotografia de um pequeno pedaço de âmbar adquirido na Austrália pelo autor

A História da Electricidade, aponta que âmbar (ilustração 1), é uma resina fóssil, translúcida, muito dura, de cor que varia entre o amarelo-pálido e o castanho, originário de um pinheiro da

era terciária (*pinussuccinifer*). É também encontrado em solos aluviais ou praias da costa mediterrânea no mar Báltico. Embora não seja um mineral, às vezes é assim considerado e usado como gema.

Segundo Guedes (2003, p.4), para além de Thales de Mileto (624 – 548 a.C.), Theophrastos (371-268), outros autores gregos e romanos descreveram a atracção de pequenos corpos pelo âmbar aquecido. Plutarco (46-120) e Plínio (23-79) afirmavam que o âmbar deve ser friccionado. Refere ainda o autor, que para além do âmbar, outras pedras como “lincurium” que poderiam ser Turmalina, Topázio ou então Jacinto, apresentavam as mesmas propriedades.

Na época antiga, percebia-se também que as manifestações eléctricas, não só eram exclusivas ao âmbar, como também a outros corpos; como peixes, fogo-de-santelmo que se desconheciam as causas, mas registadas por autores romanos (Tito Lívio e Plínio) e as trovoadas, que eram descritas em livros sagrados das religiões hebraicas, persa e índica.

Guedes (2003) cita (Plínio in Nat, hist, liv.32 cap.I), referindo que um peixe que podia ser (*torpedo, ou raia eléctrica, gamnotos, henguias eléctricas ou ainda malepteruros*), se for tocado por uma varra ou por uma lança á distância, paralisa os músculos mais fortes.

Destacam estudos, que Héron de Alexandria e Cícero, atribuíam a acção do *torpedo*¹ a emissão de uma matéria leve através do corpo condutor, o que provocava a existência de porosidade e vazio nesse corpo.

Vários outros aspectos conhecidos na idade antiga, ditaram o estudo dos fenómenos eléctricos, que na época se percebiam como se fossem de origens comuns aos fenómenos magnéticos.

Visão sobre a Electrostática na idade média, séculos VI à XIV

Importa referir que mesmo com a descoberta de vários corpos que tinham o poder de atracção eléctrica na idade antiga, até a idade média, a manifestação dos fenómenos electrostáticos e magnéticos eram atribuídos a um Deus.

São Tomás de Aquino (1265-1268) completando a ideia de Averrois e de Alberto Magno, sobre a concepção da Física por Aristóteles, atribuíam a um Deus o poder de atracção do íman, âmbar e outros corpos.

Guedes (2003) refere ainda, que na idade média, o conhecimento sobre os fenómenos eléctricos pouco progrediu, enquanto sobre os fenómenos magnéticos o avanço foi da obra de Pedro

¹É uma espécie de peixes eléctricos da família de raias eléctricas, gimnotos ou enguias eléctricas e malepteruros

Peregrino de Maricourt (1269). Leonardo Da Vinci e Cardan apenas copiaram sem citar as experiências de Maricourt.

Valadares & Pereira (1991, p.254) afirma que no século XIII, Maricourt efectuou primeiros estudos científicos dos fenómenos magnéticos através da esfera grega indicada na ilustração 2, como modelo da terra.

Com a esfera, Maricourt descobriu quatro aspectos fundamentais, (1) as leis qualitativas das acções magnéticas: polos do mesmo tipo repelem-se, polos de tipos diferentes atraem-se (1) os polos do íman são inseparáveis (3) O ferro magnetiza-se por contacto (4) existe a magnetização temporária de algumas substâncias e a magnetização permanente de outras.

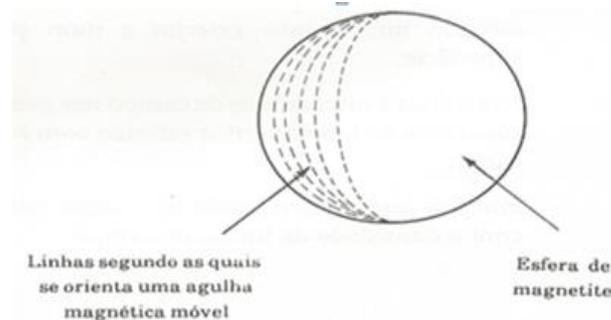


Ilustração 2: Esfera de Pierre Maricourt extraída de Valadares & Pereira (1991, p.254)

Visão

sobre a Electrostática na idade moderna sécXV-XVIII

Segundo Bassalo (1996, p.119) Girolamo Cardano Fracastoro, foi quem distinguiu os fenómenos eléctricos e magnéticos. Esta descoberta foi auxiliada pela invenção do *perpendículo*², o qual descreveu no seu livro intitulado “*the subtilitate*”.

Heilbron (1979, p.74) refere que:

Fracastoro, distinguiu cinco aspectos, que serviram de base para posteriores que são: (1) o âmbar atrai muitos tipos de corpos enquanto o magnetite apenas metais, (2) a atracção entre o magnetite e o ferro é mútua, enquanto o âmbar não, (3) ao contrário do magnetite, o âmbar actua através do objecto interposto, (4) os polos magnéticos é que exercem força de atracção enquanto o âmbar exerce força em todas parte, (5) as propriedades do âmbar melhoram pelo calor suave ou por fricção, enquanto o que o magnetite não.

²Fracastoro antecessor de Gilbert, não descreveu como chegou a invenção do perpendículo, mas pode se especular que o mesmo tentou estudar as propriedades eléctricas do âmbar e da atracção do íman. Por *perpendículo* Fracastoro referia-se de uma linha vertical presa na sua extremidade superior a um suporte fixo e tendo na sua extremidade inferior um corpo qualquer como se fosse um fio-de-prumo ou um pêndulo.

Por *perpendículo*, entende-se, como um aparato Físico, com a conformação semelhante a um pêndulo ou um fio-de-prumo, composto por uma linha vertical, capaz de mover-se livremente em torno de um ponto de fixação. Esta linha é presa a um suporte fixo pela sua extremidade superior e Âmbar ou Prata preso na sua extremidade inferior.

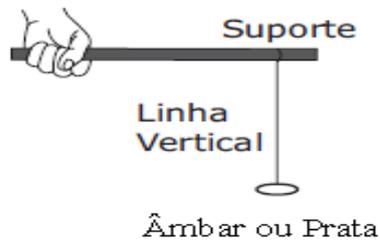


Ilustração 3: Perpendículo

Na medida em que um corpo electrizado é aproximado ao perpendículo, a linha e o corpo preso a ela se afastariam da vertical, aproximando-se do corpo.

A vantagem deste instrumento está na sua sensibilidade em verificar as forças de natureza eléctrica.

Assis, (2010, p. 35) refere que a tração da linha, contrabalança o peso do corpo preso a ela, facilitando a sua movimentação. Se o objecto a ser atraído estivesse sobre qualquer superfície, seria mais difícil verificar a sua movimentação, devida à aproximação de um objecto electrizado.

O segundo estudo sobre a distinção entre os fenómenos eléctricos e magnéticos, foi em 1600 por William Gilbert, o médico da Rainha Isabel I da Inglaterra que publicou o seu livro (*De Magnete, maior tratado clássico da Electricidade e Magnetismo na época*), dividido em duas partes. Na primeira parte do livro, descrevia sobre o Magnetismo e na segunda parte descrevia sobre a Electricidade. No tratado sobre o Magnetismo, Gilbert também discorda com a opinião de que os fenómenos eléctricos e magnéticos eram da mesma natureza.

Ao analisar a Electricidade, Gilbert faz um estudo sistemático das propriedades do âmbar, quanto a fricção, as condições atmosféricas para que o seu efeito seja nitidamente observado e apresenta um instrumento que permite compreender nitidamente a experiência da atracção linha lugar, *o versório*. Na mesma ordem das pesquisas, Gilbert utiliza a ideia do eflúvio, para criticar as anteriores explicações e procurar uma exclusiva explicação de fenómenos eléctricos.

Por *versório* entende-se um aparato Físico com a semelhança de uma bússola não magnetizada, composta por um membro vertical que age como um suporte fixo em relação à Terra, e um

membro horizontal capaz de girar livremente sobre o eixo vertical definido pelo suporte, quando este é aproximado a um objecto electrizado.



Ilustração 4: Imagem do versório de Gilbert, Fonte: de Assis (2010, p.38)

Assis (2010, p. 38) refere que a agulha do versório ou a parte móvel (membro horizontal), pode ser feito metal, madeira, papel e plástico duro.

Semelhantemente ao perpendicular, o versório é bastante sensível ao movimento, devido a acção de forças de natureza eléctrica, sendo um bom instrumento para a detecção de objectos leves, como pedacinhos de papel, de palha, lâminas metálicas, colocados sobre uma superfície qualquer.

No entanto, até a época das publicações de Gilbert, a maior preocupação dos estudiosos estava virada na compreensão do Universo e no papel desempenhado pelos fenómenos eléctricos e magnéticos. Eis a razão que a sua obra, influenciou muitos dos seus discípulos, como o caso de Kepler, Galileu, Francis Bacon, Nicolas Cabeu, Francis Pierre Gassendi.

Gilbert na sua pesquisa, chegou a conclusões de que (1) a humidade atmosférica influencia negativamente as acções eléctricas; (2) há muitos corpos que quando friccionados se comportam como o âmbar, (3) os metais não se electrizam por fricção, (4) os fenómenos eléctricos e magnéticos têm origens diferentes (4) o magnetismo é inerente a substâncias terrenas, devido a forma do nosso astro, sendo esta forma que é responsável pelo poder atractivo da terra; (5) a volta da Terra os raios da força Magnética, estão distribuídas em zonas concêntricas (6) a propriedade magnética de um corpo distribui-se a volta dele, no Espaço circundante; (7) um corpo pode ser magnetizado por influência do outro;

Magalhães (2000) refere que na época de Gilbert os corpos conhecidos capazes de se electrizarem, eram na sua maioria duros e transparentes. Assim, as substâncias que tinham sido formadas da matéria fluida e húmida a partir da Terra, depois da solidificação apresentavam o comportamento análogo ao âmbar, quando fossem friccionados.

Ferreira (2005) assim como Bassalo (1996) citando Gilbert sobre a fricção, referem que este explicava a electrização por fricção como uma excitação que libertava *humour* emanado no corpo eléctrico, deixando no *eflúvio eléctrico* uma atmosfera favorável para a atracção.

De acordo com os conhecimentos acreditados na época, a interacção entre dois corpos, só poderia existir caso houvesse um meio, que neste caso é o eflúvio. É importante referir que foi com base na ideia do eflúvio que iniciaram as primeiras ideias sobre as interacções a distância e que são representadas pelo campo eléctrico mais tarde estudado por Faraday.

Vasconcelos (2005) citando Gilbert, afirma que este investigou várias substâncias, tendo assim conseguido uma lista das eléctricas e não eléctricas.

Tabela 5: Corpos eléctricos e não eléctricos segundo Gilbert

Corpos não eléctricos	Corpos eléctricos
Esmeralda, Ágata, Cornelianas, Pérola, Jaspe, Alabastro, Coral, Mármore, Osso, Marfim, Madeiras Duras, (Ébano, Cedro, Junípero, Cipreste), Metais (Prata, Ouro, Cobre, E Ferro).	Âmbar, Azeviche, Diamante, Safira, Opala, Berilo, Cristal de rocha, Enxofre, Vidro claro e brilhante, Lacre, Resina dura, Mica, e Pedra

Segundo Gilbert, alguns materiais que chamava de *não eléctricos*, são hoje conhecidos como condutores eléctricos, quando submetidos a altas voltagens. O que sucedia é que o condutor ao ser friccionados, a carga eléctrica, não ficava nele, sendo que era descarregada através da mão por contacto. Os corpos denominados por Gilbert de eléctricos, são hoje são conhecidos como isoladores, pois que, estes não perdiam a carga eléctrica adquirida na fricção.

Assim, a ideia de Electricidade passou a ser válida para vários corpos da natureza e não apenas restrita ao âmbar.

Vários outros estudos foram efectuados na época de Gilbert, cuja síntese resultou na tabela abaixo:

Tabela 6: Síntese de algumas descobertas da idade moderna

Estudioso	Descobertas	Ano
Francis Bacon	Apresenta uma listagem de corpos eléctricos e experimentou a repulsão de duas bolas de medula de sabugueiro.	1620
Nicolas Cabeu	Comparou os fenómenos eléctricos e magnéticos e afirmou pela primeira vez, que alguns corpos depois de serem atraídos pelo âmbar são de seguida repelidos.	1629
René Descartes	Explicou a constituição do vidro e a sua atracção eléctrica e estende os seus resultados para os restantes materiais.	1644
Thomas Brewner	Reconheceu que a repulsão é também um fenómeno eléctrico. Foi o primeiro estudioso a usar as palavras atracção e repulsão	1646

Continuação da tabela

Estudioso	Descobertas	Ano
-----------	-------------	-----

Otto VonGuerricke	Recriou um sistema representativo da Terra através de um globo de enxofre onde mostra as suas seis virtudes que só se manifestavam quando este fosse friccionado (o primeiro gerador electrostático) (Figura 5). Eis as seis a virtude: a atractiva, a virtude repulsiva, a virtude impulsiva, a virtude sonora, a virtude iluminante e a virtude térmica. Descobriu também o fenómeno de electroluminescência	1663 1672
Isaac Newton	Observou que, quando um anel metálico era electrizado, pedaços de papel colocados nas proximidades eram atraídos. Melhorou a máquina Electrostática de Guericke, substituindo o globo de enxofre pelo globo de vidro, continuando assim a friccionar com as mãos.	1675
Jean Picard	No observatório de paris, viu uma luminescência na parte superior de um barómetro, luas eléctricas.	1675
Jean Bernoulli	Retomou as experiências de Picard e concluiu que para o fenómeno ocorrer deveria existir vácuo no barómetro e que o Mercúrio não devia conter impurezas	1700

Guedes (2003) refere que a intenção de Guericke com o globo de enxofre, era apenas de mostrar as seis virtudes da terra como se mostraram na tabela acima. O trabalho de Joseph Priestley com globo fez com que fosse identificado como uma máquina Electrostática de fricção.



Ilustração 5; Máquina Electrostática de Otto Von Guericke, Guedes (2003)

Guedes

(2003; p.8) refere que a relação entre a electricidade e o relâmpago, foi estabelecida por William Wall nos finais do século XVII. Nas suas experiências, Wall estabelece a relação entre os fenómenos eléctricos do relâmpago e o trovão; referindo que:

...Colocando um dedo a pequena distância do âmbar produzia-se um pequeno ruído, com um grande clarão de luz. O mais surpreendente é que na sua erupção atingia o dedo de uma forma muito sensível, qualquer que fosse o lugar em que fosse aplicado, acompanhado de um sopro como o vento. O ruído é tão alto como o do carvão a arder... Esta luz e este ruído parecem em certa medida representar o trovão e o relâmpago. -W. Wall, *Phil. Trans. XXVI, p.69* apud (Guedes; 2003; p.8)

Bassalo (1996, p.297) refere que foi em 1703, pelo inglês Francis K. Haus(w)ksbee (1666-1713), que se iniciou a sequenciação dos materiais de acordo com o seu estado de electrização

algodão, papel, aparas de madeiras, pergaminho e tripas de gado. Observou também, que todos estes materiais eram atraídos pelo dedo, e por algum outro material sólido que se aproximava deles. O fio de cabelo e o papel, tinham que ser aquecidos antes da fricção, para manifestarem as mesmas propriedades.

O procedimento de Gray, consistiu em manter um petiz de 8 a 9 anos suspenso por meio de linhas e aproximar o tudo de vidro friccionado nas pernas da criança, onde viu que este poderia atrair pequenos corpos no seu rosto.

Em 1732, ao em vez de suspender, colocou-a por cima de um montão de resinas friccionadas, onde observou que o mesmo efeito, poderia se transmitir entre dois jovens de mãos dadas.

Em 1729, Stephan Gray, distinguiu também condutores (corpos nos quais cargas fluíam) dos isoladores (corpos nos quais cargas ficavam retidas). Assim a borracha, a maioria dos plásticos são bons isolantes, enquanto, os metais, água contendo sais, ácidos e bases, corpo humano e a terra são bons condutores.

Dieléctricos

Na actualidade, dieléctrico é um material não condutor como o vidro, papel ou madeira. As cargas eléctricas de um dieléctrico, são elementos constituintes das suas moléculas, e podem deslocar-se apenas a curtas distâncias, dentro dos limites da molécula ou do átomo.

O dieléctrico, enfraquece o campo eléctrico exterior, pois que, na sua presença, as moléculas do dieléctrico são polarizadas, resultando numa carga superficial nas faces do dieléctrico, produzindo-se assim, um campo eléctrico adicional na direcção oposta à do campo exterior.

Na ilustração abaixo, da esquerda para a direita, tem-se o campo eléctrico criado no vazio, dipolos eléctricos polarizados e finalmente campo eléctrico na presença de um dieléctrico.

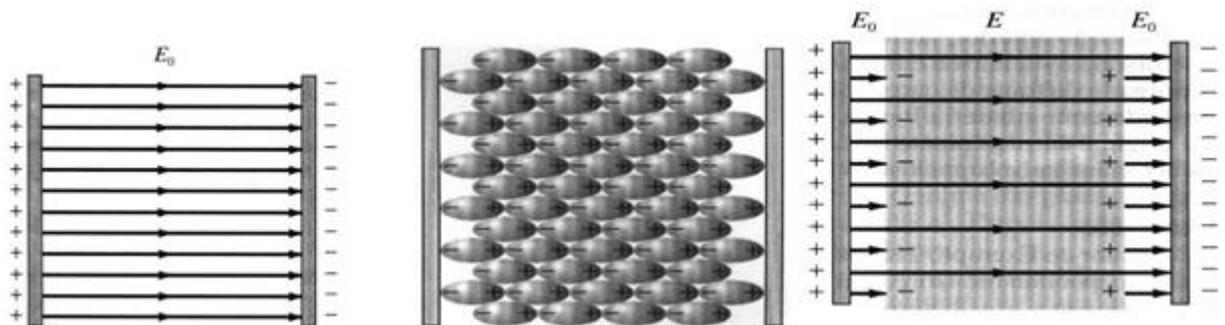


Ilustração 8: Campo eléctrico e dipolos eléctricos

A esquerda é o campo na ausência de um dipolo, no meio é um dieléctrico num campo eléctrico, e a direita é o campo eléctrico criado pelo dieléctrico, na presença do campo eléctrico exterior.

Por dipolo eléctrico, entende-se como sendo um sistema constituído por duas cargas de valores absolutos iguais mas de sinais contrários, situadas a uma distância l muito menos em comparação com o ponto de observação.

O momento eléctrico do dipolo é directamente proporcional ao campo eléctrico exterior, como mostra a:

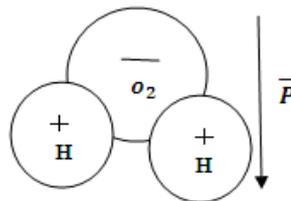
$$\vec{P} = \alpha \cdot \vec{l}$$

Equação 1: Momento eléctrico de um dipolo

$$\vec{P} = \alpha \vec{E}$$

Onde α será a polarizabilidade electrónica da molécula. Se $\vec{P}=0$ então a molécula diz-se apolar. Se $\vec{P} \neq 0$ molécula então, diz-se polar.

A molécula da água é polar, e tem um momento dipolar permanente que aponta no sentido das cargas positivas.



Após a Morte de Gray, estudos em torno de condutores e isoladores, foram efectuados por um rico e cientista amador Granville Wheler (1701-1770), onde em 1739, descobriu que dois pedaços de fio de mesmo materiais eletrizados e suspensos muito próximos um do outro, divergem em direcções opostas. Esta ideia foi valiosa para a construção de electroscópios de Nollet.

Willem Jacob sGravessande, imaginava que a electricidade, era algo que fazia parte do corpo eletrizado em forma de uma atmosfera. Quando se fricciona o vidro as suas pequenas partes, realizam um movimento vibratório, que é comunicado a atmosfera. De acordo com a intensidade da fricção, esta atmosfera poderia se fazer sentir a longas distâncias.

A atmosfera de sGravessande se chamou de vórtice eléctrico que dá uma sensação igual a encontrada quando se vai ao encontro de uma teia de aranha.

Em 1763, Robert Symmer, apresentou a teoria de dois fluidos, afirmando que um corpo neutro tem uma quantidade normal de fluido eléctrico. Quando este é esfregado, uma parte do seu fluido é transferido, ficando um com excesso de carga negativa e outro com defeito da mesma carga.

Processos de Electrização

Destacam-se cinco processos de electrização dos corpos:

- 1) A electrização por fricção, que consiste em friccionar dois corpos neutros para que haja troca de electrões entre ambos de modo que, no final, os dois corpos se eletrizem com cargas de sinais opostos.
- 2) A electrização por contacto, que consiste em estabelecer o contacto entre dois corpos, um eletrizado e outro no estado neutro, para que haja transferência de electrões de um corpo para o outro. Após a electrização, os dois corpos se eletrizam com cargas do mesmo sinal.
- 3) A electrização por influência, que consiste em aproximar dois corpos, um eletrizado e outro no estado neutro, para que ao se ligar o corpo neutro à terra, haja descida ou subida de electrões. No final os corpos se eletrizam com cargas de sinais contrários.
- 4) Processo piroeléctrico, que consiste em eletrizar os corpos por acção de aquecimento. Este processo, normalmente ocorre nos cristais, como o caso da Turmalina.
- 5) Processo piezoeléctrico, que consiste em eletrizar os corpos por altas pressões, através da compressão. Este processo é comum em cristais como a Turmalina, Calcita e o Quartzo.

Uma notável contribuição foi de Charles DuFay, o químico Francês, que em 1737, publicou nas memórias da Academia de Ciências de Paris, sobre a História da Electricidade e as suas várias experiências.

A dedicação inicial de DuFay foi de estudar o poder condutor dos materiais que haviam sido estudados por seus antecessores. DuFay concluiu que os corpos não condutores, ou maus condutores, eletrizam-se por fricção, e os corpos condutores não podem eletrizar-se nem conservar electricidade que lhe é transmitida.

DuFay, mostrou também, que uma corda molhada conduz electricidade até 1256 pés o equivalente a 415 m.

Ao mostrar os efeitos da corda, DuFay, discordava com a ideia de vórtice eléctrico de sGravessande pois que os efeitos eléctricos poderiam ser transmitidos a grandes distâncias até onde a atmosfera não chegou.

DuFay modificou também a experiência de Gray com a criança e propôs a ideia de que as faíscas podem ser criadas com outros seres, neste caso, um gato.

DuFay, conseguiu pôr a flutuar uma folha de ouro através de um tubo de vidro electrizado, e quando aproximou a mesma com *goma copal*, viu que esta foi atraída fortemente. Foi nesta vertente que descobriu-se a existência de duas espécies de cargas a vítrea (de vidro e cristais) e a resinosa (de corpos betuminosos, resinosos, goma laca, a cera da Espanha) e estabelece em bases firmes as leis qualitativas das acções eléctrica.

Charles DuFay, formulou a ideia de que a Electricidade é a propriedade geral de toda a matéria, que só poderá ou não manifestar de acordo com as circunstâncias.

Não obstante, Johan Carl Wilke (1732-1796) descobriu que o surgimento de uma das espécies de electricidade descobertas por DuFay, é sempre acompanhada pelo aparecimento da outra espécie.

Guedes (2003), refere que até a época de DuFay o estudo dos fenómenos eléctricos estava confinado aos investigadores. As conclusões das investigações, eram elaboradas em actas, nas Academias. Sucedia também, que a realização das experiências não era pública.

A disseminação dos resultados das investigações sobre os fenómenos eléctricos, foi iniciada por Jean Desaguliries em 1737, através de demonstrações públicas das experiências de Gray e de DuFay.

Desaguliries, foi o primeiro a realizar experiências sobre a electrização com fluidos, onde mostrou que um filete de água pode ser desviado quando for aproximado a um corpo electrizado.

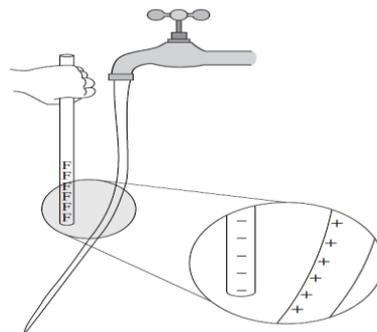


Ilustração 10: Atração de um filete de água por um corpo electrizado, extraído de Assis (2010, p.212) Até aos dias de hoje, muitas experiências históricas estão sendo repetidas para a comprovação dos resultados encontrados no passado. Exemplo típico, foi na década 40, onde a Alemanha, entrou numa campanha de comprovar os resultados das experiências históricas de Electricidade. Faz-se também menção aos trabalhos de (Guedes, 2003), (Assis, 2010), (Boss, 2011), e muitos outros que usaram materiais alternativos para demonstrar algumas experiências como é o caso do presente trabalho.

Em 1745 Peter Von Musschenbroek, registou a invenção chamada de garrafa de Leyden, que por meio da qual, poderia acumular consideráveis quantidades de electricidade e depois descarrega-la facilmente através de um grande choque.

A inserção de Benjamim Franklin nas investigações sobre a Electricidade, foi em 1743 quando assistiu em Boston uma sessão de Física experimental espectacular realizada por um demonstrador ambulante. Nos Finais de 1745, Peter Collinson enviou a Franklin, livros que o permitiam realizar algumas experiências sobre os fenómenos Eléctricos.

Em resposta a Collinson, Franklin elaborou seis cartas, onde a primeira a acusar a recepção, a segunda relevando o poder de pontas que ele descobrira, a terceira aplicando a teoria de cargas positivas e negativas para a garrafa de Lyden, a quarta descrevendo o motor electrostático por ele construindo, na quinta carta descreve as propriedades eléctricas da atmosfera e na sexta carta volta a discutir o acumulado da garrafa de Lyden.

Sobre a primeira carta Franklin, este afirma que*O maravilhoso efeito de corpos pontiagudos tanto para puxar como para empurrar o fogo eléctricos* –*B. Franklin Latter II* (Guedes, 2003, p.20)

OKA (2000) refere que por volta de 1750, Benjamim Franklin propôs a ideia de que, um único tipo de fluido, escorre de um corpo para o outro pela fricção; designando de positivamente carregado o corpo que acumulou o fluido e de negativamente carregado o corpo que perdeu fluido.

Guedes (2003) refere que Franklin colocou duas pessoas cobertas de graxa sobre uma base para evitar a perda de cargas. Depois de carregar uma delas com bastão de vidro e o outro com o pano de lã, verificou que um terceiro indivíduo aproximando-se a um destes causava o aparecimento de faíscas, mas entre as duas pessoas não se causava faísca. Nisto, Franklin concluiu que as cargas armazenadas no bastão de vidro e na seda eram da mesma amplitude mas de sinais opostos.

Com base na experiência descrita acima, Franklin propôs também a ideia de que a carga eléctrica nunca é criada nem destruída mas simplesmente transferida de um corpo para o outro. Actualmente este conteúdo aparece nos livros didácticos como sendo a propriedade de conservação da carga.

Propriedades da carga eléctrica

Prop.1: Existência da carga: Existem dois tipos de cargas, convencionadas como sendo positiva a do protão e negativa a do electrão. Estas cargas são as menores que existem na natureza e designam-se por cargas elementares.

Prop.2: Quantização da carga: A carga eléctrica de um sistema é em módulo, um múltiplo inteiro da carga elementar, por isso, diz-se que a carga eléctrica é quantizada.

$$Q = n \cdot e, \text{ onde } n = 0,1,2,3,4 \dots; e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$$

Prop.3: Invariância da carga: A carga eléctrica é um escalar puro, pois que o seu valor não varia, ao passar de um sistema de referência inercial para o outro.

Prop.4: Conservação da carga: Em todos os processos observados na natureza, a carga total de um sistema permanece inalterada, ou seja, a carga total não varia para qualquer processo que se realiza dentro de um sistema fechado.

No concernente ao estudo dos fenómenos electrostáticos, Valadares & Perreira (1991, p.256) referem, que Benjamim Franklin, como consequências de célebres experiências com o papagaio de papel e a ponta metálica, conseguiu provar a identidade entre a Electricidade atmosférica e a Electricidade dos restantes corpos, quanto as manifestações, o que culminou com a invenção do pára-raios.

Nas suas pesquisas, Franklin sempre defendeu a existência de um fluido eléctrico, que ao propagar-se transmite propriedades eléctrica (sendo este o seu modelo da corrente eléctrica).

A classificação dos três estados eléctricos possíveis, foi estabelecida também por Franklin, deste modo: diz-se neutro *o corpo que possui o fluido eléctrico em condições normais*; positivamente carregado, *quando o corpo recebe uma certa quantidade de fluido eléctrico*; negativamente carregado, *quando o corpo perde uma certa quantidade de fluido*. Nesta visão, ele distingue partículas da matéria eléctrica de partículas da matéria normal convencionando-os, com carga negativa (-) e carga positiva (+).

Actualmente, são conhecidos como electricamente neutros, aos corpos que na sua constituição subatómica, possuem uma igualdade entre o número de electrões e de protões. Electricamente carregados aos corpos que possuem uma desigualdade entre o número de electrões e de protões.

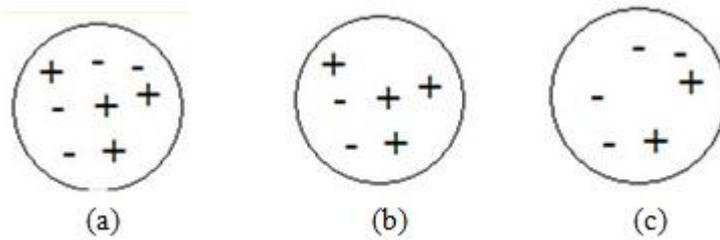


Ilustração 11: Corpos eletrizados e corpos neutros

Na ilustração, (a) refere-se a corpo neutro, (b) refere-se a corpo positivamente carregado e (c) refere-se a corpo negativamente carregado.

Ao tornar mais públicos os resultados de investigação sobre os fenómenos eléctricos, Tiberius Cavallo em 1775, iniciou a publicação de um conjunto de tratados, a teoria e a prática da Electricidade Médica, o último livro que publicara abordava sobre a História da Electricidade no século XVIII que foi da autoria de Joseph Priestley.

Como refere (Guedes, 2003), Priestley descobriu que o carvão da lenha é um excelente condutor de eléctrico e também estudou os efeitos químicos da Electricidade.

Um dos trabalhos de Priestley, ditou o início de uma nova pesquisa sobre a quantificação dos fenómenos electrostáticos, partindo das anteriores observações de Franklin, quando duas bolas de cortiça interagiam entre si, dentro de metal, o que o levou a concluir que:

Não se pode inferir desta experiência que a atracção da electricidade está submetida as mesmas leis da gravitação e está em acordo com os quadrados das distâncias porque facilmente se demonstra que se a Terra tivesse a forma de concha um corpo no lado interior dela não seria atraído para um lado mais do que para o outro? J. Priestley citado por (Guedes, 2003, p.25)

Na época, era conhecida a relação da variação das acções magnéticas, como o inverso do quadrado da distância aos respectivos polos magnéticos. Esta relação tinha sido apresentada por John Michel em 1750.

Em 1771, Henry Cavendish deduziu as consequências matemáticas de uma lei de interacção eléctrica, com variação inversa do quadrado da distância. Definiu também, a acção nula no interior de uma esfera oca, a distribuição da electricidade. A constatação de Cavendish sobre a lei, imaginou um sistema de dois hemisférios sustentados por uma estrutura, e munidos de um electroscópio.

Em 1785, Charles Augustin Coulomb (1730-1806) engenheiro militar Francês, por causa das suas influências profissionais, construiu uma balança de torção e explicou os aspectos

construtivos da sua utilização, tendo chegado a seguintes conclusões sobre a lei de atracção e repulsão do fluido eléctrico:

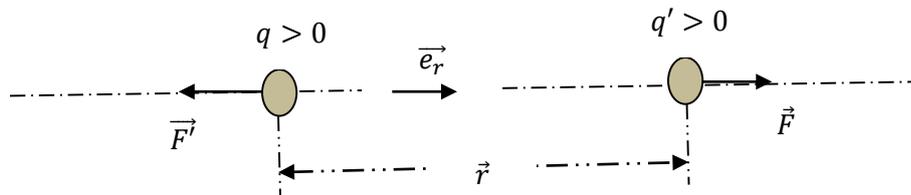
A força repulsiva de dois pequenos globos electrizados com mesma natureza está na razão inversa do quadrado da distância entre os dois globos. (Guedes, 2003, p.24)

A Lei de Coulomb permitiu fazer uso da carga eléctrica, como valor absoluto, algo que não ocorreu com os seus antecessores.

Lei de Coulomb e função delta de Dirac

Partindo do princípio de DuFay, sobre a lei qualitativa das interacções eléctricas, em 1785, Charles Augustin Coulomb, usando o pêndulo de torção formulou a lei quantitativa das interacções Electrostáticas. Isto é:

Sejam dadas duas cargas q e q' como mostra a figura:



A Função Delta de Dirac, permite tratar uma distribuição discreta, como um caso particular da distribuição contínua. Num ponto do espaço, onde existe apenas uma carga pontual q , considera-se que existe uma distribuição contínua com densidade ρ , tal que $\rho(r) = q \cdot \delta(r)$

Onde, $\delta(r)$ é a função delta de Dirac de tal forma que:

$$\begin{cases} \delta(r) = 0; \\ r \neq 0 \\ \iiint \delta(r) \cdot dv = 1 \end{cases}$$

A força exercida por uma carga q' sobre a carga q , será determinada do seguinte modo:

$$\vec{F} = \frac{q'}{4\pi\epsilon_0} \cdot \iiint \delta \frac{\vec{r}}{r^3} \cdot dv$$

Substituindo a expressão da densidade que relaciona a função de Dirac, tem-se que:

$$\vec{F} = \frac{q'}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3} \cdot \iiint q \cdot \delta(r) \cdot dv$$

Equação 2: Expressão Matemática da Lei de Coulomb deduzida a partir da função Delta de Dirac

$$\vec{F} = \frac{q' \cdot q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3} \cdot \iiint \delta(r) \cdot dv$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q \cdot q'}{r^3} \vec{r}$$

Expressão Matemática da lei de Coulomb

Enunciado da Lei de Coulomb:

A força de interacção entre duas cargas eléctricas e pontuais q e q' , fixas no vácuo é directamente proporcional ao produto dos seus valores numéricos, e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa, sendo dirigida ao longo da linha que as une.

Entre os anos 1821 á 1831, Michael Faraday, introduziu o conceito de campo eléctrico. Nesta perspectiva, ele simplifica a Matemática que descrevia os fenómenos eléctricos e magnéticos.

Na sua óptica, a presença de cargas eléctricas e de corpos magnetizados, causava uma distorção no espaço a qual chamou de campo. A acção deste campo corria sob forma de linhas que ele descreveu como sendo linhas de força.

Na ilustração 12, estão apresentadas as linhas de campo criadas por: uma carga pontual positiva, uma carga pontual negativa, duas cargas pontuais iguais e de sinais contrários e finalmente duas cargas pontuais e iguais do mesmo sinal.

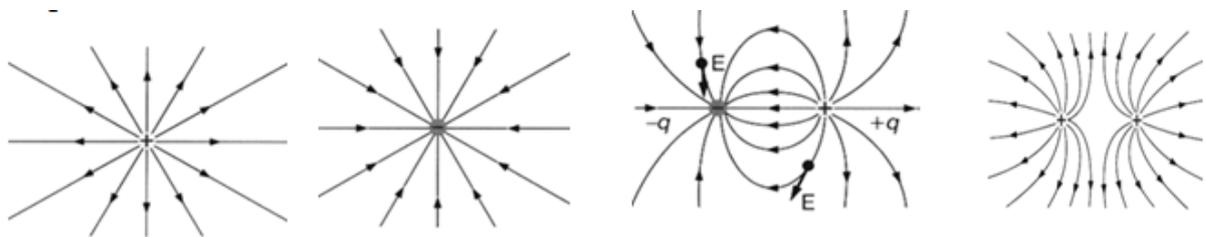


Ilustração 12: Linhas de campo criadas por cargas pontuais

Jdánov (1981; p.190) define linhas de força como sendo a curva formada pelos pontos da tangente do vector campo eléctrico. Estas linhas, obedecem as seguintes propriedades:

Prop.1: Nunca se intersectam;

Prop. 2: Tem fonte nas cargas positivas ou no infinito e destino nas cargas negativas ou no infinito. O que significa que são linhas abertas.

Prop 3: Não sofrem cortes entre as cargas, o que significam que são linhas contínuas.

A intensidade do campo eléctrico, é definida através da força que actua sobre uma carga de teste, que deve ser suficientemente pequena, de modo a não alterar a distribuição de outras cargas, que criam o campo eléctrico.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Para um elemento infinitesimal dq de carga, o campo eléctrico é determinado por:

$$d\vec{E} = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

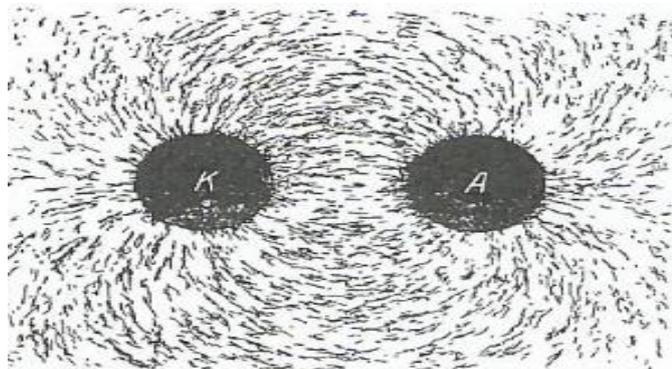


Ilustração 13: Disposição das linhas de campo eléctrico, Fonte: Pohl (1955, p.19)

Faraday, também explicou os fenómenos eléctricos e magnéticos microscopicamente, afirmando que a polarização dos objectos era devida a rotação de átomos dipolares. A ideia de átomo, ainda estava sendo levantada na época, e não se previa a existência do electrão.

Na mesma óptica das investigações, Faraday também argumentava que a luz era uma manifestação do electromagnetismo e pensou a hipótese de unificar a força eléctrica e magnética, à força gravitacional.

Os livros históricos de electricidade, apontam que Faraday foi o melhor experimentista de todos os tempos, tendo construído o motor eléctrico, o transformador, o dínamo através da descoberta do fenómeno de indução electromagnética e da electrólise.

Lei de Gauss

Bassalo (1996, p.310) refere que esta lei foi formulada em 1813 por Charles Friedrich Gauss, afirmando que o fluxo de um vector, através de uma superfície que envolve um determinado

volume, pode ser calculado através da integral do volume da divergência daquele vector. Isto é:

Equação 3: Teorema de Gauss

$$\oint_S \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_V \nabla \cdot \vec{F} \, dV$$

Considerando o vector campo electrostático, a lei de Gauss formula-se do seguinte modo: o fluxo do vector intensidade do campo eléctrico no vácuo, através de uma superfície fechada colocada no seio do campo, é proporcional a soma algébrica de todas as cargas eléctricas contidas nessa superfície.

Equação 4: Lei de Gauss para o campo eléctrico

$$\oiint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint \rho \, dv \quad \text{ou} \quad \text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

As cargas eléctricas podem deslocar-se livremente no interior de condutores eléctricos. Portanto, numa situação de equilíbrio electrostático, ou seja, sem cargas em movimento, o campo eléctrico tem que ser nulo no interior de um condutor. Assim, o funcionamento da Gaiola de Faraday baseia-se no princípio de condutores em equilíbrio electrostático.

A unificação das teorias de Gauss, Ampère e Faraday foi efectuada por James Clerck Maxwell, baseando-se numa teoria matemática. O seu trabalho é resumido em quatro equações que a seguir se apresentam:

Equação 5: Equações de Maxwell

Nome/Equação	Forma integral	Forma diferencial
Lei de Gauss (para Electrostática)	$\oiint_A \vec{E} \, d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$	$\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gauss (para magnetismo)	$\oiint_A \vec{B} \, d\vec{A} = 0$	$\text{div} \vec{B} = 0$
Lei de Faraday	$\oint \vec{E} \, d\vec{l} = \frac{d\phi_B}{dt}$	$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Lei de corrente total	$\oint \vec{B} \, d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$	$\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

Visão sobre a Electrostática na idade contemporânea (1789 até aos dias de hoje)

Destacam-se 7 estudiosos que caracterizam a Electrostática na idade contemporânea, nomeadamente: Robert Andre Millikan, Robert J. Van de Graaf, Richard Philips Banks Feynman (1918-1988), Julian Schwinger, Sin-Itiro Tomonaga e Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984).

Em 1923, Robert Andre Millikan, realizou sua célebre experiência de gota de óleo que lhe permitiu medir o valor da carga do electrão. Este valor é conhecido hoje como sendo igual a $1,6 \cdot 10^{-19} C$, que coincide com o valor da carga elementar. A ilustração 14, apresenta o esquema de montagem do experimento de Millikan.

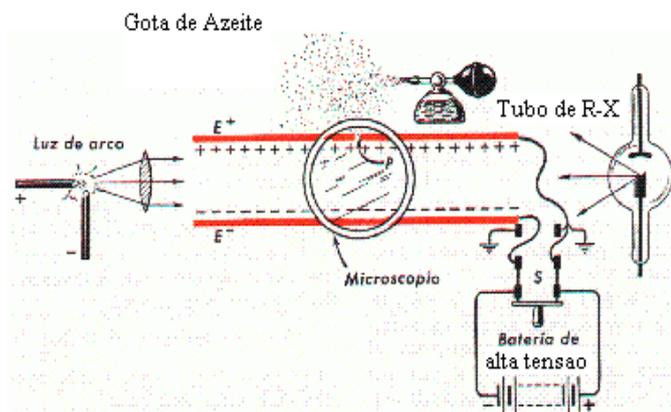


Ilustração 14: Experiência de Millikan; Fonte: <http://monroyelectro.blogspot.es/img/gotas.gif>,

Em 1931, Robert J. Van de Graaf, construiu um gerador que hoje em dia é utilizado para acelerar partículas, um fenómeno que desvenda a constituição do átomo. Este gerador, é capaz de originar grandes quantidades de carga, e possibilitar a visualização de vários fenómenos electrostáticos, tais como a electrização por contacto, por influência, o funcionamento do pêndulo eléctrico, do electroscópio de folhas, versório, oscilador electrostático, motor electrostático, aceleração de partículas e muito mais. A ilustração 15, apresenta um modelo de Gerador de Van Der Graaf.

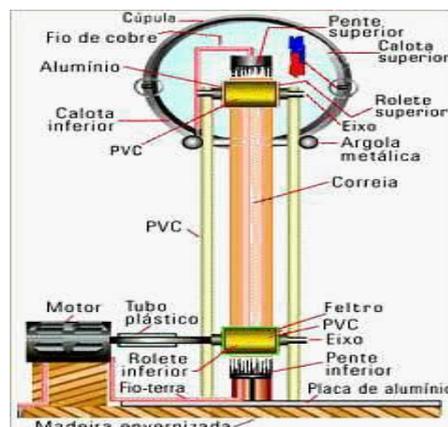


Ilustração 15: Gerador de Van Der Graaf <http://www.infoescola.com/wp-content/up.gerador-van-der-graaf.jpg>

Em 1933, Paul Dirac, ganhou o prémio Nobel da Física, tendo formulado a teoria ondulatória relativista para o electrão, introduzindo os conceitos de spin e momento magnético do electrão. Previu também, a existência do positrão.

Na perspectiva de Dirac, a sua equação deveria ser linear e derivável no tempo, bem como relativisticamente co-variante. Assim,

Equação 6: Equação de Dirac

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar c}{i} \left(\alpha_0 mc\psi + \alpha_1 \frac{\partial \psi}{\partial x^1} + \alpha_2 \frac{\partial \psi}{\partial x^2} + \alpha_3 \frac{\partial \psi}{\partial x^3} \right)$$

Onde, $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_3$ não são números reais ou complexos, mas sim matrizes hermetianas, quadradas com N^2 componentes. Semelhantemente, as funções ψ são na verdade matrizes coluna da forma.

$$\psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_N \end{bmatrix}$$

Dable (2008), refere que, as vantagens da equação de Dirac são as seguintes:

- a) Diferentemente da equação de Klein-Gordon, a equação de Dirac, é uma equação que dá bons resultados para partículas de spin $\frac{1}{2}$.
- b) Incorpora o *spin* de forma natural, o que não ocorre com a equação de Schrodinger, onde o *spin* é admitido posteriormente como uma hipótese "*ad hoc*". Não obstante, isso levou a resultados contestados de que o *spin* é um grau de liberdade relativístico.
- c) Previu a existência do positrão, já que a equação antevia valores negativos de energia, o que foi inicialmente interpretado, à luz da teoria dos buracos, como indicação de electrões com energias *negativas*.

A teoria dos buracos, afirmava que os positrões seriam vacâncias produzidas pela promoção desses electrões para estados com energias positivas. O vácuo é aqui visto como um "*mar de electrões*", onde eles estariam compactamente colocados.

Actualmente, a teoria dos buracos deu lugar à questão da criação e aniquilação de partículas, num contexto mais geral da quantização canónica dos campos.

Em 1965 Feynman, Schwinger e Tomonaga apresentaram um trabalho, que associa a Mecânica Quântica e a Electricidade, fazendo surgir uma nova área da Física que se chama Electrodinâmica Quântica.

Os resultados das pesquisas de Feynman, geraram profundas modificações na Física das partículas elementares que ditou o surgimento da teoria quântica de campos de interacções, prevendo-se a existência do quark. Finalmente, até hoje as forças fundamentais como a electromagnética, a nuclear forte e a nuclear fraca, são descritas por essa teoria.

De acordo com a teoria quântica de campos (TQC), um campo é uma entidade com infinitos graus de liberdade. O mínimo estado energético chama-se vácuo, corresponde à ausência de partículas.

As partículas, podem ser criadas ou destruídas através de dois operadores:

a_k^+ , o operador criação

a_k^- , o operador aniquilação

De acordo com a teoria quântica de campos, estes dois operadores, agem sobre a função de onda do campo, respectivamente, simbolizando a criação e a aniquilação de partículas dotadas de momento k , possibilidade exigida pela relatividade. Os operadores, agindo sobre os estados de um tipo específico de espaço de Hilbert, chamado de espaço de Fock, criam e destroem partículas.

No entanto, uma restrição será dada quando:

$$a_k^- |0\rangle = 0$$

Esta expressão significa que não pode haver aniquilação sobre o estado básico, já que nesse caso não há partículas a serem aniquiladas.

CAPITULO IV

METODOLOGIA

Nota introdutória

Nesta etapa, apresenta-se os procedimentos metodológicos que conduziram a pesquisa, desde a concepção do tema, a elaboração do projecto, os testes laboratoriais, o design dos materiais produzidos até a elaboração do relatório final.

O problema que norteou a realização da pesquisa, consiste na busca de estratégias, que visam o alcance de uma aprendizagem significativa da Electrostática.

À luz da história da Electrostática, procura-se inferir as potencialidades que têm as perspectivas de ensino de Física baseadas na história de experimentação.

No quadro abaixo apresenta-se o design da pesquisa que possibilitou a recolha de dados:

Design da pesquisa

Tabela 7: Design da pesquisa

Fases	Actividade	Métodos	Instrumentos	Amostra
Fase 1	Leitura e análise da história da Electrostática	Método histórico	Revisão bibliográfica	---
Fase 2	Concepção e construção das experiências no laboratório	Experimental	Design Trabalho Manual	---
Fase 3	Análise da história da Electrostática presente nos livros didáticos	Pesquisa documental	Quadro de Categorias e subcategorias de análise da história presente nos livros didáticos;	8 Livros
Fase 4	Análise da visão dos professores sobre a história da Electrostática.	Pesquisa exploratória	Roteiro de Entrevista	10 Professores
Fase 5	Testagem e validação dos materiais produzidos	Experimental	Teste diagnóstico, Ficha de trabalho, experimentação e Questionário	10 Estudantes
Fase 6	Aprimoramento dos materiais produzidos	Experimental	Trabalho manual	---

Método histórico

Na primeira fase o método histórico foi aplicado, na medida em que este visa buscar a génese de como o conhecimento científico evoluiu ao longo do tempo. Nesta óptica, acredita-se que a Electrostática que hoje é estudada, teve os seus pontos fortes e fracos ao longo do tempo, onde ocorreu uma sucessão de construções, desconstruções e o aprimoramento de ideias.

O recurso ao método histórico possibilitou, fazer uma retrospectiva das ideias iniciais da Electrostática até a época contemporânea. Esta história foi descrita na presente pesquisa, em cinco principais períodos históricos a destacar; a idade pré-histórica, a idade antiga, a idade média, a idade moderna e a idade contemporânea.

Foram duas principais motivações que ditaram a periodização da história da Electrostática. A primeira motivação, foi o facto desta história, aparecer em muitas fontes primárias e secundárias sem obedecer aos critérios de periodização universal, que estão preconizados nos livros de história.

Por exemplo, Bassalo (1996) apresenta a história da Electrostática, de tal forma que o renascimento se confunde com uma idade histórica. Guedes (2003) e Heibron (1979), apresentam-na sem fazer menção aos períodos históricos.

Uma outra motivação que norteou o uso do método histórico, foi que com base neste, pode se conceber uma ciência experimental fortemente ancorada na ciência do passado, através da reconstrução de experiências da Electrostática, que encontram o seu enquadramento nos currículos de ensino. E partindo destas experiências estudar-se alguns conceitos e fenómenos.

A técnica recorrida neste método foi fundamentalmente a revisão bibliográfica, em que partindo das pesquisas já publicadas, os conteúdos dos livros publicados pela Web e Bibliotecas, em fontes primárias e secundárias, foi possível compor a referência bibliográfica que se apresenta no final da dissertação.

Método experimental

Na segunda fase da pesquisa, o método experimental foi aplicado, recorrendo-se a duas principais técnicas o design e o trabalho manual.

Design

Após a concepção das actividades, fez-se o design de nove actividades experimentais, com recurso a programas computacionais como o coreldraw, arccard e autocard, onde foram projectados objectos tridimensionais de modo a possibilitar a sua recriação em trabalho manual. Durante o design alguns objectos são apresentados com alguns sinais (o positivo e o negativo), apenas para modelizar que estão eletrizados de modo a facilitar a compreensão do tipo de interacção que estará ocorrendo.

Trabalho manual

O trabalho manual, consistiu na construção das experiências na oficina do laboratório da Universidade pedagógica, pelo proponente da pesquisa. Para dar a devida qualidade os materiais, alguns elementos, como caixas de madeira, objectos de Ferro a Gaiola, eram construídos em carpintarias e latoarias respectivamente, cabendo ao pesquisador a tarefa de atribuir os materiais a sua funcionalidade.

O trabalho com o vidro plástico para as bases de muitos experimentos, bem como para a construção do motor electrostático, foi efectuado no laboratório pelo proponente da pesquisa. Durante a construção das actividades, não foram envolvidos os estudantes, dado o nível de perigo que algumas experiências poderiam trazer durante os testes e carecerem o seu aprimoramento.

À luz do trabalho manual, foram construídos os seguintes dispositivos: o perpendicular de Fracastoro, o carrinho electrostático, a gaiola de Faraday, o oscilador electrostático (pêndulo electrostático mágico), o motor electrostático de Poggendorff, o objecto sobre a interacção de líquidos de Desaguliers; varetas de ferro, de cobre, de alumínio, madeira, plástico, mangueira, pvc, e cinco versórios, entre elas, um de canudo e os restantes de cobre, mas com diferentes configurações geométricas. Estes dispositivos estão descritos no capítulo V, desta dissertação.

Teste e validação dos materiais construídos

Após a construção dos objectos tridimensionais (os experimentos), foram elaboradas fichas de trabalho do aluno que acompanhavam cada actividade, de modo a testar-se a sua validade. (vide o apêndice VI).

Este teste e validação, foi efectuado numa turma não real, isto é, com um grupo de 10 alunos dos quais 5 rapazes e 5 raparigas cujas idades variavam de 17 a 19 anos e que frequentavam a 11ª Classe na Escola Secundária da Ponta Gêa.

O critério de selecção desta amostra de 10 alunos, foi não probabilística intencional, pois que o proponente da pesquisa deslocou-se a referida escola que dista a cerca de 300 metros da Universidade e reuniu com todos os alunos da 11ª Classe que estudam Física num universo de cerca de 98 estudantes, para apresentar o seu projecto. Ao terminar solicitou voluntários dos que apareceram¹⁰, aqueles que afirmaram que gostavam de estudar Física, no caso particular a Electrostática.

Para contactar os estudantes, houve uma prévia autorização da direcção da Escola feita através de uma carta, onde cada professor de Física disponibilizou 20 minutos do seu tempo lectivo.

O número de 10 estudantes permitiu com que se formasse um grupo mais reduzido, onde os alunos poderiam interagir de forma mais significativa possível e valorizar-se as opiniões de cada participante durante a experimentação.

Por se tratar de experiências, que algumas delas demandavam o uso de fontes de tensões elevadas, o pesquisador conversou com a direcção da Escola, os seus professores de Física, bem como os encarregados de Educação do grupo dos voluntários e tendo sido aceite, na condição de prepará-los para uma feira de ciências que teria lugar durante o mês de Julho de 2014.

O teste decorreu fora do laboratório, numa sala da Universidade Pedagógica, de modo a diminuir o esforço no transporte do material.

Antes do início da experimentação, o proponente da pesquisa elaborou um pretexto com 10 questões teóricas, para medir o nível de conhecimento dos fenómenos, conceitos e materiais sobre a Electrostática que constituíam objecto da pesquisa, por parte dos estudantes.

As perguntas eram respondidas pelos estudantes durante 30 minutos de forma individual e com a vigilância do proponente da pesquisa. Videm o apêndice V.

Durante o teste dos materiais com o grupo dos voluntários, duas experiências foram de carácter demonstrativo pois que, o seu funcionamento acarretava o uso de fontes com tensões elevadas refere-se ao oscilador electrostático e o motor electrostático.

Durante a testagem, o grupo junto com o pesquisador, estava sentado numa mesa circular e o experimento a ser testado no centro, onde cada aluno tinha em mão uma ficha de trabalho que era lida para seguir-se os procedimentos do seu uso.

Um dos voluntários lia a ficha de trabalho enquanto os restantes acompanhavam, e ao terminar-se o outro seguiam as instruções. Para além dos procedimentos haviam questões para o debate, onde os conceitos eram tratados.

Estas questões, possibilitavam um debate e forte interacção no grupo, pois que cada voluntário procurava melhorar a ideia do colega. O pesquisador colocava-se na posição de mediador, e atribuir algumas denominações científicas as suas opiniões, sem contudo ser o provedor das respostas na maioria dos casos.

Foram 10 sessões de 45 minutos, que é o tempo de uma aula na escola secundária. Em algumas vezes o debate excedia por 5 a 10 minutos do tempo regulamentar. Ao terminar-se as experiências, o grupo foi submetido ao preenchimento de uma ficha de avaliação que mensurava as suas atitudes durante as actividades.

Pesquisa Documental

Uma outra componente da pesquisa, foi a análise da história da Electrostática presente nos livros didáticos de Física. Pôr-se tratar de conteúdos que constam nos programas de ensino de Física da 10^a e 11^a classe, fez-se uma análise a luz do referencial teórico proposto em Pagliarini (2007, p.60) que apresenta 3 categorias e 10 subcategorias. Esta análise, possibilitou compreender que experimentos históricos podem ser integrados a luz de que história presente em cada um dos livros.

Foram analisados 8 livros didáticos, actualmente em uso no ensino secundário geral tomando como base a forma de apresentação do material histórico, as ideias da natureza científica apresentadas e a qualidade da informação histórica apresentada. Todas estas categorias foram identificadas à luz das suas respectivas subcategorias.

O critério de selecção dos 8 livros, foi efectuada em função do conteúdo inerente, da classe em que cada livro está veiculado e da experiência do pesquisador no ensino destes níveis. A entrevista que foi submetida aos 10 professores de Física que leccionam as classes em análise, reforçou a selecção dos referidos livros. Pois que, uma das questões da entrevista estava relacionada com os livros didáticos que mais usam durante o ensino e aprendizagem da Electrostática.

Entrevista semiestruturada

Para dar o devido enquadramento a pesquisa, de modo a compreender a história e as experiências históricas da Electrostática que são abordados no ensino secundário geral, elaborou-se um roteiro de entrevista para compreender a opinião de 10 professores de Física que leccionam a 10^a e 11^a classe, onde este conteúdo está programado. A entrevista tinha duas componentes, em que a primeira era mais metodológica e a segunda estava na dimensão da compreensão da história da Electrostática por estes professores.

O critério de selecção dos 10 professores foi, não probabilístico intencional, com vista a envolver todos os professores do ensino secundário geral que leccionavam a Electrostática na cidade da Beira, onde a pesquisa teve lugar no momento em que os dados eram colectados.

CAPITULO V

DESCRIÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS RECONSTRUIDAS

Nota Introdutória

Neste capítulo, apresenta-se a descrição e a explicação de nove experimentos históricos reconstruídos.

Todas as experiências descritas nesta dissertação, tratam sobre a Electrostática. Dada a sua natureza, são bastante sensíveis à humidade, a qual não inviabiliza a sua realização, mas sim, dificulta ou diminui os seus efeitos, a depender de quão húmido está o ar.

Na algumas vezes, os efeitos e os fenómenos não são atingidos e nem visualizados com clareza na primeira tentativa, pelo que recomenda-se uma atenção especial no ambiente, o local da experimentação e tipo de material para poder proceder a repetição.

Nas descrições que são feitas sobre os experimentos, em alguns casos mencionam-se as distâncias padronizadas para ilustrar o fenómeno. No entanto, estas distâncias são ilustrativas, pois que, dependem de vários factores como por exemplo, o quão electrizado está o material, o peso do objecto atraído e a humidade relativa do ar. Sendo assim, a atenção especial não deve se prender às distâncias mencionadas, mas sim aos fenómenos descritos.

Acredita-se, que as experiências históricas, são uma ferramenta fundamental para o ensino de Física. Alguns estudos já foram efectuados sobre esta temática, Boss (2011) e Assis (2010), enfatizam o uso de experiências históricas no ensino.

Chang (2011, p.317) citado por (Boss, 2011) define experiências históricas como sendo as experiências que surgem a partir do estudo da ciência do passado e não na acção pedagógica da ciência actual.

Na mesma visão:

Reconstruir um aparelho, significa construir um dispositivo que corresponda o mais próximo possível a todas as informações dadas pelas fontes. Fontes não são apenas as publicações originais, mas também poderiam ser cadernos de laboratório, manuscritos, cartas e instrumentos que têm sobrevivido, por exemplo, em museus ou em colecções universitárias. (Chang, 2011, p.317)

Ao reflectir sobre os objectivos de reconstrução de experiências históricas, Chang (2011) refere que:

O principal objectivo é reproduzir os fenómenos físicos que foram criados e observados nas experiências do passado. [...] Na replicação Física usam-se instrumentos convenientes e procedimentos que ajudarão a criar o fenómeno de interesse, e a fidelidade aos detalhes da experiência original é de interesse secundário. O desafio filosófico na replicação Física não é a verificação da exactidão de repetição, mas a caracterização do fenómeno a ser replicado. (Chang, 2011,p.320)

Neste contexto as experiências de Electrostática, poderão ser reproduzidas e apresentadas com algumas adaptações com recurso a outros materiais existentes.

Descrição das experiências

Experimento 1: Comportamento eléctrico de varetas friccionadas (condutores e isoladores)

Stephen Gray em 1729 distinguiu condutores e isoladores. Numa das suas experiências, ele observou que uma rolha de cortiça que fechava a extremidade de um tubo de vidro, electrizava-se, quando este último era friccionado. O mesmo efeito, foi observado, quando a rolha era ligada através de um fio isolador de “cânhamo”.

Num certo dia que o fio de cânhamo quebrou, utilizou o fio de seda, onde observou que a cortiça não mais se electrizava. Isto levou-lhe a concluir, que as propriedades destes materiais eram diferentes. Tratando-se de condutores e isoladores de electricidade.

Segundo (Bassalo, 1996) o termo condutor e isolador foi usado pela primeira vez por John Theophilus Desaguliers (1683-1744), partindo do termo latino *insuladores*, que deriva de “*inslua*” o que significa ilha, referindo-se aos corpos que conduzissem o fluido eléctrico, e para os que isolavam esse mesmo fluido na região em que eram atritados, respectivamente.

Nesta actividade, procura-se testar alguns materiais usados na época contemporânea para a verificação dos fenómenos electrostáticos.

O objectivo desta actividade é de distinguir condutores e isoladores através da electrização. Para tal foram colocadas duas questões orientadoras: (1) Como se comportam diferentes materiais após a fricção? (2) Que materiais electrizam-se melhor por fricção?

Ao iniciar a sessão do experimento, foram seleccionadas nove varetas, feitas de vários materiais, tais como, (pvc, vidro, alumínio, cobre, ferro, canudo plástico, tubo de mangueira, tubo plástico usado em cabides de acrílico e madeira seca) com dimensões de 30 cm e um

pedaço de âmbar. Todos estes materiais eram friccionados com um pano de seda (Ilustração 4.16).

Dois fenómenos foram observados. O primeiro consistiu na distinção entre condutores e isoladores, e o segundo consistiu na escolha da vareta com melhores propriedades eléctricas, para as restantes actividades.



Ilustração 4.16: Material usado para o teste de condutores e isoladores

Da esquerda para a direita tem-se ferro, alumínio, cobre, madeira seca, tubo de mangueira, pvc, cabide de acrílico, canudo de plástico, tubo de vidro pano de seda e pedaço de âmbar.

O teste consistiu em friccionar todas as varetas um número de vezes que variou de 2 a 34 vezes, de modo a constituir 10 testagens. Foi usado um pano de seda para a fricção, e logo de seguida aproximar-se a uma tira de alumínio, cujas dimensões são de (15x15) cm e massa de 0,02g (medidos através de uma balança electrónica de alta sensibilidade), suspensa através de um fio de lã, como mostra a ilustração 4.17.

A tira de alumínio suspensa, foi posicionada junto de uma régua com 50 cm, que tinha a sua origem na posição $x_0 = 33 \text{ cm}$. Quando uma das varetas era friccionada um número considerado de vezes, media-se a distância a partir da qual a interacção entre a vareta e a tira de alumínio ocorria.

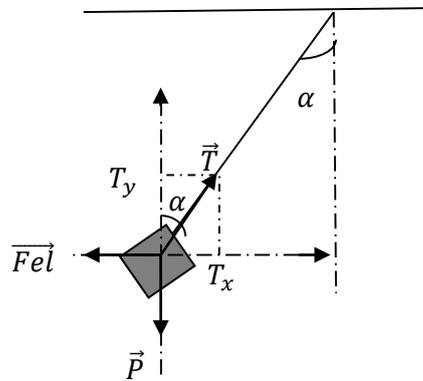
A distância era determinada pelo deslocamento entre a origem 33cm e a posição da tira de alumínio atraída. Por exemplo, se a interacção ocorria com a tira na posição $x = 43 \text{ cm}$, a distância correspondia a 10 cm, isto é: $d = x - x_0$.



Ilustração 4. 17: Montagem do experimento de teste de condutores e isoladores

Tendo

em conta que foi usado um fio pendular de lã com o comprimento de 30 cm, a força de interação entre a vareta e a tira de alumínio era determinada do seguinte modo:



$$F = P \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

A tabela 4.8 ilustra a relação entre o número de vezes em que se friccionavam as varetas, o ângulo e a força de interação eléctrica determinada. Utilizou-se a sigla s.i para designar *sem interação*, as observações em que não ocorria atracção entre a vareta friccionada e a tira de alumínio.

Tabela 4.8: Relação entre o número de fricções, o ângulo e a força eléctrica

N°	Vidro		Tubo PVC		Mangueira		Madeira Seca		Alumínio		Cobre		Canudo Plástico		Cabide Acrílico	
	Δx	F	Δx	F	Δx	F	Δx	F	Δx	F	Δx	F	Δx	F	Δx	F
0	s.i	0	s.i	0	s.i	0	s.i	0	s.i	0	s.i	0	s.i	0	s.i	0
2	6	0,7mN	14	1,6mN	2	0,2mN	s.i	0	s.i	0	s.i	0	8	0,9mN	5	0,6mN
6	9	1mN	19	2,2mN	4	0,4mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	11	1,3mN	10	1,1mN
10	13	1,5mN	22	2,5mN	6	0,7mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	14	1,6mN	11	1,3mN
14	18	2mN	26	3mN	7	0,8mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	17	2,0mN	14	1,6mN
18	20	2,3mN	28	3,3mN	9	1mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	18	2mN	17	2,0mN
22	22	2,5mN	26	3mN	12	1,4mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	20	2,3mN	21	2,4mN
26	23	2,7mN	21	2,4mN	10	1,1mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	21	2,4mN	24	2,8mN
30	25	2,9mN	18	2mN	8	0,9mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	13	1,5mN	27	3,1mN
34	25	2,9mN	17	2,0mN	7	0,8mN	1	0,1mN	s.i	0	s.i	0	10	1,1mN	22	2,5mN

Desta experiência, foi possível compreender, que o Cobre, Ferro, e Alumínio após a fricção não interagiram com a tira de alumínio. A madeira seca após a fricção interagiu fracamente com a tira. Foram seleccionados o vidro plástico, PVC, a mangueira, o cabide de acrílico e o canudo plástico, como sendo os materiais que interagem melhor com a tira de alumínio, após a fricção.

Observou-se também, que após um número considerável de fricções, a interacção Electrostática começa a manifestar-se fracamente. Para o caso do vidro plástico, este fenómeno começou a manifestar-se após 34 fricções, o PVC após 22 fricções, o canudo e o plástico usado para cabide, após 30 fricções.

De entre todas as 4 varetas seleccionadas, o vidro plástico apresentou melhor comportamento, em termos de manter a carga após a fricção. O PVC, alcançou alto valor da força de interacção com 18 fricções e sofreu uma queda muito maior da força de interacção a medida que o número de fricções aumentava.

Da experiência efectuada, concluiu-se que materiais isoladores, são aqueles que ao electrizarem-se por fricção mantem a carga por um longo período e interagem com corpos neutros leves. Enquanto materiais condutores são aqueles que ao electrizarem, descarregam-se instantaneamente e não interagem com corpos neutros leves.

Concluiu-se também que apesar dos corpos aumentarem o seu poder de interacção eléctrica com o aumento do número de fricções, há sempre um valor limite que é determinado pela constituição molecular de cada substância. Estes resultados foram alcançados na idade moderna por Stephan Gray em 1729 e por Charles DuFay 1737.

Pesquisa semelhante foi efectuada por Assis (2010), tendo concluído que condutores são corpos que descarregam um electroscópio carregado simplesmente quando entram em contacto com ele. Isoladores, corpos não condutores ou simplesmente dieléctricos, são corpos que não descarregam um electroscópio electrizado quando entram em contacto com ele.

Durante o teste dos materiais, (Assis, 2010) e (Boss, 2011) chegaram a conclusões particulares de que os bons condutores ao entrarem em contacto com um electroscópio electrizado, o descarregam em um intervalo de tempo menor do que 5 segundos. Os maus condutores ou maus isolantes como sendo as substâncias que o descarregam durante um intervalo de tempo que vai de uns 5 segundos até uns 30 segundos. Estes corpos também são chamados de condutores imperfeitos ou isolantes imperfeitos. Já os bons isolantes são as substâncias que

necessitam de um intervalo de tempo maior do que 30 segundos para descarregar um electroscópio eletrizado.

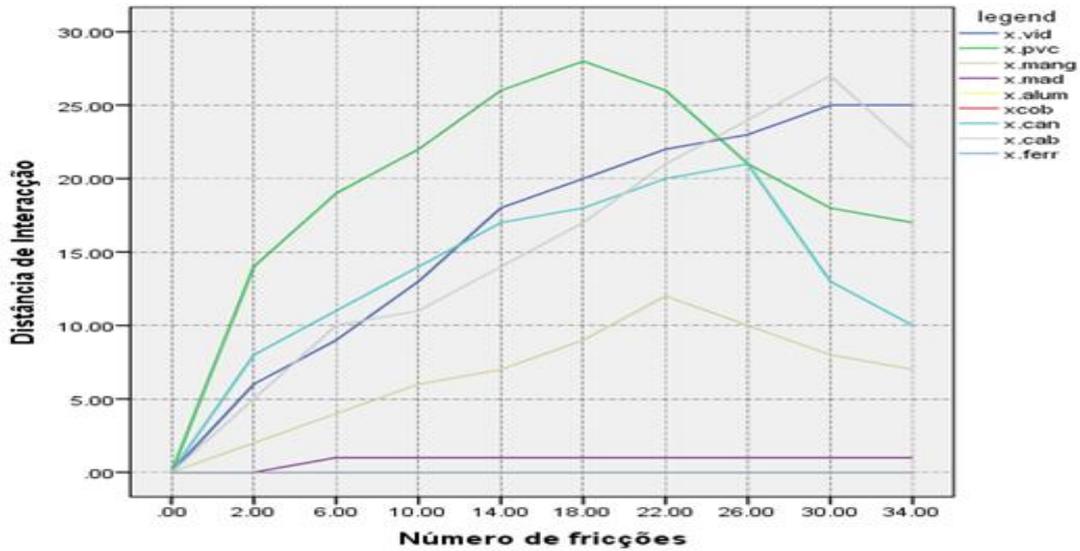


Gráfico 4. 1 Relação entre a distância mínima de interação e o número de fricções

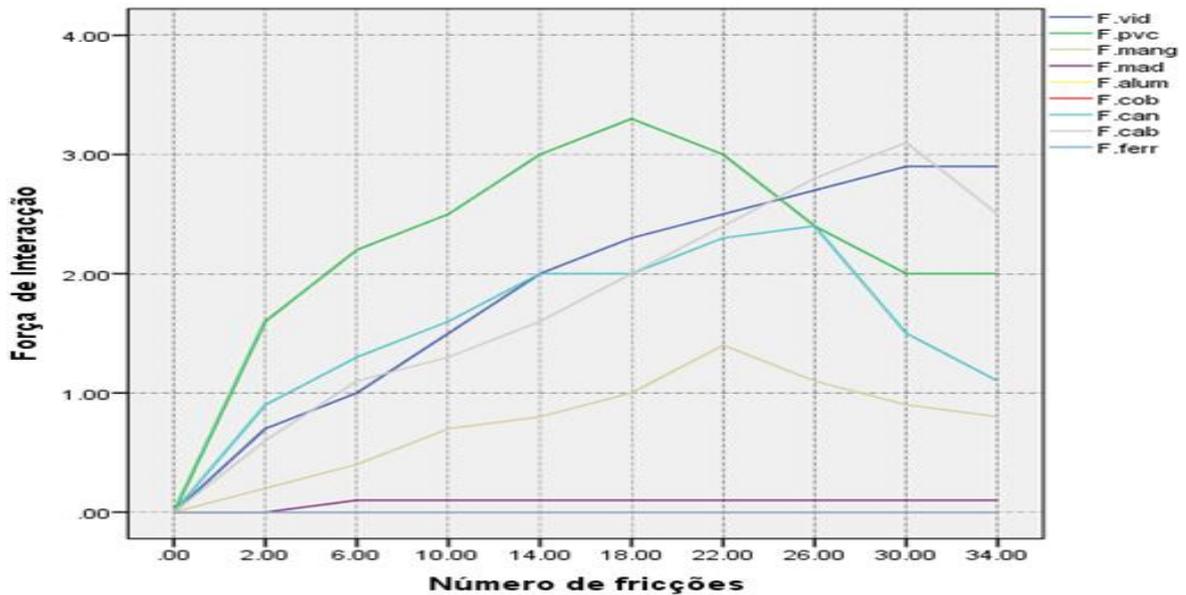


Gráfico 4.2: Relação entre a força de interação e o número de fricções

Experimento 2: Teste dos materiais que podem ser atraídos por um corpo eletrizado

No sec. IV, Thales de Mileto observou que o âmbar, uma resina fóssil ao ser atritado em lã, adquiria propriedades de atrair objectos leves e secos, tais como as sementes de grama, palha, folhas, etc. A explicação que Thales atribuía ao fenómeno, é que o âmbar possuía alma que podia atrair coisas.

Desde a época de Tales até então, muitos estudos estão sendo efectuados para encontrar outros materiais com as mesmas propriedades com as do âmbar friccionado. Destacam-se os trabalhos de Girolamo Cardano, William Gilbert, Francis K. Haus(w)ksbee, Stephen Gray, Charles Francois de Cisternay DuFay e Jean Théopille Desagulies, descritos no capítulo III deste trabalho. Nesta actividade, procura-se testar alguns materiais usados na época contemporânea para a verificação dos fenómenos electrostáticos.

O objectivo desta tarefa é de testar os materiais neutros e leves que podem ser atraídos por um corpo electrizado. Não obstante, foi colocada a seguinte questão orientadora: (1) Será que todos os materiais neutros e leves podem ser atraídos por um corpo electrizado?

Material usado



✓ Vareta de vidro

✓ Pedacos de papéis

✓ Algodão

✓ Um pedaço de âmbar

✓ Capim seco

✓ Base plástica

✓ Pedacos de tecidos de lã e de seda

✓ um pano de seda

✓ Pedacinhos de esferovite

✓ Pedacinhos de rolha

Os materiais como a rolha de cortiça, pó de âmbar, penas de aves, esferovite, capim seco, algodão, papel de alumínio e pedaços de papel, foram colocados sobre a mesa. Como já se referiu, o vidro apresentou melhor comportamento após a fricção nesta pesquisa, assim, foi usado neste experimento para o teste dos materiais.

A vareta de vidro foi friccionada com o pano de seda por uns 15 segundos, e logo de seguida foi aproximada a cada um dos materiais.

Observou-se que todos os materiais eram atraídos pela vareta de vidro. O efeito de atracção melhorava quanto mais leves fossem os materiais. Assim, o pó de âmbar, as folhas de alumínio por serem mais leves, grudava sobre a vareta de vidro. Os outros materiais moviam na direcção da vareta electrizada, o que leva a crer que todos os materiais leves usados neste experimento foram atraídos.

Por um corpo electrizado, entende-se aquele que possui uma desigualdade entre o número de electrões e de protões. Quando se aproxima um corpo neutro leve a um corpo electrizado, as cargas eléctricas de sinais contrários do corpo neutro se aproximam-se ao corpo electrizado dentro do seu respectivo corpo. Esta situação, faz com que as cargas no interior do corpo neutro estejam orientadas devido a acção do campo eléctrico do corpo electrizado. Esta orientação dos dipolos eléctricos que se chama polarização, faz com que a força de atracção seja mais intensa do que a repulsiva, de vido a distância.

A carga eléctrica é uma propriedade intrínseca da matéria, por isso que qualquer corpo neutro é atraído por um corpo electrizado.

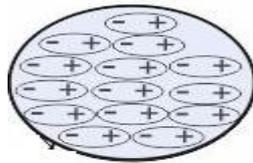


Ilustração 4.18: Dipolos eléctricos polarizados

Experimento 3: O electrostático

carrinho

Foi William Gilbert um dos investigadores várias substâncias com o comportamento eléctrico. Fazem parte de *corpos não eléctricos* (Esmeralda, ágata, corneliana, pérola, jaspe, alabastro, coral, mármore, osso, marfim, madeiras duras, (ébanos, cedro, junípero, cipreste), metais (prata, ouro, cobre, e ferro). *Corpos eléctricos* âmbar, azeviche, diamante, safira, opala, berilo, cristal de rocha, enxofre, vidro claro e brilhante, lacre, resina dura, mica, e pedra)

Uma actividade experimental de criação pessoal que pode ser realizada no mesmo âmbito é o carrinho electrostático, feito de canudos e latas de refrigerante. Este sistema, por ser bastante leve, pode ser movido por uma vareta de vidro electrizada.

Esta actividade pode ser executada com os alunos, de modo que se possam perceber até que ponto as forças eléctricas podem movimentar corpos ligeiramente maiores.

Porque o objectivo desta tarefa é explicar a luz da manifestação dos fenómenos electrostáticos, o funcionamento de um carrinho electrostático, foi definida as seguintes questões de partida: (1) Como funciona um carrinho electrostático? (2) Que conceitos podem ser estudados a partir do carrinho?

Para a execução da tarefa foram usados os seguintes materiais:

✓ Duas latas de refrigerante	✓ Vareta de vidro e
✓ Um pano de seda	✓ Canudinhos plásticos
✓ Cola super glue	✓ Pontas de condutores

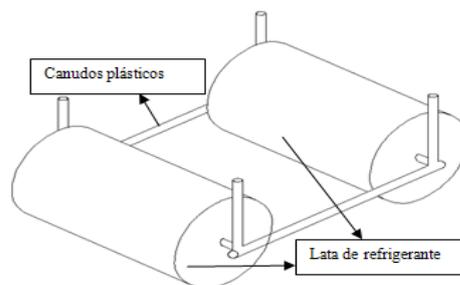


Ilustração 4.19: Imagem do carrinho

As duas latas de refrigerantes, são furadas ao longo dos seus eixos de rotação e coloca-se um canudo em cada uma deles. Logo de seguida, introduz-se no interior do canudo uma ponta de condutor ou um outro material rígido em torno da qual cada lata poderá mover-se. As duas latas de refrigerantes são ligadas entre si por meio de dois canudos. As quatro pontas de canudos colocadas nas extremidades das latas de refrigerantes servem apenas para dar estrutura ao sistema. A razão de se usar latas de refrigerantes, é na tentativa de ter materiais leves, como o menor momento de inércia possível e sujeito a menor força de atrito possível.

O carrinho é colocado sobre uma superfície lisa e não condutora, como uma carteira de madeira, ou mesmo vidro.

Uma vareta de vidro é atritada com lã por uns 15 segundos e logo de seguida é aproximado numa das rodas do carrinho. A uns 2 cm de uma das rodas, este começa a deslocar-se na direcção da vareta.

Quando se aproxima a vareta de vidro electrizada a uma das rodas do carrinho, por acção do campo eléctrico criado, esta induz cargas, sendo que as suas cargas de sinais contrários se aproximam da vareta e as cargas de mesmo sinal se afastam, como pode-se observar na Ilustração 4.20.

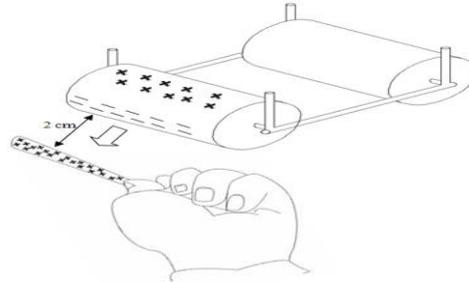


Ilustração 4.20: Funcionamento do carrinho electrostático

De acordo com a lei das interações Electrostáticas, cargas de mesmo sinal repelem-se e de sinais contrários atraem-se. Neste contexto, a força de atracção torna-se maior que a de repulsão.

O carrinho continua a mover-se, enquanto a superfície lisa por onde deve deslocar, manter-se livre. O movimento cessa, logo que a vareta estiver completamente descarregada.

Experimento 4: Atracção de líquidos de Jean Théophile Desaguliers

Na tentativa de descobrir mais materiais onde se manifestam os fenómenos electrostáticos, o primeiro a realizar uma experiência para estudar a atracção entre corpos eletrizados e líquidos foi o Físico Francês Jean Théophile Desaguliers, em 1741. Desaguliers, também descobriu que as substâncias capazes de transportar a virtude eléctrica se chamam de não eléctricos ou condutores, um fenómeno também descoberto por Gilbert e por Stephan Gray.

Ao terminar o seu artigo sobre a atracção de líquidos, Desaguliers afirmou que:

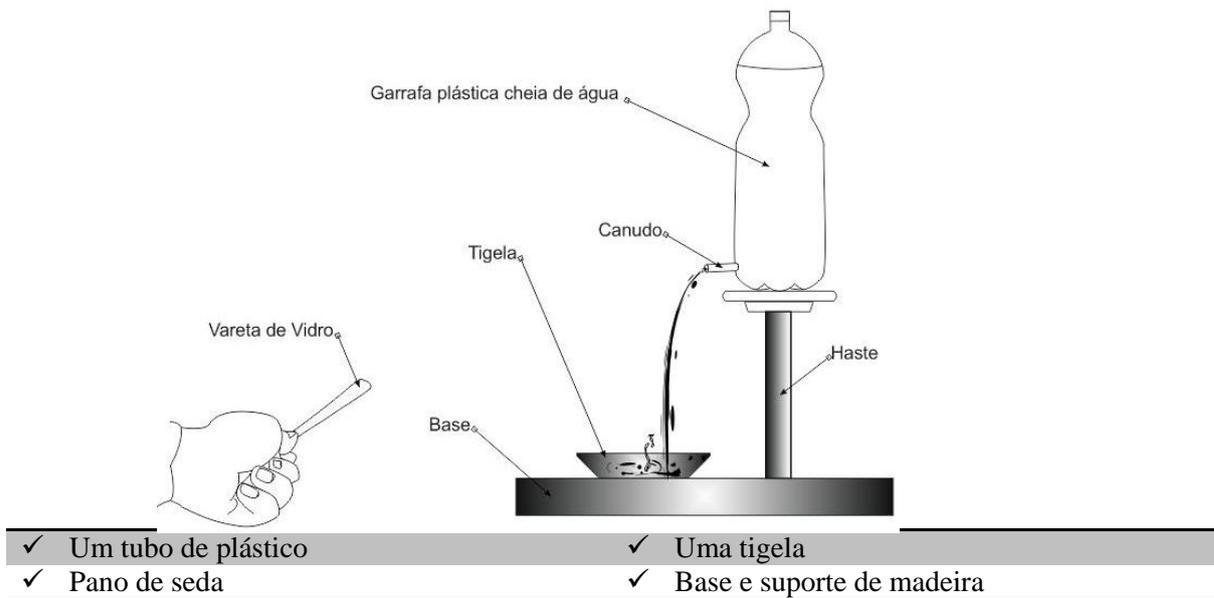
Tendo suspendido apropriadamente uma fonte de cobre com o bico para baixo, abri a torneira e deixei a água verter dentro de um recipiente abaixo dela. Então, tendo friccionado um grande tubo com electricidade (...), coloquei o tubo atritado próximo do filete água, sendo que o tubo atraiu o filete fortemente, de maneira a curvá-lo, e algumas vezes fez com que ele caísse fora do recipiente que estava abaixo dele.(Assis, 2010, p.26)

O objectivo desta tarefa era de explicar a interacção entre uma vareta eletrizada e um filete de líquido. Por isso que foram formuladas as seguintes questões orientadoras: (1) Se a humidade influencia os fenómenos electrostático, será que um corpo eletrizado atrai líquidos? (2) Como se explica este fenómeno? (3) Que conceitos podem ser explorados neste experimento?

Material usado

✓ Uma garrafa plástica contendo água

✓ uma pequena torneira



Na Ilustração 4.21: Montagem do experimento sobre a atracção de líquidos de Desagurilies actividade, ao em vez de colocar uma torneira, aproveitamos um dos princípios da pressão atmosférica, segundo a qual, com a garrafa fechada através da tampa, a água não sai do canudo. Abrindo-se ligeiramente a tampa da garrafa, um filete de água escoar-se através do canudo, até que a pressão atmosférica que cria o desequilíbrio se anule no interior da garrafa. Sempre que se precisar um filete de água basta abrir ligeiramente a tampa da garrafa.

De seguida, atrita-se a vareta de vidro, por uns 15 segundos e logo de seguida aproxima-se ao filete de água. Neste caso, observa-se que o filete de água curva-se visivelmente no sentido do canudo. Este efeito é mais facilmente observado, quando se aproxima o canudo atritado da parte superior do filete, onde a água tem velocidade menor de escoamento.

Quando se aproxima a vareta electrizada ao filete de água, devido a acção do campo eléctrico criado, as moléculas de água polarizam-se. Esta polarização manifesta-se pela orientação dos dipolos eléctricos de cada molécula da água, como pode se observar na Ilustração nº4.22.

A parte negativa do dipolo de cada molécula, ficará mais próxima da vareta electrizada, observando-se assim a atracção entre a vareta e o filete da água.

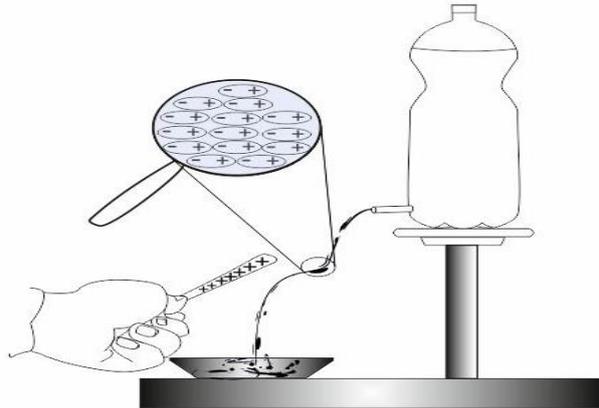


Ilustração 4.22: Mecanismo de atracção de um filete de água e uma vareta electrizada

Assim compreende-se que, os fenómenos electrostáticos se manifestam também para líquidos e a Electricidade é uma propriedade intrínseca de toda a matéria.

Nesta actividade também foi medido o ângulo de desvio do filete de água.

Foram mantidas constantes as seguintes distâncias: $a = 5 \text{ cm}$ a distância onde se posicionava a vareta, $b = 2 \text{ cm}$ e $d = 25 \text{ cm}$. A distância c , correspondente ao desvio do filete da água, foi variando de acordo com o número de fricções. Esta distância possibilitou determinar o ângulo de desvio α de acordo com o número de fricções, isto é: $\tan \alpha = \frac{c}{a}$

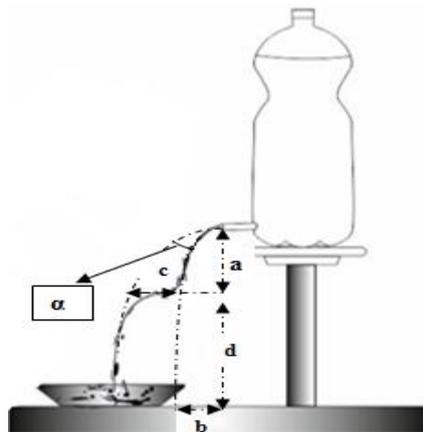


Ilustração 4.23: Ângulo de desvio do filete de água

Tabela 5: Ângulo

de desvio

N. fric	c (cm)	a(cm)	α (°)
3	0	5	0
5	1	5	11,3
6	2	5	21,8
10	3	5	30,9

Nas 4 medições efectuadas, o ângulo de desvio foi aumentando, a medida em que aumentava o campo eléctrico criado pela vareta electrizada ao ser aproximada ao filete de água.

Experimento 5 a): O perpendicular

O perpendicular foi um instrumento dos primários, inventado por Girolamo Cardano Fracastoro, Médico Inglês (1478-1553), mas sem no entanto ser divulgado.

Definição: *Perpendicular é uma linha vertical (linha pendular), presa na sua extremidade superior a um suporte fixo e tendo na sua extremidade inferior o âmbar como se fosse um fio-de-prumo.*

Cardano, descreveu esse instrumento no seu livro intitulado “*the subtilitate*” e que tinha as mesmas funções de detectar a presença de corpos electrizados, pois que, é idêntico ao pêndulo eléctrico.

Fracastoro, deveria prender na parte inferior de seu perpendicular um pequeno pedaço de âmbar ou de prata. Ao aproximar um corpo atritado ao perpendicular, teria observado que este pedaço de âmbar ou de prata se afastava da vertical, aproximando-se do corpo atritado.

A vantagem do perpendicular é que atracção do fio contrabalança o peso do corpo. Isto é, a atracção gravitacional da Terra é equilibrada pela tensão do fio. Isto facilita a observação do movimento horizontal do pequeno corpo que está suspenso na parte inferior do fio. Supondo-se que, em vez disto, o pedacinho de âmbar estivesse solto sobre uma mesa, seria difícil de observar o seu movimento, devido ao seu peso e acção da força de atrito.

Pretendia-se explicar o princípio de funcionamento de um perpendicular. Neste contexto, foram formuladas duas questões de pesquisa (1) Como funciona um perpendicular? (2) Que conceitos podem ser explorados no perpendicular?

Material usado

✓ Uma haste metálica	✓ Vareta de vidro
✓ Fio de seda	✓ Pano de seda ou algodão
✓ Âmbar	✓ Um suporte

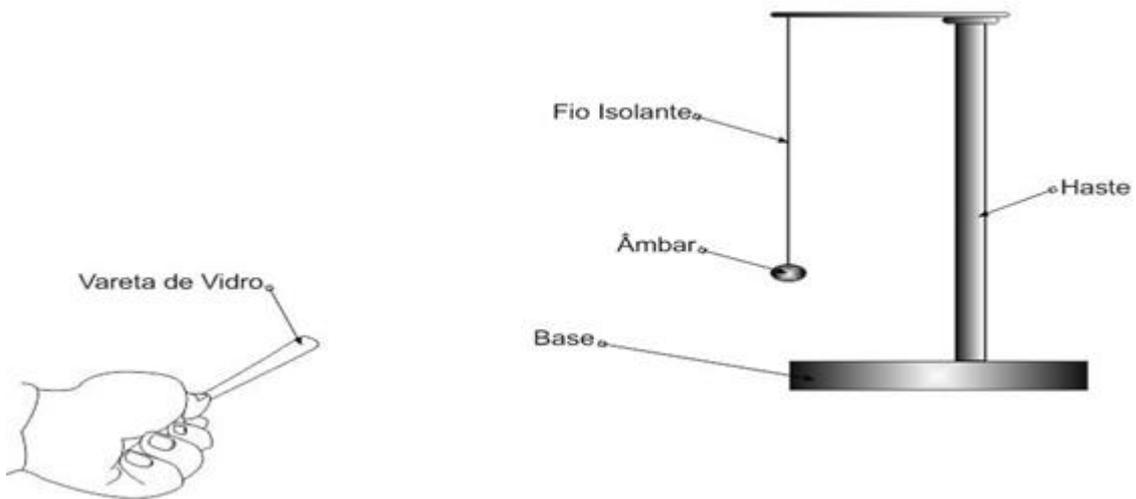


Ilustração 4.24: Esquema de montagem de um pêndulo

Uma linha pendular de material isolante de comprimento 20 cm, foi suspensa pela extremidade superior, numa haste assente sobre uma base de madeira. Na extremidade inferior foi colocado um pedaço de âmbar. É importante referir que para além de âmbar pode ser usado um outro material não eletrizado como a rolha de cortiça, bolas de esferovite, ou mesmo uma tira de alumínio. Uma vareta de vidro foi friccionada com o pano de seda por uns 15 segundos, e de seguida aproximada ao âmbar.

O âmbar atraiu a vareta de vidro eletrizada, devido a maior predominância da força de interação de carácter atractivo.

O pêndulo detecta a presença de corpos eletrizados por meio do desvio do ângulo em relação a posição vertical.

O pêndulo, desempenha o mesmo papel que o electroscópio de Nollet, diferenciando-se apenas na constituição e funcionamento.

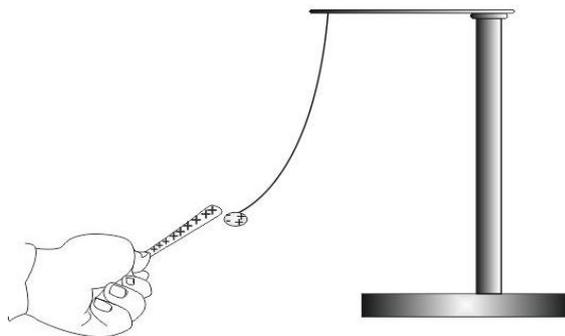


Ilustração 4.25: Mecanismo de funcionamento de um Pêndulo

Pretendia-se explicar o mecanismo de funcionamento de um pêndulo, eis a razão que os resultados limitaram-se na dimensão qualitativa.

Experimento 5 b) A repulsão de uma folha de alumínio

Dando continuidade aos trabalhos de Tales e Gilbert, Charles François Cisternay Dufay (1698-1739), experimentalmente utilizou uma folha de ouro, electrizada por uma haste de vidro friccionada.

Dufay, observou que a folha foi repelida pela haste de vidro e atraída por uma outra haste de resina atritada. Este foi o ponto de partida para uma descoberta de grande importância na história da electricidade. Que se enuncia do seguinte modo: *"Há dois diferentes tipos de electricidade, vítrea e resinosa e que as cargas eléctricas do mesmo tipo repelem e de tipo diferente atraem"*.

Pretendia-se explicar a lei qualitativa das interacções entre dois corpos, eis a razão que foi colocada a seguinte questão orientadora: que conceitos podem ser explorados a partir do experimento sobre a repulsão entre uma vareta e uma tira de alumínio?

Material usado

✓ Uma haste fixa numa base de madeira	✓ Vareta de vidro
✓ Uma tira de alumínio (15x15) cm	✓ Um fio isolador
✓ Pano de seda	

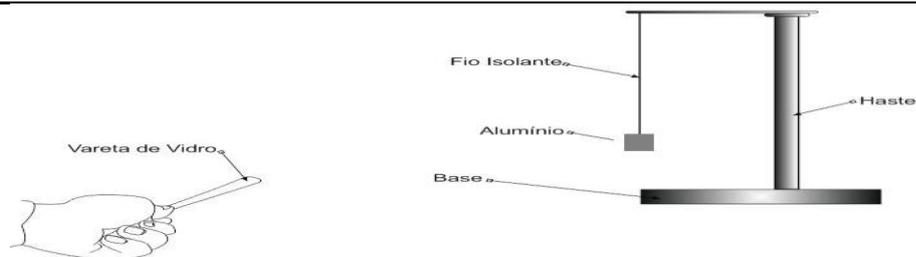


Ilustração 4.26: Esquema de montagem do experimento sobre a repulsão da tira de alumínio

Uma vareta anteriormente friccionada com um pano de seda é aproximada a uma tira de alumínio suspenso por um fio de seda. Inicialmente observa-se uma atracção e pouco tempo depois a repulsão entre o alumínio e a vareta.

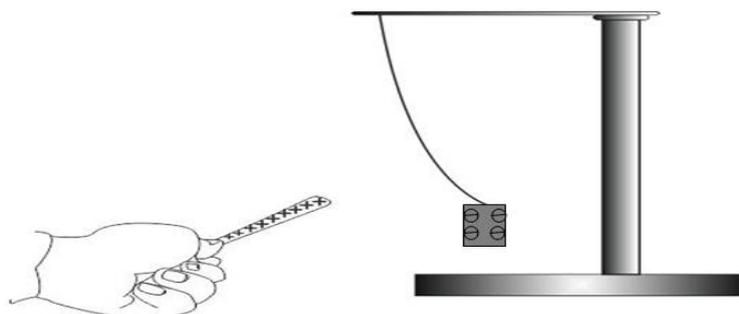


Ilustração 4.27: Esquema da repulsão entre a tira de alumínio e a vareta electrizada

Após um contacto entre ambos, segundo a teoria da electrização por contacto, os corpos adquirem cargas do mesmo sinal. Neste contexto, a tira de alumínio passará a repelir a vareta. O processo de carregamento da tira de alumínio é tal que, durante o contacto, as cargas de sinal contrário, que a neutralizam, são transferidas por atracção para a vareta. Como a quantidade de cargas que electriza a vareta é suficientemente grande, as cargas transferidas não a consegue neutralizar. Do lado da tira de alumínio, ficará com a desigualdade de cargas, estando assim electrizada.

Como pode-se compreender, tanto a tira assim como a vareta, ficarão electrizadas com cargas do mesmo sinal e ambos se repelem.

Os processos de electrização por contacto e fricção, bem como a lei qualitativa das interacções Electrostática, podem ser explicados com base neste experimento.

Experimento 6: O oscilador electrostático

O oscilador electrostático, é um dispositivo construído nesta dissertação, para mostrar o processo contínuo dos efeitos de atracção e de repulsão. Foi Benjamin Franklin quem iniciou a efectuar experimentos desta natureza, que culminaram com a construção do motor electrostático.

A questão de partida é: como funciona um oscilador electrostático?

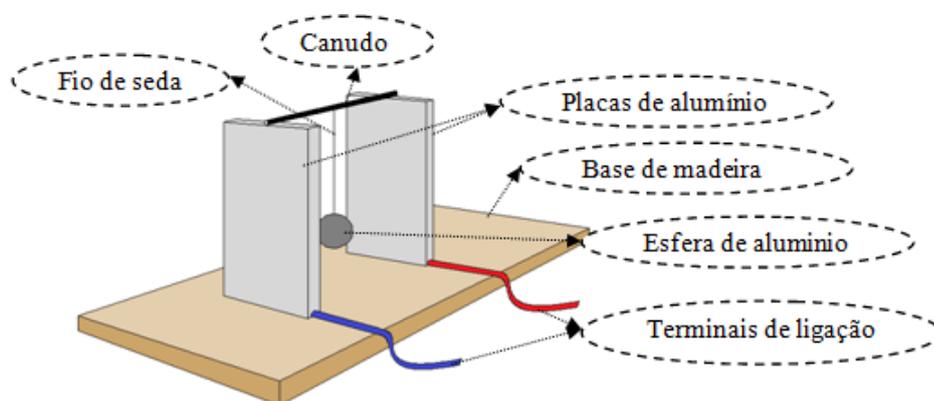


Ilustração 4.28: Oscilador electrostático

Material

✓ Uma base de madeira (10x20) cm	✓ Fio de seda e um canudo
✓ Duas placas de alumínio (5x15) cm	✓ Duas pontas de condutores (1,5mm ²)
✓ Esfera de alumínio (1,5cm) de diâmetro	✓ Fonte de carga: Gerador de Vander Der Graaf, Mata mosca ou a máquina de Wimshurst

Sobre duas placas de alumínio apoiadas numa base de madeira, é sustentada uma esfera de alumínio previamente neutra através de um fio de seda. Para o seu funcionamento ligam-se os dois terminais do dispositivo a um gerador de cargas, que pode ser o de Van Der Graaf ou aos terminais de um *mata-moscas* eléctrico.

Na Ilustração 4.28, os dois terminais de condutores são ligados aos polos positivos e negativos respectivamente fonte de carga. Com o circuito fechado, inicialmente a esfera de alumínio neutra é atraída para uma das placas eletrizada (qualquer corpo neutro atrai um corpo eletrizado). Pelo contacto, a esfera eletriza-se com cargas do mesmo sinalas da placa com a qual esteve previamente em contacto. Por sua vez a bolinha será repelida (cargas do mesmo sinal repelem-se para outra placa eletrizada com cargas de sinais contrários. A esfera por sua vez ao alcançar a outra placa, descarrega-se e eletriza-se por contacto, mais uma é repelida. O processo é perpétuo enquanto a fonte de cargas estiver carregada.

Num outro procedimento, as duas placas podem ser substituídas por latas de refrigerantes accionadas por mesmo gerador de cargas.

Na ilustração 4.29, observa-se: a) A bolinha de alumínio está neutra, b) A bolinha é atraída pela placa negativa c) A bolinha é atraída pela placa positiva.

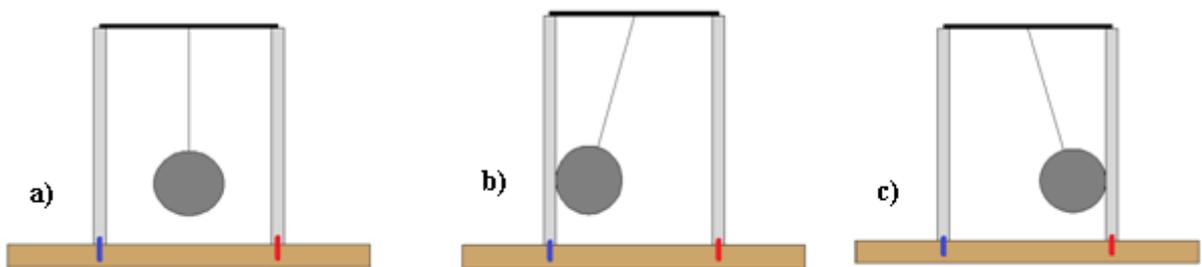


Ilustração 29: Funcionamento do oscilador electrostático

Experimento 7: O Versório de Gilbert

William Gilbert (1544-1603), o médico inglês, deu continuidade às pesquisas modernas sobre o Electricidade e o Magnetismo. Na segunda parte do seu livro ele descreve diversas experiências de Electrostática com o objectivo de distinguir os fenómenos associados ao ímã dos fenómenos associados ao âmbar e para tal construiu o versório.

Importa referir que no sec XVIII, este instrumento não teve seu nome traduzido para as línguas vivas da sua época, acabando assim por ser substituído pelo electroscópio.

Os livros históricos indicam que Gilbert provavelmente terá inventado o seu versório a partir das funcionalidades do perpendicular e da agulha magnética.

O termo *versório* provém do latim e significa *girar sobre, instrumento girador ou aparato girante*. Tem a semelhança de uma bússola, mas a sua agulha não é magnetizada como a da bússola.

Versório é um instrumento que consiste de duas partes: um membro vertical, que age como um suporte fixo em relação à Terra, e um membro horizontal capaz de girar livremente sobre o eixo vertical definido pelo suporte.

O versório é muito sensível a torques externos muito pequenos, provocados por corpos eletrizados.

A forma de utilização para a detecção dos torques é similar ao da agulha magnética.

Em repouso, o versório vai alvitrar para uma direcção horizontal arbitrária. Ao aproxima-se um plástico, canudo ou régua neutros de um versório metálico, sem tocá-lo, nada acontece. Friccionando-se o canudo, tubo PVC, ou régua e repetindo a experiência observa-se que o versório será orientado pelo material atritado, tendendo a ficar apontando para o plástico. O mesmo ocorre se o versório for feito de papel ou de madeira.

Com esta experiência conclui-se que a vareta de vidro atritado influencia corpos próximos.

Pretende-se montar e explicar o princípio de funcionamento de um versório, por isso, que foram formuladas as seguintes questões orientadoras: (1) Como funcionamento de um versório? (2) Que conceitos podem ser explicados com base no funcionamento de um versório?

Material usado

✓ 4 Versório metálico	✓ Pano de seda
✓ 1 Versório plástico (um canudo)	✓ Base de Madeira
✓ tubo de vidro	✓ 3 Tampas de cola super glue
✓ 2 Rolhas	✓ Tubo de tinta de uma esferográfica

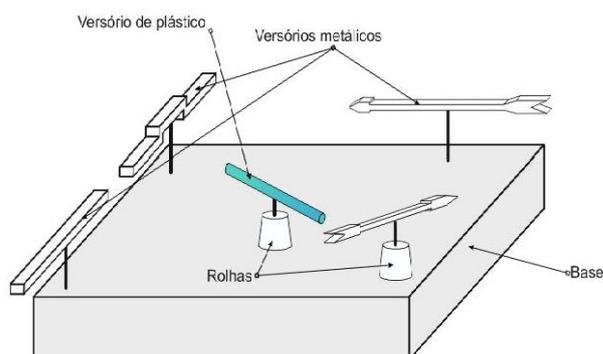


Ilustração 4.30: Esquema de montagem de cinco versórios

Foram construídos quatro versórios de cobre, com formas geométricas diferentes e um versório de canudo plástico assentes sobre uma base de madeira.

Uma caixa de madeira com as dimensões de $(20 \times 20 \times 10)$ cm, foi construída e numa das faces foi colocado uma base isoladora de vidro para garantir facilidade em executar as perfurações. Quatro furos foram abertos tendo-se embutido a tampa da cola (super glue) mais conhecido por cola tudo ou melhor alardite. Aproveitando-se a abertura de cada tampa, foram colocados tubos finos de diâmetro 2mm, (*igual ao que fica tinta de uma esferográfica*). O comprimento do tubo usado foi de 3cm.

Os versórios de cobre foram construídos previamente com as dimensões de (12×8) cm comprimento e largura respectivamente. A haste do versório (membro vertical), foi um condutor de cobre, de $1,5\text{mm}^2$ de secção transversal e comprimento de 4 cm de modo a girar no interior do tudo da esferográfica.

A razão a colocação do membro vertical no interior do tubo, é para que possa girar livremente por acção de pequenos torques.

O versório de plástico foi construído usando o procedimento de (Boss, 2011), um canudo com a geometria cilíndrica de comprimento 10 cm e diâmetro de 0,3cm (*canudo usado no sumo ceres 120ml*). Este versório foi apoiado numa base de rolha de cortiça.

A razão da construção de vários versórios, por um lado, era mostrar as diferentes configurações dos versórios bem como os diferentes tipos de materiais que podem ser usados para a sua construção. Por outro lado, pretendia-se também construir materiais consistentes devidamente aprimorados e que podem ser usados por longo período.

Após a colocação dos versórios sobre a base de madeira, uma vareta de vidro era friccionada por uns 15 segundos, e de seguida aproximada a cada um dos versório. A uma distância de 1cm da vareta eletrizada, cada versório metálico começava a detectar a e a girar em torno do seu eixo. O versório plástico começava a manifestar o efeito das interações a 4 cm da vareta. Com base neste teste, foi possível compreender que os fenómenos electrostáticos no versório manifestam-se mais intensamente, se o membro horizontal for suficientemente leve. Um outro aspecto a ter em conta na construção dos versórios metálicos, é o membro vertical que deve estar completamente livre para que esteja isento a forças de resistência, a ponto de impedir a sua rotação.

O versório detecta a presença de corpos eletrizados, através de pequenos torques do seu membro horizontal.

Quando se aproxima a vareta electrizada, o membro horizontal do versório devido a acção do campo, induz cargas, ficando mais próximas da vareta as cargas de sinais contrário. Como consequência, a agulha será atraída, entrando assim em movimento de rotação sobre o membro vertical.

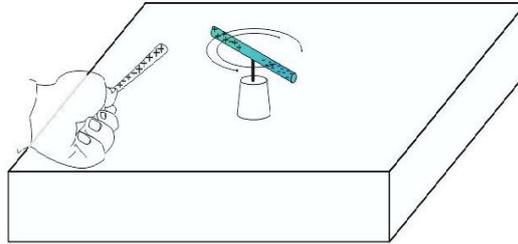


Ilustração 4.31: Funcionamento do versório

Experimento 8:

A

Protecção Electrostática: Gaiola de Faraday

No avanço com o estudo dos fenómenos eléctricos, Charles Michael Faraday, Físico inglês, que por meio de seus esforços e dedicação, tornou-se um notável cientista, construiu uma gaiola que levou o seu nome.

Um outro aspecto a notar sobre Faraday, é que as suas conferências eram muito populares, pela sua capacidade oratória e seu talento como cientista.

Com a Gaiola, Faraday pretendia mostrar a protecção Electrostática. Importa aqui referir, que os estudos de Faraday também orientaram-se no conceito geral de campo para explicar as interacções a distância de corpos. Tendo sido ele mesmo a introduzir o conceito de campo na ciência.

Uma gaiola de Faraday, protege um corpo no seu interior contra efeitos de campos eléctricos que actuam no seu exterior.

Dadas as suas funcionalidades, a gaiola de Faraday pode ser um carro, um avião, ou uma casa com sistema de pára-raios, onde as descargas do relâmpago não afectam o seu interior. Existem gaiolas onde a captação de ondas electromagnéticas como as da rádio ou micro-ondas (telefones) impossível.



não e

Ilustração 4.32: Gaiola de Faraday Fonte: Soares et al; (2003; p.84)

O objectivo desta tarefa é de montar e explicar o princípio de funcionamento da Gaiola de Faraday. Para tal foram formuladas as seguintes questões orientadoras: (1) Como funciona uma Gaiola de Faraday? (2) Que conceitos podem ser explorados com base no funcionamento da Gaiola de Faraday?

Material usado

✓ Uma Gaiola metálica	✓ Papel de alumínio
✓ Fio de seda	✓ Tubo de vidro
✓ Esfera de esferovite ou âmbar	✓ Pano de seda
✓ Gerador de Vander Der Graaf	

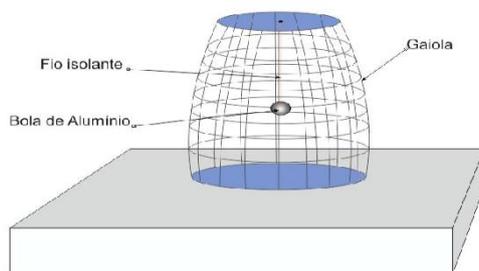


Ilustração 4. 33: Gaiola de Faraday

Uma bolinha de esferovite, alumínio ou um pedaço de âmbar, suspenso através de uma linha de seda, é colocada no interior da Gaiola.

Há duas possibilidades de testar o seu funcionamento.

A primeira possibilidade é friccionar uma vareta de vidro, e logo de seguida aproximar a Gaiola com a bolinha no seu interior. Em princípio a bolinha deveria ser atraída pela vareta electrizada, algo que não acontece, porque a Gaiola induz cargas que se distribuem no seu exterior, sendo nulo o campo eléctrico no interior da Gaiola.

Outra possibilidade de testar o funcionamento da Gaiola é liga-la a um Gerador de Van Der Graaf com a bolinha também no seu interior, observando-se o mesmo efeito.

Devido a presença do campo eléctrico que pode ser criado pelo gerador de Van-Der-Graaf ou pela vareta de vidro electrizada, o campo no interior da Gaiola será nulo e não produzirá algum efeito sobre qualquer corpo colocado no seu interior.

De lei de Gauss, sabe-se que o fluxo eléctrico através de uma superfície fechada (Gaussiana) é directamente proporcional a soma das cargas no seu interior.

Equação 4.7: Lei de Gauss

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \text{ ou } \oiint \vec{E} d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

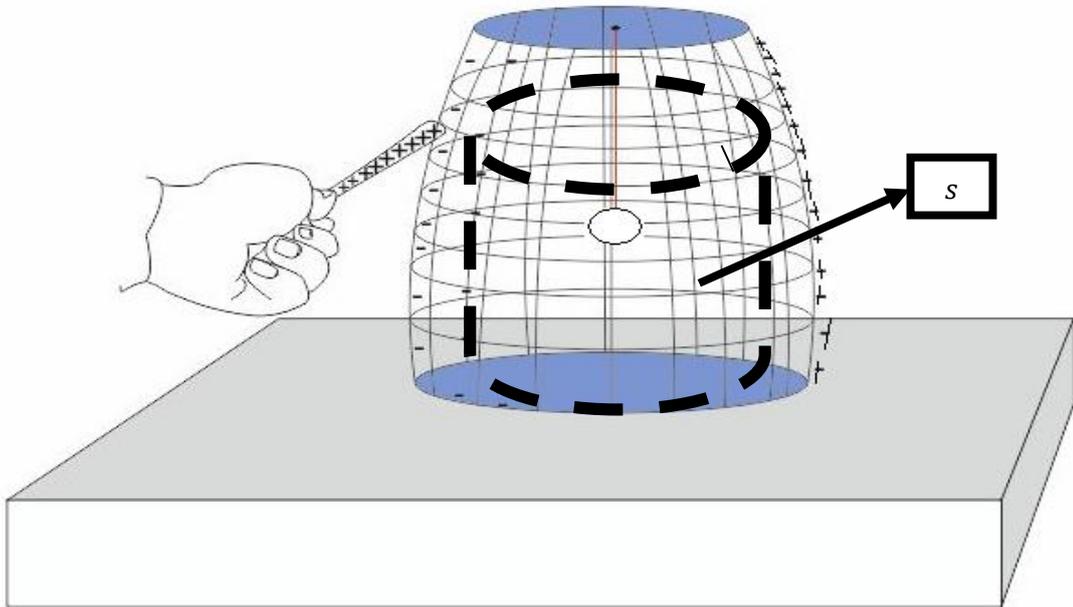


Ilustração 4. 34: Funcionamento da Gaiola de Faraday

Como pode se observar na figura 4.34, no interior da gaussiana representada pela letra s que envolve a bolinha, não há cargas, o que implica que a carga eléctrica assim como a densidade da carga é igual a zero, isto é:

Aplicação da Lei de Gauss para a Gaiola de Faraday

$$q = 0 \text{ e } \rho = \frac{dq}{dV} = 0 \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} = \frac{0}{\epsilon_0} \rightarrow \operatorname{div} \vec{E} = 0 \rightarrow E = 0 \quad (2)$$

ou

$$\oiint \vec{E} d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow \oiint E ds = \frac{0}{\epsilon_0} \rightarrow E \oiint ds = 0 \rightarrow E = 0 \quad (3)$$

A bolinha no interior da Gaiola de Faraday não sofre efeitos do campo eléctrico, isto é, está electricamente isolada (blindada dos efeitos electrostáticos, do meio exterior).

O mesmo efeito pode ocorrer mesmo para ondas electromagnéticas (micro-ondas do telefone ou ondas da rádio), quando se envolve completamente um telefone ou mesmo rádio com papel de alumínio. Este por ser um material condutor, os portadores de carga se distribuem até atingirem o equilíbrio, onde cessa o movimento de cargas, não havendo assim nenhuma força que agirá sobre os portadores.

O interior de um condutor em equilíbrio electrostático é o lugar mais seguro para descargas eléctricas, por isso que para o caso de residências é fundamental a colocação de pára-raios.

Experimento 9: Motor Electrostático

O século XVII e XVIII, foi caracterizado por profundas investigações de fenómenos Físicos e eléctricos em particular. Muitos instrumentos foram construídos neste período.

Do ponto de vista histórico o primeiro motor electrostático foi desenvolvido em 1742 por Gordon e chamava-se *electric Bell*. Já em 1748, como já se referiu sobre o início das pesquisas por Franklin através da sua ligação com Peter Collinson, em pesquisas científicas. No seu projecto sobre a roda eléctrica, Franklin, teria utilizado garrafas de Lyden carregadas para atrair e repelir esferas metálicas, ligadas por hastes não condutoras e um eixo que permite que ele gire livremente.

O Motor eléctrico mais potente foi criado por Oleg G. Jefimenko pesquisador na área de electromagnetismo, (Viscondi, 2006, p.4). Importa aqui referir que a diferença de potencial eléctrico para o seu funcionamento está na ordem de quilovolts.

Na actualidade são construídos motores eléctricos na escala nanométrica, que não poluem o meio ambiente. Na década 80 foram construídos o MEMS (Micro-eléctricas- Mechanics- System) que tem as mesmas dimensões com a célula sanguínea ($50\mu m$) (idem).

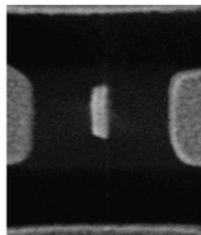


Ilustração 4.35: Micro-Motor Electrostático Fonte: Vinhais (2014, p.14)

Funcionamento de um motor electrostático

O funcionamento do motor baseia-se na força Electrostática criada entre dois polos, o rotor e o estator. Normalmente o rotor é feito de material isolante com raios também isolante, capaz de girar no plano isolante. Na extremidade livre de cada raio de vidro leva um dental de bronze, que também pode ser aço. As duas garrafas de Lyden são colocadas em terminais diametralmente opostas. Cada terminal salta uma faísca eléctrica para o 'dedal' que o defronta, transferindo para esse uma quantidade de carga de mesmo sinal, o que origina força de repulsão proporcionando um momento á roda.

De referir que esses mesmos dentais, antes de trocarem de polaridade devido á faísca, são atraídos pelo terminal da garrafa de Leyden próxima, o que também proporciona momento para a roda. O momento total que a roda recebe será a soma dos momentos correspondentes ás forças atractivas e repulsivas.

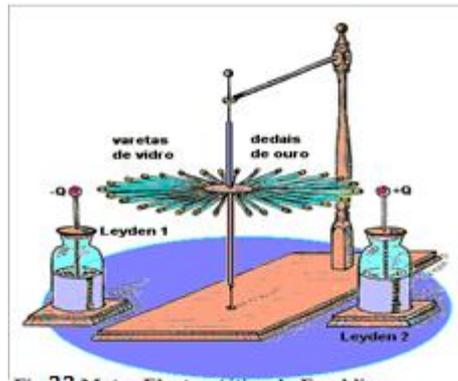


Ilustração 4.36: Motor electrostático de Franklim, www.feiradeciencias.com.br

Actualmente são construídos outros modelos de motores electrostáticos com recurso a materiais alternativos onde os rotores podem ser construídos por garrafas plásticas revestidas de papel de alumínio.

O motor que a seguir se apresenta é similar ao construído por J.C Pogendorff em 1870 em que o disco isolante passava a girar livremente com uma tensão de 40KV. Mas o motor que será aqui construído tem a tensão de funcionamento menor que a de Pogendorff.

Nesta actividade, pretendia-se montar e explicar o funcionamento de um motor electrostático bem explorar alguns conteúdos de Electrostática que podem ser estudados. Para tal foram formuladas as seguintes questões de partida: (1) Como funciona um motor electrostático? (2) Que conteúdos podem ser explorados no funcionamento do motor electrostático?

Material usado

✓ Um disco compacto	Duas pontas de condutores de 40cm cada sessão $6mm^2$
✓ Uma base plástica	✓ Uma fonte de alta tensão
✓ Um tubo exterior de uma esferográfica	✓ Agulha de cola super glue
✓ Dois bornes	✓ Ferro de estanho

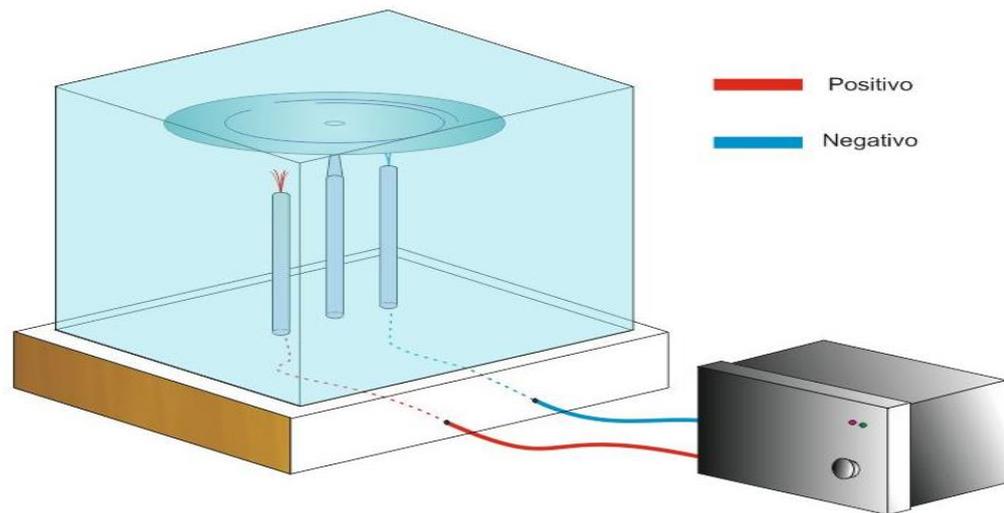


Ilustração 4.37: Motor Electrostático de Poggendorf feito por um CD

Uma caixa de vidro transparente de (20x20x10) cm fechada na parte inferior é construída. De seguida uma cartolina circular previamente recortada é colada na parte superior do CD, de modo a cobrir o orifício central do disco. A tampa laranja da cola super glue a que usamos nos versórios é colada na parte inferior do disco de modo a fixar um tubo interior de uma esferográfica de 3cm.

O tubo exterior da esferográfica é colado verticalmente pela parte inferior no centro da caixa. Na parte superior do tubo é colada agulha da cola super glue de modo que a sua parte aguda fique voltada para cima onde vai se fixar o CD através do tubo interior da esferográfica para que este possa girar livremente.

As duas pontas de fios condutores, são dobradas de modo que estejam diametralmente opostos em relação ao eixo vertical do CD. Na outra extremidade dos condutores são estanhados os bornes de ligação de modo a facilitar a ligação no gerador de alta tensão.

Para pôr o motor electrostático em funcionamento, é ligado os polos positivo e negativo na fonte de alta tensão. Esta ligação não é suficiente para o motor começar a funcionar, é necessário impulsionar o disco com uma vareta isoladora (plástico ou vidro) enquanto estiver aumentando a tensão. Até uma tensão de 7,6 KV o motor começará a funcionar perfeitamente.

O motor electrostático é colocado no interior de uma caixa de vidro para garantir segurança aos utilizadores.

O motor electrostático de Poggendorff, Franklin e MEMS, são uma demonstração da interacção entre cargas eléctricas.

Quando as cargas negativas e positivas estiverem frente a frente ao CD, o momento resultante será mínimo por isso que o disco mantém-se em repouso e será máximo quando os módulos

das forças de atracção e repulsão entre as placas do CD e das pontas dos condutores forem iguais.

Ao girar o disco, a carga positiva acumulada numa das placas do rotor passa muito próximo da carga negativa, produzindo faísca eléctrica que se delega de inverter o sinal da carga, passando-a assim para negativa. O processo oposto ocorre quando essa carga negativa passa perto da carga positiva. O resultado será uma troca do sentido da força de interacção entre as cargas. Neste contexto, haverá sempre uma troca das forças de atracção para repulsão, o que contribuirá para o momento resultante do eixo do disco.

CAPÍTULO VI

HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA PRESENTE NOS LIVROS DIDÁCTICOS DE FÍSICA

Nota introdutória

A presente pesquisa, deu ênfase a abordagem da Electrostática numa perspectiva de reconstrução de experiências históricas. Para dar a pesquisa a devida contextualização didáctica no ensino, neste capítulo, foi analisado o conteúdo histórico da Electrostática, presente em oito livros didácticos de Física do ensino secundário.

A análise do conteúdo da amostra dos livros consultados, foi baseada no quadro teórico usado por Pagliarini (2007) durante a sua pesquisa sobre a História e Filosofia da Ciência presente nos livros didácticos. Não obstante, foram identificadas três categorias correspondentes a dez subcategorias, apresentados no capítulo II, na tabela nº 2. No concernente, analisou-se a forma de apresentação do material histórico, as ideias da natureza científica apresentadas e a o tipo de informação histórica apresentada.

Amostra dos livros didácticos

Esta etapa consistiu na identificação dos livros didácticos actualmente em uso no ensino secundário geral. Alguns livros coleccionados são de autores Moçambicanos e outros de autores Portugueses solicitados para a elaboração de livros que se adequam ao currículo vigente.



Figura1: Amostra de livros didácticos analisados

Eis os livros didácticos:

A:Burre, Gunter; Física 10ª Classe, Editora Escolar; 1ª Edição, Maputo; 1996 p.136,

B:Lima, Sara &Aléxieva Vália; Física10ª Classe de acordo com o novo programa, Livro do aluno, Plural editores, Portugal; 2011 p.112

C:Mabote, Joana Luís & NHANCALE, Isac Nassone; *Física 11ª classe*; 1 Edição: Maputo-Diname; 2003; p.310

D:Maciel, Noémia; *Física 11ª classe*; Plural Editores; Portugal; 2010; p.223

E:Baloi, Mário *Física 11ª Classe*; Longman Moçambique, 1 Edição, Maputo; 2010

F:Cossa, Rogério & Vilanculos, Anastácio; *F11. Física 11ª classe*; Textos Editores 1 Edição, Maputo 2009 p.176

G:Menezes, João Paulo, F10. Física 10ª classe, Texto Editoras, Maputo p.160

H:Chiziane, Rodrigues António e António, Amândio; Saber Física 10, 1ª Edição, Pearson Moçambique LTD, Maputo, 2013

História da Electrostática identificada nos livros didácticos

Na segunda etapa, foram definidas algumas categorias e subcategorias de análise, de acordo com a forma de apresentação das informações e o conhecimento que se transmite.

A estratégia usada para a identificação das características presentes em cada livro, foi a leitura do índice, a organização dos conteúdos bem como a leitura folha a folha em todas as páginas onde a Electrostática está apresentada.

O livro A é caracterizado pela ausência de material de cunho histórico, assim como de cunho experimental o que corresponde a subcategoria 1.1. As ideias científicas veiculadas correspondem a subcategoria 2.1. Em relação a terceira categoria, foi identificada a subcategoria 3.2 pois que a abordagem encontrada neste livro valoriza apenas aquilo que é aceite actualmente a chamada “historiografia whig”.

O Livro B, apresenta alguns elementos históricos distorcidos subcategoria (3.3), isto é, na nota introdutória sobre a carga eléctrica o autor refere:

...as primeiras descobertas dos fenómenos eléctricos datam da Grécia Antiga. No século V a.n.e (antes da nossa era), filósofo grego Tales, friccionando um pedaço de âmbar com pele do gato, observou que este começou a atrair corpos leves. Dois mil anos mais tarde, o médico inglês William Gilbert (1544-1603) descobriu que outros materiais também adquirem a propriedade de se atraírem ou repelirem entre si quando friccionados. (Lima & Aléxieva, 2011, p.10)

O âmbar já era conhecido em suas propriedades pelos gregos, quando usavam-no para o fabrico de objectos para adorno. Tales foi notabilizado como um filósofo naturalista cujos interesses

estavam voltados para a origem de todas as coisas. O poder de atracção do âmbar, também fazia também parte das coisas cuja origem deveria ser conhecida.

A situação levantada por Tales, provavelmente terá constituído preocupação na época, em conhecer, *quais são as propriedades desta substância? Porque é que este material ao ser friccionado adquire propriedades de atrair outros materiais? O que está envolvido para que tal fenómeno aconteça?* É nesta vertente que dois mil anos mais tarde, Girolamo Cardano, Francesco Sforza, William Gilbert e muitos outros citados neste trabalho, deram a sua contribuição científica respondendo assim as questões levantadas por Tales de Mileto.

Uma outra nota histórica encontrada no livro é a seguinte:

...a palavra grega âmbar é elektron, por isso Gilbert começou a usar o termo “electrizado” quando se referia aos corpos com comportamento semelhante....

Esta citação quanto a forma de apresentação do material histórico, enquadra-se na categoria 1.3, isto é, aquela onde os seus conteúdos, suas abordagens históricas e suas discussões estão diluídos ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, conceitos, definições e equações de um livro ordinário de Física.

Quanto a ideias da natureza científica apresentadas, o livro enquadra-se na subcategoria 2.2, isto é, apresenta os procedimentos experimentais seguidos para chegar-se às conclusões. Em relação à terceira categoria, a qualidade da informação histórica apresentada, enquadra-se em 3.1, uma história bastante e notas bibliográficas de apenas três cientistas (Tales, Gilbert e Milikam) em relação a toda Electrostática.

O livro C apresenta conteúdos de história em apenas dois momentos na sua abordagem. O primeiro momento é na abordagem sobre a força da interacção eléctrica: carga eléctrica, e o segundo momento é na abordagem sobre as linhas de força do campo eléctrico referindo-se que:

(...) os fenómenos eléctricos foram descobertos pelo filósofo grego Thales, de Mileto, no século VI a.c quando verificou que friccionando um pedaço de âmbar com uma pele de animal, este adquiria propriedade de atrair corpos leves como pedaço de palha, penas, papel, etc. Passados dois milénios o inglês W. Gilbert depois de se terem verificado de forma sistemática os fenómenos dessa natureza, observou que vários outros corpos ao serem friccionados se comportam como âmbar e que a atracção por eles exercida, se observa nos corpos não leves. (Nhancale & Mabote, 2003, p.79)

Este conceito de linhas de força foi introduzido pelo Físico “Michael” Faraday no século XIX com objectivo de representar o campo eléctrico através de diagramas. (idem, p.90)

Importa referir que já eram conhecidos antes da época de Tales, uma espécie de peixes eléctricos. Tales estudou as propriedades eléctricas com o âmbar.

O conceito de linhas de força, foi introduzido por Michael Faraday e não como se apresenta na citação acima sublinhada, que pode tornar a história fictícia ou pseudo-história.

Do ponto de vista de apresentação do material histórico o livro enquadra-se na categoria 1.3 os seus conteúdos, suas abordagens históricas e suas discussões estão diluídos ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, mas de forma bastante reduzida. Quanto a ideias da natureza científica apresentadas, o livro enquadra-se na subcategoria 2.1, isto é, as etapas seguidas para se chegar as conclusões não são apresentadas. Em relação a qualidade da informação histórica apresentada o livro enquadra-se na categoria 3.1, e 3.3 relativa a pseudo-história, ou seja, àquela história da ciência que contém elementos distorcidos e a presença de mitos científicos como já se referenciou anteriormente.

Livro D, os aspectos históricos encontram-se apresentados diluídos no texto, com indicações de algumas actividades que permitem a visualização dos fenómenos eléctricos, sem no entanto o resgate do carácter da sua evolução. Mas importa referir, que são várias as experiências históricas que podem ser realizadas com o material do dia-a-dia. Na abordagem sobre a Electrostática, Maciel, recorre a aspectos históricos em nove momentos:

(....)Foi o Filósofo Grego Tales de Mileto (640-546 a.C.) quem primeiro observou que, friccionando um pedaço de âmbar (resina fóssil) com um pano de la, ele adquiria a propriedade de atrair corpos leves, como pena, cabelos.... (Maciel, 2010, p.134)

O autor prossegue a sua exposição, a apresentar outros materiais que possuem as mesmas propriedades com as do âmbar como o caso de pente, esferográfica de plástico, uma vareta de vidro, que quando friccionados atraem materiais leves.

Neste livro D, apresenta-se em diante a demonstração de actividades experimentais que podem ser executadas para poder enunciar as leis das interacções eléctricas.

(....) Com base nas observações de Benjamin Franklin (1706-1790); conheciam-se já dois tipos de cargas eléctricas, a resinosa (do âmbar) e a vítrea (do vidro) quando friccionados com um pano de lã.... Onde propôs que se considerasse positiva a

electricidade vítrea e negativa a resinosa quando friccionados também com pano de lã, em 1747 (idem)

Ainda neste livro, apresenta-se a uma fotografia histórica da experiência de Benjamim Franklin sobre as descargas eléctricas provocadas por um papagaio de papel durante uma trovoadas, o que o levou a descoberta do pára-raios.

Na página 136, a carga eléctrica elementar é referenciada como tendo sido descoberta por Robert Millikan (1868-1953) em 1909 onde provou-se experimentalmente que a carga eléctrica é quantizada. Esta é a única referência histórica dos acontecimentos da idade contemporânea identificada.

Na página 140 intitulado-se “*interacção entre cargas eléctricas e lei de Coulomb, permitividade eléctrica do vazio*”. Descreve-se a vida de Coulomb, constituição da balança de torção, o ano da descoberta da lei de Coulomb (1785). Apresenta-se ainda a imagem ilustrativa da balança de torção que levou Coulomb a formular as suas conclusões.

Em relação a categoria identificada neste livro, há a referir que quanto a apresentação do material histórico o livro enquadra-se em 1.3 *as suas abordagens históricas e suas discussões estão diluídos ao longo do texto, juntamente com o desenvolvimento formal de teorias, conceitos, definições e equações de um livro ordinário de Física*. Em relação a segunda subcategoria identifica-se em 2.2, pois que, o mesmo apresenta os procedimentos experimentais seguidos para chegar-se as conclusões. Na última categoria o livro enquadra-se em 3.1 uma história demasiada simples é encontrada, caracterizada pela presença de poucos cientistas e alguns de seus estudos para este livro sobre a Electrostática apenas se encontrou informações sobre as contribuições de Tales de Mileto, Benjamim Franklin, Robert Milikam e Charles Coulomb.

No livro E, apresenta os conteúdos da história de Electricidade de duas formas distintas, isto é, diluída ao logo do texto e na forma de textos complementares ao final do capítulo (página 124 e 125).

Ao se tratar sobre a interacção Electrostática, o autor faz menção ao fenómenos eléctricos, referindo que:

...os fenómenos de electrização por fricção eram já conhecido na Grécia antiga. Os gregos sabiam que o âmbar dos colares das mulheres atraia pequenos corpos quando friccionados em tecidos. No entanto só com trabalhos de Franklin (1706-1790) se considerou a existência de partículas com dois tipos de cargas eléctricas, positiva e negativa. (Baloi, 2010, p.102)

O método científico esta presente, seguido de uma construção humanística dos conteúdos. Um exemplo típico pode ser observado na página 122 (protecção Electrostática-Gaiola de Faraday).

(....) este nome deve-se a Michael Faraday (1791-1867) conhecido físico inglês que descobriu varia leis da Física, da electrólise a electricidade e ao magnetismo.

(...) as suas conferências eram muito populares graças á sua capacidade oratória e ao seu talento como cientista.

Os conteúdos históricos constantes neste livro completam de maneira satisfatória e com discussões interessantes, transmitindo valores históricos pertinentes ao ensino de Física.

Em relação a apresentação do material histórico foi identificado neste livro a categoria 1.2 e 1.3. Na segunda categoria foi identificada a subcategoria 2.2 e em relação a última categoria foi identificada a subcategoria 3.4, onde os conteúdos históricos completam a abordagem do conteúdo científico de maneira satisfatória com discussões interessantes e transmitindo valores históricos pertinentes ao ensino da Física.

No livro F, os aspectos históricos foram observados em três ocasiões (máquinas Electrostáticas, campo eléctrico e protecção Electrostática-Gaiola de Faraday). A sua incorporação em nenhum momento deu relevância aos aspectos da vida e obra dos cientistas eminentes, apenas foram referenciados como os autores das ideias. Nisto, constata-se a subcategoria 3.1, uma história demasiado simples apenas de datas e notas bibliográficas curtas sobre poucos cientistas e alguns dos seus estudos. Quanto a apresentação da história da electricidade identificou-se a subcategoria 1.3 e a subcategoria 2.1, pois que, não foram apresentadas as etapas para se chegar que possibilitaram a apresentação das conclusões.

Observa-se ainda que neste livro os conteúdos históricos não completam a abordagem científica de maneira satisfatória com discussões interessantes e transmitindo valores pertinentes no ensino da Física. Eis algumas passagens:

Deve-se a Faraday, a introdução do conceito de acção do campo eléctrico, campo magnético, campo gravitacional... (Cossa & Vilanculos, 2009, p.72)

...Faraday construiu uma gaiola de arame que ficou conhecida como gaiola de Faraday e instalou o electroscópio no seu interior. (idem,75)

Em relação ao livro G, a característica mais predominante é a 1.2 onde, os aspectos históricos são apresentados em notas históricas (*breve história da electricidade*) nas páginas 72-76, onde se apresentam algumas ideias dos cientistas desde Tales de Mileto até James Prescott Joule, também identificou-se a subcategoria 2.1 e 3.1. A sua abordagem não é coerente, uma vez que, não há sequência lógica dos acontecimentos. As descobertas dos anos 1800 são apresentadas

antes das ideias dos anos 1544. Não se observou o contexto em que cada acontecimento evoluiu. Nalgumas vezes pouco se faz menção ao período das descobertas que são informações disponíveis em muitas fontes sobre a história da electricidade.

O livro H, apresenta o conteúdo de cunho histórico numa nota bibliográfica que aparece no final do livro, isto é, na página 141 e 142, onde cita a vida de cinco cientistas entre eles, Tales de Mileto e William Gilbert, pois que discutem a matéria de interesse nesta pesquisa. Na sua descrição, os autores explicam que:

Tales de Mileto nasceu em Mileto, antiga colónias grega e actual Turquia, por volta de 624 ou 625 a.C e faleceu aproximadamente, em 556ou 558 a.C. Tales aparece como iniciador da Filosofia porque buscava a explicação do Mundo. Foi o primeiro a explicar o eclipse solar; ao verificar que a lua por esse astro. Realizou também algumas experiências com o magnetismo. (Chiziane & António; 2013)

William gilbert Físico e médico inglês, nasceu a 24 de maio de 1544 e faleceu a 10 de Dezembro de 1603, em Londres. Foi médico dos reis da Inglaterra e pesquisador nas áreas do Magnetismo e da Electricidade. A unidade do potenciam magnético é o gilbert em sua homenagem. (idem)

Ainda no livro H, foi a única informação de cunho histórico que se destacou. De acordo com a categoria de análise, em relação a forma de apresentação do material histórico este livro enquadra-se na categoria 1.2. Os conteúdos históricos têm seu lugar próprio durante o desenvolvimento do texto, seja em seções introdutórias e textos complementares.

Em relação a segunda categoria o livro se enquadra em 2.1, isto é, as etapas seguidas para se chegar as conclusões não são apresentadas. E na terceira categoria o livro se enquadra em 3.1, isto é, uma história demasiada simples é encontrada, caracterizada pela presença apenas de datas e notas bibliográficas curtas sobre poucos cientistas e alguns de seus estudos.

Pode-se compreender que nos livros didáticos analisados, a história da Electrostática não está apresentada de forma integra a ponto de complementar as abordagens teóricas veiculadas. Constata-se também que o método científico não está presente na maioria dos livros analisados.

Tabela 1: Quadro resumo das subcategorias identificadas

Categorias		1			2			3			
Subcategorias		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4
Colecção	A	■			■				■		
	B			■		■		■			
	C			■	■					■	
	D					■		■			
	E		■	■		■					■
	F			■	■			■			
	G		■					■			
	H		■		■			■			

CAPÍTULO VII

VISÃO DOS PROFESSORES EM RELAÇÃO A HISTÓRIA DA ELECTROSTÁTICA

Nota introdutória

O objectivo deste capítulo, visa buscar no seio dos professores, por um lado, o papel que eles atribuem a história de experimentação da Electrostática e, por outro lado, as metodologias de ensino que aplicam no processo de ensino e aprendizagem. Em última análise procura-se também, compreender o domínio dos professores sobre a matéria em estudo.

Para tal foi elaborado um roteiro de entrevista constituído por 8 itens entre elas abertas e outras semifechadas. A entrevista correu de forma individual, onde eu como pesquisador, desloquei ao encontro de cada um dos professores nas suas respectivas escolas, mediante uma prévia autorização da sua parte. Os 10 professores entrevistados, leccionam a 10^a e 11^a classe, onde a Electrostática está programada.

Análise do relato dos professores de Física

De acordo com uma das perguntas que constava no roteiro, este conteúdo, faz parte da sua preferência em termos de tema de abordagem. Nisto, pode-se constatar que a motivação na leccioná-lo por cada um dos professores é maior. Isto leva o autor a acreditar que as ferramentas que aplicam nas suas aulas visam garantir melhor aprendizagem. A seguir são apresentados os resultados das opiniões dos professores:

De acordo com o roteiro (apêndice 2), e em relação a primeira questão, cujo objectivo era de identificar os livros didácticos mais preferidos para a planificação das aulas, constatou-se que oito professores baseiam as suas planificações nos livros D, E, F e Física pela prática. Dois professores recorrem a outros livros como o caso de Beatriz Alvarenga e Djanouv.

Como já se referiu no capítulo VI, nestes livros a história da electricidade apresenta-se de forma pormenorizada, e que não permite obter-se uma visão geral da história e filosofia da ciência. Nos mesmos livros didácticos, não são apresentadas sugestões experimentais que podem ser realizadas de modo a completar de forma satisfatória a natureza da ciência.

Relativa a segunda questão, que pretendia buscar a estratégia de motivação mais preferida pelo professor, entre as opções colocadas, sete professores dão relevância a correcção do TPC, fornecimento de informações sobre a utilidade do conteúdo que pretendem ensinar e outras formas, dando no entanto pouca relevância a história do surgimento do conteúdo que pretendem ensinar, assim como algumas experiências demonstrativas. Três professores é que referiram que a sua forma de motivação dependia da natureza da aula.

Quanto ao método de ensino que privilegiam, os professores foram unânimes na elaboração conjunta e expositivo, uma vez que, na sua perspectiva possibilitam uma melhor construção de conhecimentos, e facilita a sua operacionalização. Nenhum professor da preeminência ao método experimental que é o fundamental nas aulas de ciências.

Em relação a quarta questão sobre informações que possuem da história de experimentação todos os professores possuem informações sobre a sua existência, mas pouco usam como uma ferramenta didáctica para as aulas, por pouco domínio e falta de material para o efeito. Em relação a experiência histórica da electricidade os professores foram unânimes em referirem-se apenas de uma experiência que é a do âmbar realizada por Tales de Mileto.

No mesmo questionário na questão cinco foi possível compreender que quatro professores recorrem a história e experimentação nas aulas introdutórias de uma certa unidade temática.

Quanto a questão seis que pretendia perscrutar sobre a disponibilidade de material para uma abordagem significativa da história da experimentação da Electricidade, foi possível compreender a falta de meios materiais como o caso de livros didácticos para professores que exploram melhor este conteúdo, assim como a falta de laboratórios com materiais para a realização de experiências.

A questão sete pretendia inferir sobre o nível de conhecimento dos professores quanto a história de experimentação da Electricidade onde quatro dos mesmos referiram ter um nível de conhecimento suficiente e os restantes um bom nível de conhecimento.

Em relação as vantagens que o ensino baseado em experiências históricas pode trazer, foi possível compreender da opinião dos professores que pode criar mais interesse e curiosidade nos alunos em perceberem como a ciência que hoje se estuda evoluiu.

A Segunda parte da entrevista, era composta por seis itens de escolha múltipla e uma questão que pretendia colher dos professores o nome de um dispositivo electrostático que estava na imagem (tratava-se do motor electrostático de Franklin). Da entrevista, compreendeu-se o seguinte:

Seis professores atribuem a Tales de Mileto, estudos científicos das propriedades do âmbar, três professores se abstém de escolher. No mesmo item, um professor atribui a William Gilbert, que na realidade foi quem inicia estudos científicos das propriedades do âmbar uma vez que os seus antecessores atribuíam as propriedades do âmbar a um Deus e a uma simpatia.

Cinco professores atribuem a Otto Von Guerriке o uso de perpendicular no estudo dos fenómenos electrostáticos, três a William Gilbert e dois se abstém de escolher. Na verdade o perpendicular como se referiu anteriormente em 3.2 foi um instrumento usado por Girolamo

Cardano Fracastoro e que provavelmente William Gilbert terá construído o seu versório inspirado neste instrumento.

No item três que pretendia buscar no seio dos professores a invenção do versório, três professores atribuem a William Gilbert e os restantes professores de forma incorrecta atribuem a Charles Augustin Coulomb e a Benjamin Franklin.

O item quatro, complementava o item anterior, pois que tinha na imagem um versório, e pedia-se identificar o nome do instrumento. Constatou-se que oito professores afirmaram tratar-se de uma agulha magnética, pelo facto de ser giratório, mas esquecem-se do detalhe de que uma agulha magnética tem polos magnéticos, ao passo que o versório não tem.

A ideia dos três possíveis estados de electrização (*neutro-fluido eléctrico em condições normais, negativo- perda do fluido eléctrico e positivo-recepção do fluido eléctrico*), foi atribuída a Charles Augustin Coulomb, A razão da escolha é o facto de ter determinado a força de interacção Electrostática por oito professores. Um professor foi quem de forma certa atribuiu a Benjamin Franklin, pois que o outro professor se absteve em disponibilizar a resposta.

O item seis, apresentava um dispositivo apresentado no roteiro, era composto por duas garrafas de Lyden, uma haste com varetas de vidro fixas de modo a girarem por acção de forças de atracção e repulsão Electrostática. Seis professores não atribuíram o respectivo nome, um professor chamou- o dispositivo de electroscópio, dois professores, chamaram de motor eléctrico. Na mesma questão um professor chamou-o de torniquete eléctrico querendo referir-se também a ideia de motor eléctrico. Como já se referiu anteriormente, tratava-se do motor electrostático de Franklin.

O item sete, que pretendia identificar o mentor da atracção de fluídos pelos corpos electrizados foi registado elevado grau de abstinência em cerca de cinco professores. Quatro professores entrevistados, atribuem a ideia a Charles DuFay e Stephan Gray e apenas um professor atribuiu ao fenómeno ao Francês Jean Théophile Desaguliers.

As dificuldades encontradas no seio dos professores, permitem levar o autor de pesquisa a concluir que a história de experimentação da Electricidade é pouco divulgada pelos professores devido ao seu baixo nível de conhecimento derivado a falta de material que possa apoiar a sua divulgação. Os mesmo resultados, também foram obtidos nas pesquisas efectuadas por; (Boss, 2011), (Gução, et. all; 2008) e (Pagliarini& Silva; 2008)

CAPÍTULO VIII

TESTE E VALIDAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS RECONSTRUIDAS

Nota introdutória

Neste capítulo, apresenta-se a estratégia de ensino aplicada, para a integração dos experimentos reconstruídos. Importa referir, que as actividades iniciaram com um teste diagnóstico, ao grupo de 10 alunos que participaram nas aulas. O roteiro das questões consta no apêndice 3 e está constituída por 9 itens teóricos. Pretendia-se com o teste, mensurar o nível de conhecimento dos fenómenos electrostáticos pelos estudantes.

Resultados do teste

Da entrevista foi possível constatar o seguinte:

Itens	Objectivo	Respostas
Item 1	Identificar a substância que ditou os primeiros estudos dos fenómenos electrostáticos	Nove estudantes sabiam que era o âmbar mas que nenhum destes já tinha visto a resina fóssil.
Item 2	Identificar como os estudantes explicam a segurança de uma pessoa a bordo no avião ou num carro no dia de relâmpago.	Um estudante compreendeu que no interior do avião o campo eléctrico é nulo pelo que as cargas do relâmpago se distribuem na superfície externa (o avião se comporta como uma gaiola de Faraday). Os restantes alunos associaram o fenómeno do relâmpago a corrente eléctrica num condutor e que podia criar curto-circuito ao passageiro, o que não é verdade.
Item 3	Saber dos estudantes, se um filete de água poderia ser atraído por uma vareta de vidro electrizada,	A maior parte dos estudantes acredita que sim, mas a sua justificação está baseada no efeito fisiológico da corrente, o que não é verdade.
Item 4	Encontrar a diferença entre as propriedades do âmbar e do alumínio.	Associam os fenómenos electrostáticos aos fenómenos electrodinâmicos. Esquecem que o âmbar é um isolador e segundo as suas propriedades não possui cargas livres como acontece com o alumínio que é um metal.
Item 5	Identificar os estudiosos da história da Electrostática entre Oersted, Fracastoro, Ohm, Ampere, Gilbert e Stephan Gray	Oito estudantes, associam Ohm, Ampere e Alessandro Volta como sendo os cientistas que deram maior contribuição no estudo da Electrostática. Dois estudantes, descobriram que Gilbert, Fracastoro e Stephan Gray naquela lista, foram os estudiosos que mais se destacaram no estudo dos fenómenos electrostáticos.
Item 6	Identificar na lista dos nomes o inventor do versório.	Todos nunca ouviram falar de versório, que é um instrumento inventado por Gilbert

Continuação da tabela

Item	Objectivo	Respostas
Item 7	Distinguir os processos electrização por fricção, contacto e influência.	Todos os estudantes sabem que na electrização por fricção os corpos se eletrizam com cargas de sinais contrários; os mesmos assumem que as cargas positivas podem ser transferidas num processo de electrização o que não é verdade pelo facto destas últimas estarem no núcleo. Os mesmos não acreditam que os electrões são as únicas cargas que podem ser transferidas durante qualquer processo de electrização.
Item 8	Inferir se é aconselhável os condutores de veículos possam descer e ficarem próximo da bomba quando estiverem a abastecer.	Todos afirmam que é aconselhável. Mas na realidade, durante o movimento do carro ocorre fricção entre as rodas e o alcatrão, podendo-se eletrizar algumas partes do carro até ao condutor pela parte baixa do carro. Quando o condutor descer, pode criar uma descarga para a bomba a ponto de criar-se algumas faíscas até incêndios. Dentro do carro este perigo pode não ocorrer porque o carro assim como o avião, comportam-se como uma gaiola de Faraday.
Item 9	Identificar o motor electrostático	Todos os estudantes não conseguiram identificar.

É possível compreender, que o nível de conhecimento dos alunos em relação a história de experimentação da Electrostática é baixo.

Os resultados do teste diagnóstico incrementaram a motivação do autor a integrar as experiências históricas no ensino da Electrostática na 11^a classe.

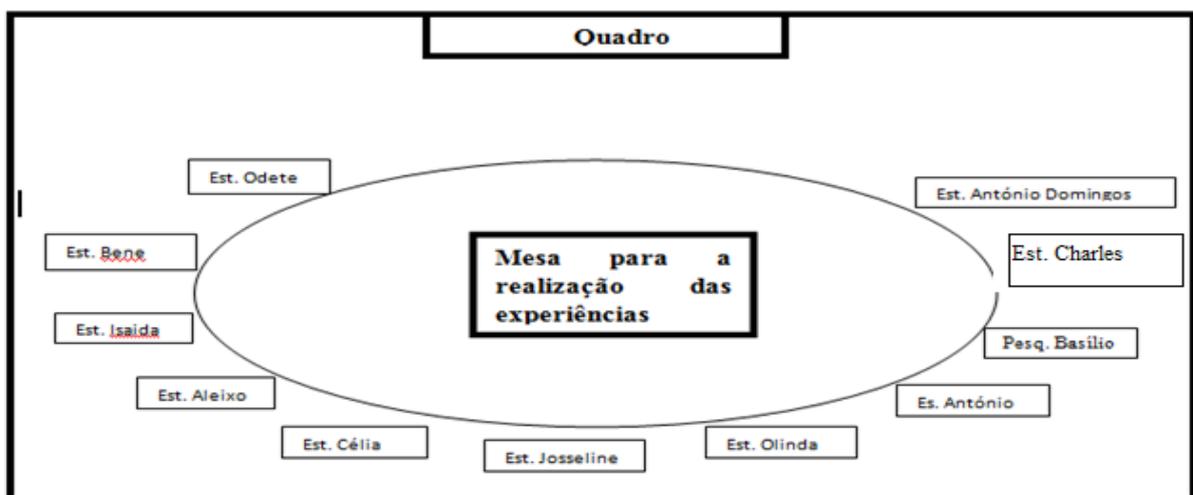


Ilustração 38: Estrutura da sala onde decorreu o teste e validação do material produzido

Como já se referiu, o grupo foi constituído por 10 estudantes e o professor. Os 11 elementos que constituíam o grupo, posicionaram-se numa forma oválica com as actividades experimentais no centro (ilustração 38).

Foi constituído um outro estudante do curso de Física, para proceder a distribuição de fichas e busca de algo que estivesse em falta durante a execução das tarefas. Um técnico da comunicação e imagem da instituição também fez parte da equipe, para a captura de imagens e vídeos.

Logo no princípio, procedia-se a distribuição da ficha de trabalho a cada um dos participantes cujo modelo vem no *apêndice VI*. A ficha era lida por um participante aleatoriamente escolhido para que de seguida iniciar-se com a realização das actividades.

A actividade era realizada por um estudante enquanto os restantes o assistiam esperando a sua vez para a mesma. O autor da pesquisa (professor) posicionava-se como mediador, colocando questões intermediárias sobre os fenómenos que estavam sendo observados, conceitos e leis que podem ser formulados, apenas para possibilitar o melhoramento da qualidade dos argumentos, sem no entanto fornecer as respostas. No final, fazia-se uma síntese das ideias-chaves a serem retidas em cada experiência. Ao terminar-se a execução de uma actividade os estudantes preenchia a ficha de trabalho que era um indicador da aprendizagem.

Primeira sessão: Comportamento eléctrico de varetas friccionadas (condutores e isoladores)

Esta sessão iniciou com a colocação sobre a mesa de 9 varetas, entre elas (de ferro, de alumínio, de cobre, de madeira, do tubo de mangueira, de PVC, de cabide plástico de acrílico, de canudinhos e de vidro). Paralelamente a isto, foi colocado também sobre a mesa o pano de seda e o âmbar. Importa aqui referir, que estava sobre a mesa um pêndulo onde uma tira de alumínio neutra, com dimensões de $(15 \times 15) \text{ cm}$ ficou suspenso através de um fio isolante de 30 cm, com a qual feria-se o teste das interacções. Ao terminar, leu-se a ficha de trabalho experimental por um estudante. A questão orientadora nesta sessão foi: *(1) Como se comportam diferentes materiais após a fricção? (2) Que materiais electrizam-se melhor por fricção?*

Como segunda questão, foi colocada a seguinte: *será que o efeito da atracção será o mesmo em cada uma das varetas atritadas?* Alguns estudantes referiam que sim, porque cada vareta era friccionada um número igual de vezes, esquecendo-se das propriedades de cada material constituinte da vareta. Algumas ideias dos estudantes referiam que as varetas de cobre e de ferro atraíam mais a tira de alumínio por serem condutores, enquanto a vareta de alumínio

repelia a tira de alumínio por ser do mesmo material. Mas foram unânimes em referir que as varetas de madeira, plásticos e vidro atraíam com pouca intensidade a tira pelo facto de não conduzirem a corrente eléctrica.

Ao terminar o debate entre os estudantes, distribuiu-se cada vareta aos estudantes. Cada vareta era friccionada durante 15 segundos e logo de seguida era aproximada a tira de alumínio. Foi possível constatar-se que aquelas varetas inicialmente tidas como as de maior efeito, nenhuma delas atraiu a tira, mesmo a vareta de alumínio que se supôs que iria repelir-se, não exerceu algum efeito após a fricção. Nesta actividade, foram seleccionadas as varetas de tubo de mangueira, de cabide de acrílico, PVC, canudos e de vidro. Tendo sido seleccionada esta última para as restantes tarefas, por se ter registado melhor efeito de atracção.

No entanto, as palavras condutoras e isoladores já haviam sido colocadas pelos estudantes durante as suas explicações. Foi colocada a seguinte questão: *com base na experiência feita o que será condutor e o que será isolador?* Concluiu-se que bons condutores serão os materiais que ao serem friccionados não interagem com um corpo neutro leve. Bons isoladores serão aqueles materiais que ao serem friccionados interagem com corpos neutros leves. Os maus condutores interagem fracamente com corpos neutros leves, como o caso da madeira seca utilizada nesta actividade.

Diferentemente dos testes realizados pelo pesquisador no laboratório que resultaram em gráficos e tabelas de diferenciação das propriedades eléctricas de cada vareta (Tabela 4.9, Gráfico 4.1 e 4.2), com os estudantes o teste limitou-se apenas no nível qualitativo, observando-se e analisando-se os efeitos de atracção. Estes efeitos foram analisados com base no preenchimento de uma tabela que constava na ficha.

Segunda sessão: Teste dos materiais que podem ser atraídos por um corpo electrizado

Esta sessão iniciou pela disposição do material sobre a mesa de experimentação (âmbar, penas de aves, capim seco, bolas de esferovite, pedaços de cortiça, pedacinhos de papel de alumínio, pedacinhos de papel do tipo A4, algodão, a vareta de vidro, vareta de tubo PVC e o pano de seda.

As fichas de trabalho foram distribuídas, e a estudante Olinda procedeu a leitura da ficha iniciando pela contextualização histórica. Ao terminar o professor pediu que o Estudante Aleixo friccionasse a vareta de vidro.

Um dos erros que tem sido cometido durante a fricção, é a identificação do sentido e posição em torno da qual deve se efectuar. Nesta actividade os estudantes constataram que o efeito de atracção manifesta-se melhor quando a fricção é efectuada várias vezes num único sentido.

Pediu-se que os estudantes pudessem dar nomes a cada um dos materiais presentes na mesa, donde se constatou que os mesmos tinham dificuldades de dar nome o âmbar pois que nunca tinham o visto. A cortiça, pedra de quartzo que chamavam de vidro e as bolas de esferovite que chamavam de rolha. Depois da apresentação dos materiais, três questões foram colocadas pelos estudantes:

O que é âmbar? Onde pode-se encontrar? Por causa da sua transparência, mais uma questão foi colocada: *Será que a manifestação desta substância (âmbar) é igual a lâmpada?* O professor abriu um texto onde vinha a definição do âmbar como uma resina fóssil proveniente de pinheiros.

Foi possível observar que todas as substâncias foram atraídas pela vareta de vidro. Este fenómeno possibilitou concluir que:

- a) A Electricidade é uma propriedade intrínseca da matéria, isto é, está em todas as substâncias.
- b) Um corpo diz-se electrizado quando possui uma desigualdade entre o numero de electrões e de protões.
- c) Electrizar um corpo significa criar um desequilíbrio entre o número de electrões e de protões através saída ou entrada de electrões no corpo.
- d) Quando o corpo recebe electrões de um outro corpo diz-se negativamente carregado e se cede electrões ao outro corpo diz-se positivamente carregado.
- e) Quanto se aproxima um corpo electrizado a um corpo neutro, ocorre no corpo neutro a indução Electrostática. Neste contexto, haverá maior predominância da força de carácter atractivo que de carácter repulsivo. Afinal as interacções tornam-se maiores quando a distância for menor.
- f) A carga eléctrica é uma propriedade que determina as interacções electromagnéticas. A sua unidade de medição é o Coulomb, em homenagem ao Físico Francês Charles Augustin Coulomb. Esta grandeza também pode ser apresentada em submúltiplos.

Terceira sessão: O carrinho electrostático

As interacções Electrostáticas são cerca de muitos biliões de vezes maior que a força de interacção gravitacional. Nesta sessão, o carrinho foi previamente construído e após a leitura

da ficha de trabalho, a primeira actividade foi explicar a sua constituição. É verdade que os alunos já sabiam que o carrinho era electrostático, mas a curiosidade criada foi: *como é que vai se mover, pois que não havia aí algum mecanismo de accionamento?* Instantaneamente, colocou-se o carrinho sobre a bancada das experiências previamente polida e colocada no centro. Um elemento do grupo dos estudantes friccionou por 15 segundos a vareta de vidro e logo de seguida aproximou-a a uma das rodas do carrinho. Logo na primeira tentativa, o carrinho não se deslocou, pois que uma das rodas estava presa, apenas experimentou uma vibração.

Após a libertação das rodas, na segunda tentativa o carrinho moveu-se muito rapidamente na direcção do movimento da vareta electrizada, até a extremidade da bancada. Esta actividade foi repetida por cinco estudantes do grupo, em que friccionavam a vareta por 15 segundos e logo de seguida aproximavam até 2 cm de uma das rodas do carrinho. A questão que foi colocada pelo pesquisador em relação ao experimento foi: *porque é que o carrinho se moveu?* Várias respostas foram dadas, entre elas; *porque recebeu cargas, ficou electrizada, porque foi atraída.* Estas respostas não foram convincentes ao pesquisador, o que o obrigou a resgatar a estrutura atómica, a ligação metálica e os processos de electrização dos corpos por influência, contacto e fricção. Foi possível, depois que os estudantes compreenderem que a roda do carrinho que é aproximado a vareta induz cargas, e como consequência tem a tendência de ser atraída na direcção do movimento da vareta. A segunda roda, apenas se movia por inércia da primeira. Também recordou-se a actividade da segunda sessão que estes fenómenos de interacção Electrostática com varetas manifestam-se intensamente com corpos leves como o carrinho e em ambientes secos.

Percebeu-se também que as interacções só podem ocorrer dentro de um campo, que neste caso é o campo electrostático que varia inversamente com a distância. O mesmo campo torna-se mais intenso quanto maior forem as propriedades eléctricas (neste caso quando maior for a carga eléctrica).

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Quarta sessão: Atracção de líquidos de Jean Théophile Desaguliers

Depois da leitura da ficha de trabalho friccionou-se a vareta de vidro e descreveu-se a constituição do dispositivo. A primeira questão surgiu quando se testava a saída do filete de água através do canudo, pois que isso ocorria quando se abria parcialmente a tampa. Com a tampa fechada a água não fluía no canudo aberto. *Porque é a agua não jorra através do canudo*

quando a tampa da garrafa estiver fechada? A questão colocada *não* fazia parte da pesquisa, pois que a sua resposta implicava buscar os conceitos de pressão atmosférica que desequilibra a pressão hidrostática sobre a coluna do líquido quando a tampa é aberta.

Quando se aproximou a vareta de vidro eletrizada ao filete de água, como mostra a figura 4.20, foi atraído. Após intensos debates, concluiu-se que a água como matéria também induz cargas ao ser aproximado um corpo eletrizado. Devido a influência da distância entre cargas de sinais contrários, haverá maior predominância da força de atracção.

Mais uma pergunta foi colocada por um outro estudante: *será que uma água simples sem este corante pode também sofrer o mesmo efeito?* Esta questão foi facilmente ultrapassada porque afinal já havia sido referido que a electricidade é uma propriedade intrínseca da matéria, independentemente da presença ou não de corante o efeito se manifesta nas mesmas condições.

Na presença do campo eléctrico (vareta eletrizada), cada molécula da água no filete, comporta-se como um dipolo eléctrico.

Quando se aproxima a vareta eletrizada ao filete de água, as moléculas da água (dipolos eléctricos) se orientam na direcção do campo da vareta (polarização). A parte negativa dos dipolos se aproxima mais da vareta, desviando-se na sua direcção.

Quinta sessão: O perpendicular

Dando continuidade com a realização das experiências históricas reconstruídas, nesta sessão durante a leitura percebeu-se que o perpendicular foi o primeiro instrumento construído para efectuar estudos profundos das propriedades semelhante as do âmbar mas não foi publicado. Foi Girolamo Cardano Fracastoro, quem construiu o perpendicular que lhe permitiu estabelecer cinco diferenças entre as propriedades do âmbar e da magnetite.

Uma das questões levantada por um dos estudantes do grupo foi: *porque é que ao em vez de colocar o âmbar sobre a mesa, foi suspenso?* Foi possível ultrapassar-se esta dificuldade através do efeito de diferentes forças que actuariam sobre o âmbar na mesa e que não atuam sobre o âmbar suspenso.

Os estudantes conseguiram perceber que o que actualmente este instrumento chama-se pêndulo eléctrico cuja função é detectar a presença de copos eletrizados.

Sexta sessão: A repulsão de uma folha de alumínio

Depois de lida a ficha de trabalho, a tira de alumínio foi suspensa através de um fio de seda numa haste. Quando se aproximou a vareta eletrizada, três fenómenos sucessivos foram

observados. O primeiro consistiu na atracção instantânea entre o alumínio e a vareta. O segundo foi de repulsão de longa duração. O terceiro foi, que quando pedacinho de alumínio entrasse em contacto com a haste metálica, voltava a ser atraída instantaneamente e a repulsão ocorria.

Nesta actividade registou-se a dificuldade colocada por uma estudante: *uma vez que na actividade nº2 quando aproximamos a vareta eletrizada a pequenos pedaços de alumínio sobre a mesa, estes foram atraídos. Porque é que já agora que o alumínio esta suspenso ocorre a repulsão.*

A tira de alumínio ao entrar em contacto com a vareta eletrizada, eletriza-se com cargas de mesmo sinal. No entanto, o fenómeno seguinte é a repulsão, porque, cargas do mesmo sinal repelem-se. Um corpo eletrizado ao entrar em contacto com um condutor descarrega-se instantaneamente.

Sétima sessão: O oscilador electrostático

Esta actividade foi a primeira das propostas cuja realização necessitava de uma fonte de tensão como o gerador de Van Der Graaf, ou o Mata-Moscas eléctrico. Por este facto, a sua integração foi em forma de experiência de demonstração. Os estudantes limitaram-se a leitura, observação e interpretação dos fenómenos observados, como se referiu, tratasse de um teste com grupo experimental e não com uma turma real.

O pesquisador montou e testou o dispositivo na presença dos estudantes e colocou as seguintes Questões: (1) *Antes da ligação qual é o estado de eletrização da bolinha?* (2) *O que significa este estado?* (3) *Depois da ligação qual é o estado de eletrização de cada uma das placas?* (4) *Como se eletrizam dois corpos depois do contacto quando um deles é previamente eletrizado?* (5) *Porque é que quando se liga o dispositivo a bolinha oscila?*

Só se passava para a questão seguinte, quando se encontrasse no seio dos alunos a resposta correcta da anterior.

Como pode-se compreender, as respostas as questões permitem fornecer um conjunto de conhecimentos capazes de dar a explicação correcta ao fenómeno observado. A luz das respostas: a bolinha está neutra, o que significa que tem uma igualdade entre o número de electrões e de protões; Após o contacto, dois corpos adquirem cargas do mesmo sinal; Uma placa está eletrizada negativamente e a outra positivamente. Quando a esfera neutra é primeiramente atraída por uma das placas, eletriza-se com cargas do mesmo sinal, sendo posteriormente repelida por esta em direcção a outra placa com carga oposta. Esta por sua vez ao entrar em contacto com a bolinha, descarrega-a e eletriza-a com o seu sinal de carga, dando

se novamente a repulsão. O processo ocorre continuamente enquanto o dispositivo estiver ligado a fonte. Foi Benjamin Franklin quem iniciou a efectuar este tipo de experiências, como já se referiu no capítulo III.

Mais uma vez, muitos conceitos foram consolidados, como o caso de campo electrostático, carga eléctrica, força eléctrica, e mais.

Oitava sessão: Versório

Esta sessão iniciou com a leitura da ficha de exercícios e de seguida a apresentação dos versórios. Foram propostos cinco versões dos quais quatro feitos de cobre e um feito de canudo como pode se observar na ilustração abaixo.

Quando se aproximou a vareta de vidro electrizada, a cada um dos versórios, estes foram atraídos, tendo assim sofrido torques na direcção do corpo electrizado. Foi possível observar nesta tarefa, que o canudo foi mais sensível a torques que os versórios feitos de cobre.

Foi possível perceber-se que os efeitos electrostáticos, se estendem para outros elementos como o caso do cobre.

O versório pode ser feito de qualquer material desde que possa ser sensível a ponto de detectar pequenos torques quando for aproximado um corpo electrizado. Este fenómeno ocorre porque a electricidade é uma propriedade intrínseca da matéria.

O versório difere-se da bússola pelo facto deste último possuir polos magnéticos e uma orientação fixa na direcção dos polos magnéticos norte e sul da terra.

Nona sessão: A Protecção Electrostática: Gaiola de Faraday

Nesta sessão após a leitura da ficha de trabalho, o professor levou um rádio que estava sintonizado o canal de uma certa emissão de FM e envolveu-o com o pano de seda; e de seguida envolveu-se num rolo de alumínio, onde verificou-se que esta pára de tocar.

Logo a partida foi possível os estudantes perceberem que as propriedades da seda e do alumínio na condução de electricidade são diferente.

Ao terminar esta actividade, o professor recordou os estudantes sobre uma das questões que vinha no roteiro da sua entrevista, sobre a protecção de um indivíduo abordo num avião onde apenas um estudante foi quem sabia da explicação do fenómeno.



Quando o âmbar estivesse dentro da Gaiola e aproximando-se a vareta eletrizada, esta não sofria algum efeito. Mas quando estivesse fora da gaiola, os efeitos do corpo eletrizado eram nitidamente observados.

Os estudantes perceberam que as propriedades do corpo eletrizado não se estendiam até ao interior da Gaiola que neste caso é um metal. O mesmo efeito se estende até a um telemóvel quando for completamente envolvido no interior de um papel de alumínio.

De igual modo, a eletrização do relâmpago, não se estende até ao interior de um carro ou de um avião pois que as cargas eléctricas irão se distribuir na superfície metálica que envolve este meio, desde que o interior esteja devidamente isolado.

No interior da gaiola metálica o campo eléctrico é nulo, eis a razão da bolinha não interagir com a vareta eletrizada.

Décima sessão: Motor Electrostático

Nesta sessão, após a leitura de ficha de trabalho, o autor apresentou aos estudantes a composição do dispositivo e da fonte de tensão. Nesta etapa os estudantes foram explicados da importância da caixa de vidro em função das condições do funcionamento do motor. Paralelamente a isso, foram fornecidos um pacote de informações sobre os cuidados a ter com a electricidade. O passo seguinte foi a recapitulação da contextualização histórica que constava na ficha de trabalho. Finalmente o motor foi ensaiado pelo professor e sendo que as actividades de aprendizagem dos estudantes se limitaram na observação, descrição e explicação dos fenómenos observados.

Esta actividade possibilitou compreender que:

As duas pontas da esferográfica que contém os terminais de condutores ligados ao gerador, libertam chispas que se dirigem até ao CD que origina uma força de repulsão. Esta força de repulsão transmite um momento ao disco entrando este em movimento de rotação. Quanto maior for a tensão na fonte, maior será o movimento do disco.

O primeiro motor desta natureza foi construído por Poggendorf em 1870 e funcionava com uma tensão mínima de 40 KV e nesta actividade o motor funciona com uma tensão mais reduzidas. Com cerca de 7,5 KV, o disco compacto inicia o seu movimento em marcha lenta, e vai aumentando de rotação a medida que as tensões vão aumentando.

Foi Benjamin Franklin quem iniciou a efectuar estudos desta natureza com na sua pesquisa sobre o poder de pontas.

Avaliação das experiências históricas realizadas pelos estudantes

Após as aulas práticas realizadas, os alunos foram submetidos a uma avaliação composta por dez itens considerados favoráveis (*videm apêndice IV*). O objectivo da avaliação, era de medir o seu nível de aprendizagem e de concordância sobre as actividades realizadas. Estes itens foram respondidos na escala de Likert onde o estudante iria marcar com X, o valor de 1 a 5, correspondente ao seu nível de satisfação desde o nível mais baixo até ao mais alto.

Neste questionário foi garantido o total sigilo, onde cada respondente não deveria se identificar e que na hora de entrega deveria virar a face da folha que continha as respostas.

A pontuação dos estudantes foi descrita no gráfico abaixo:

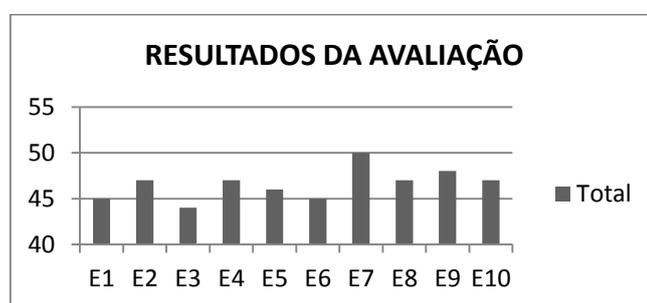


Gráfico 3: Relação entre cada estudante e a sua respectiva pontuação

É possível notar, que o nível de satisfação dos estudantes em relação as experiências foi bom. Os mesmos poderiam replicar algumas experiências, divulgar.

Para os estudantes, esta constituiu uma oportunidade que trouxe algo de novo na sua forma de compreensão da Electrostática.

Foi possível também compreender que um estudante já havia realizado as experiências de atracção de líquidos e de atracção de papéis, mas que não sabiam no entanto o seu autor que é Desagurilies, e Tales respectivamente. Notou-se também neste estudante dificuldades na explicação científica dos fenómenos que eram observados.

Um outro aspecto a notar é a replicação das experiências por parte dos estudantes (*questão 6*), que também registou uma baixa pontuação, pois que alguns materiais como a fonte de tensão usada no motor electrostático e o âmbar não são acessíveis aos estudantes, pelo que nestas actividades há uma certa dificuldade em poder repetir.

CONCLUSÕES DA PESQUISA

A pesquisa sobre a história da Electrostática possibilitou a estruturação e o enquadramento dos acontecimentos nas respectivas idades históricas. À luz desta estruturação foi possível conceber, construir, validar e aprimorar experimentos para o ensino da Electrostática.

Foi possível também constatar que a história de experimentação da Electrostática, está veiculada de forma simplificada nos livros didáticos de Física. Esta abordagem não completa de forma satisfatória os conhecimentos a serem transmitidos, podendo ocorrer alguns casos de pseu-história como o caso dos livros B e C, analisados. Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas efectuadas por (Gução, et. Al, 2008); (Pagliarini, 2007).

No seio dos professores entrevistados, registou-se baixo nível de conhecimento face a história de experimentação da Electrostática. Resultados semelhantes também foram encontrados por (Boss, 2011), e refere que estão associados a falta de material de qualidade.

Os experimentos construídos e realizados, possibilitaram por um lado a redução da abstracção na abordagem dos conceitos. E por outro lado, a recapitulação de vários conceitos, tais como: a carga eléctrica, o dipolo eléctrico, o campo eléctrico, os dieléctricos e suas propriedades Electrostáticas, os condutores, a polarização, a atracção e repulsão eléctrica, a força eléctrica bem protecção a Electrostática.

Todos os fenómenos previstos foram observados e estudados através dos dispositivos construídos. Como o caso da atracção de pequenos objectos por um corpo electrizado, o movimento de um carrinho feito de latas de refrigerantes sob acção do campo eléctrico, um filete de líquido deflectido pelo efeito do campo eléctrico, os versórios que detectavam a presença de corpos electrizados, os metais que não se electrizam por fricção, o oscilador electrostático, o nulo efeito do campo eléctrico no interior de uma Gaiola e o funcionamento do motor electrostático feito de disco compacto.

Notou-se também, que as actividades experimentais com recurso a experiências históricas são pouco recorridas pelos professores de Física como uma estratégia didáctica. O recurso a estas actividades pode tornar-se uma metodologia inovativa que estimula a génese e o gosto pela ciência. Pesquisa semelhante, foi efectuada por (Azevedo, et al, 2009), tendo constatado que de um universo de 274 artigos relacionados com a prática das actividades experimentais no ensino de Física, apenas 4 é que tratavam sobre a reconstrução de experiências históricas.

A prática também mostrou que a reconstrução de experiências históricas de Electrostáticas motivou e atraiu os estudantes na aprendizagem, tendo promovido uma melhor compreensão dos conceitos científicos.

No processo de validação, os alunos seleccionados (amostragem intencional) avaliaram as actividades realizadas pela escala de Likert de 10 itens, sendo que a média dos resultados foi de 46.6, como consta no gráfico.

Limitações do estudo

Os resultados encontrados durante o teste dos experimentos, dizem respeito a um grupo de estudantes reduzido, pelo que um estudo com uma turma real poderá ser efectuado.

Mais instrumentos históricos poderiam ser construídos no mesmo âmbito e na mesma temática, como o caso do gerador de Van-Deer-Graaf com material alternativo, electroscópio de Nollet, algumas máquinas Electrostáticas, que não foram apresentados neste trabalho pelo facto de não estarem directamente ligados ao currículo do ensino secundário geral e algumas pelo facto de serem bastante conhecidos na arena escolar.

A capacidade de argumentação dos estudantes do ensino secundário geral, é relativamente baixa, pelo que a pesquisa poderá ter outros resultados quando as experiências históricas forem integradas a estudantes do ensino superior, que estejam frequentando cursos de Licenciatura em Física. Nesta pesquisa, a estratégia foi pelo debate em grupo, deixando que cada um exprima o seu pensamento e intercalando algumas palavras, logo que o estudante começa a perder o raciocínio.

Os conceitos e fenómenos que foram tratados nas experiências realizadas, manifestam-se de forma nítida em ambientes secos. Neste contexto, a definição do período do ano e dia para os testes dos materiais é fundamental. No período do verão e dias onde o ambiente estiver seco os estudantes conseguem de forma satisfatória observar a manifestação destes fenómenos. Assim, a sala onde devem correr estas experiências não deverá estar climatizada, isto é, com ar condicionado, mas sim a condições do tempo iguais ou próximas as do meio exterior.

Ao em vez de integrar de forma piloto as experiências históricas aos estudantes da 11ª classe, seria também exaustivo a sua integração com os professores pelo facto destes serem os factores chave da popularização do ensino nas escolas. Mas esta tarefa pode tornar-se complexa devido a motivos de ordem administrativa, disponibilidade de tempo. Em contrapartida, todos estes factores, foram acautelados de forma relativamente simples com os estudantes.

BIBLIOGRAFIA

- ASSIS, AndreKoch Torres, *Os fundamentos Experimentais e História da Electricidade*; Montreal, Quebec, 1 Edição, Canadá, 2010, p. 266; ISBN: 9788578610975.
- ATAÍDE M.C.E.S; SILVA; B.V.C; *As metodologias do ensino da ciência: contribuição da experimentação e da história e Filosofia da ciência*; vol. 4; Holos; 2011.
- AUSUBEL, D.; Novak, J.; Hanesian H.; *Psicologia Educacional*; Rio de Janeiro. Ed. Interamericana; 1978.
- AZEVEDO, Luis Hernani; JÚNIOR; Francisco Nairon Monteiro; SANTOS; Thiago PerreiraDos; CARLOS; Jairo Gonçalves e TANCREDO; Bruno Nogueira; *uso de experiências no ensino de Física; tendências a partir do levantamento de artigos em períodos da área de Brasil*; VII encontro Nacional em Educação e Ciências; Florianopolis; 2009 ISSN 21766940.
- BALOI, Mário; *Física 11ª Classe*; Longman Moçambique, 1 Edição, Maputo; 2010
- COSSA, BARBOSA; Boscoli Barbosa; *a experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento*; Fucamp, Brasil 2010 ISSN 2236-9929.
- BASSALO, Jose Maria Filardo, *Nascimento da Física 3500 aC-1900 a.D*, Editora Universitária, Belém-Pará, Brasil 1996.
- BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; *Tradução comentada de Artigos de Stephan Gray (1666-1736) e Reprodução de experimentos históricos com materiais Acessíveis-Subsidio para o ensino de Electricidade*; Tese de Doutorado; Bauri; SP; 2011.
- BUCHWALD, Jed Z. e Robert FOX; *Electricity and Magnetism to Volta*, Oxford University Press, 2014.
- CARVALHO, CRISTIANO; *História da indução electromagnética contada nos livros didáticos de Física*; Curitiba; 2007.
- CHANG, H. *How historical experiments can improve scientific knowledge and science education: the cases of boiling water and electrochemistry*, v.20, Science & Educationn.3-4, p.317-41, 2011.
- CHIZIANE, Rodrigues António e ANTÓNIO, Amândio; *Saber Física 10*, 1ª Edição, Pearson Moçambique LTD, Maputo, 2013.
- COSSA, Rogério, & VILANCULOS, Anastácio; *F11. Física 11ª classe*; Textos Editores 1 Edição, Maputo 2009 p.176.
- DABLE, Caetano; *Teoria quântica de campos*; Brasil, 2008; site: <http://desoxirribonucleico2.blogspot.com/2008/03/teoria-quantica-dos-campos.html>
- DUQUE, Enoqui Renaldi; *História da ciência e uso da instrumentação: construção de aparatos histórico-científicos simples como estratégia de ensino*; Rio de Janeiro; 2009.
- FIOLHAIS, C., e TRINDADE, J. *Física para todos - concepções erradas em mecânica e estratégias computacionais*, Coimbra, 2007 <http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html> [Capturada em Mar. 2014].
- GATTI, Sandra Regina Teodoro; Nardi, Roberto; Silva, Diriceu Da; *história da ciência no ensino de Física: um estudo sobre o ensino da atracção gravitacional desenvolvido com futuros professores*; Investigação em ciências; Brasil 2010.
- GUÇÃO, Maria Fernanda Bianco; BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; etall; *uma análise do conteúdo nos livros didáticos do Ensino Médio: Electrostática*; Curitiba; 2008.
- GUEDES, Manuel Vaz, *O fenómeno eléctrico; Algumas ideias e experiências durante o século XVIII*, Porto Editora, Porto; 2003.
- GUEDES, Manuel Vaz, *Versorium*, Revista Electricidade; n° 376; Lisboa; 2000 capturado em <http://paginas.fe.up.pt/histel/fhistins/versorium.pdf> no dia 30 de Março de 2014.
- GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio; MARCO, Braga; *Uma abordagem histórico-filosófica para o Electromagnetismo no ensino médio*; Rio de Janeiro; 2004.

- HEILBRON; J.L *Electricity in the 17th and 18th century: a study of early modern physics*, Berkeley: University of California Press; 1979.
- HEINECK, R. *Relações entre as disciplinas de Física e de Didáctica de Ciências no curso de magistério-ensino médio*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação. Universidade de Passo Fundo; 1999.
- INDE & MINED; Física, *Programa da 10ª Classe*, INDE/MINED Moçambique; Maputo 6270RLINLD/2010.
- INDE & MINED; Física, *Programa da 11ª Classe*, INDE/MINED Moçambique; Maputo 6270RLINLD/2010.
- JDÁNOV, L.S. & JDÁNOV, G.L.; *Física*, MIR, Moscovo, 1981.
- LIMA, SARA & ALÉXIEVA VÁLIA; *Física 10ª Classe de acordo com o novo programa, Livro do aluno*, Plural editores, Portugal; 2011 p.112.
- MABOTE, Joana Luís & NHANCALE, Isac Nassone; *Física 11 classe*; 1ª Edição: Maputo-Diname; 2003; p.310.
- MACIEL, Noémia; *Física 11ª classe*; Plural Editores; Portugal; 2010; p.223.
- MAGALHÃES, A.P, De Magnete-Imagens do Magnetismo no século XVII, *In Anais do VII Semana Nacional da História da Ciência e Tecnologia*. Imprensa oficial SP, Edusp, Editora da Unesp, 2000 p.(443-450).
- MARTINS, Roberto de Andrade. *A história das ciências e seus usos na educação*. In: *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino* Cibele Celestino Siilva,(org.).SP: Editora Livraria da Física, 2006.
- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching- The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.
- MEDEIROS, A. *As origens históricas do Electoscópio*. Revista Brasileira de ensino de Física, v.24,n.3, 2002 p(353-361)
- MENEZES, João Paulo, F10. *Física 10ª classe*, Texto Editoras, Maputo p.160.
- NETO, Luiz Ferraz; *Imperdível Mundo da Física Clássica, Electrostática*; Brasil; 1999. Capturado em www.feiradeciencias.com.br
- NHANCALE, Isaac Nassone; e MABOTE, Joana Luís, *Física 11ª Classe*, 1ª Edição, Diname 2003.
- OKA, Maurício Mussazumi, *História da Electricidade*, versão 1ª 2000
- PAGLIARINI, Cassiano Rezende, *Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de Física para o ensino médio*. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- POHL, Robert Wichard; *Elektrizitätslehre*; Funfzenhte Auflage; Berlim. Gottigen; Heidelberg; 1955.
- POPOV; Oleg, *Ensino de Física na Escola Moçambicana*, Maputo; 1993.
- RUSSELL, T. L. *Science Education What history of science, how much, and why?*, v. 65; 1981, p. 51-64,
- SILVA, Cibelle Celestino e PAGLIARINI Cassiano de Rezende; *A natureza da ciência em livros didáticos de Física; XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*; Curitiba; 2008
- SOARES, Paulo António de Toledo; FERRARO, Nicolau Gilberto; JÚNIOR, Francisco Ramalho; *Os Fundamentos da Física*; 8ª Edição; São Paulo; Moderna; 2003; p.468
- VALADARES, Jorge, *Estratégias construtivistas e investigativas do ensino de ciência*; Encontro das ciências no âmbito de novos Programas; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 4 de Maio S/A; p.19. Artigo capturado no dia 06 de Abril de 2014 no site: http://eec.dgicd.min-edu.pt/documentos/publicacoes_estrat_const.pdf
- VALADARES, Jorge & PERREIRA, Duarte da Costa; *Didáctica da Física e da Química*; Palácio Ceia; Lisboa; 1991; p.397.
- VASCONCELOS, Geraldo M.S F.809; *Instrumentação para o ensino; Experimentos de baixo custo para o Ensino Médio*; Campinas; 2005. Ttp://ifi.unicamp.br/assis.

- VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. *O livro didático de ciências no ensino fundamental – Proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico*. Ciência & Educação, Brasil, 2003.
- VINCHIGUERRA, M., *A tecnologia no ensino de Física no ensino médio*, Monografia de Especialização em Informática na Educação. Universidade de Passo Fundo, Brasil, (2001).
- VINHAIS, Humberto Ferreira; *Projecto optimizando de um micro-motor electrostático*; SP, 2004.
- VISCONDI, Tiago de Freitas, *F-809 Instrumentação para o ensino*, 2006 .

APÊNDICES

APÊNDICE I: AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS PELOS ESTUDANTES

N°	Perguntas	Avaliação				
		1	2	3	4	5
1	Senti-me satisfeito com as aulas práticas.					
2	As experiências constituíram novidade para mi.					
3	Achei simples a realização destas experiências.					
4	O uso destas experiências pelos professores melhora o entendimento da Electrostática.					
5	O meu nível de compreensão da história de experimentação melhorou.					
6	Estou em condições de repetir as mesmas experiências para os meus colegas.					
7	Recomendaria a meus colegas também a terem as mesmas aulas.					
8	O conteúdo das aulas melhorou a minha forma de compreender a Física.					
9	Se voltar a fazer o teste diagnóstico (entrevista), o meu resultado vai melhorar.					
10	Compreendi a linguagem usada nas fichas de trabalho com facilidade.					
---	Total de pontuação					

APÊNDICE II: ROTEIRO DE ENTREVISTA DIRIGIDO AOS PROFESSORES DE FÍSICA

Roteiro de entrevista dirigido aos Professores de Física

Caro colega professor e Amigo!

Terá no máximo 30 minutos a atender a minha preocupação. Atempadamente agradeço a sua colaboração

No âmbito da minha dissertação trago este roteiro para que me ajude a dar as informações mais fiáveis e verdadeiras possíveis, no entanto não se identifique pois que não tem um cunho avaliativo.

Classe que lociona		Experiência na classe		Classe de preferência	
Matéria de preferência na classe que lociona				Nº de turmas	

1. Coloque na ordem decrescente de acordo com a preferência os livros que usa para planificar as aulas sobre a Electricidade? _____

2. Ao introduzir as aulas de Física como tem gostado de motivar os seus alunos?

A. Faz correcção do TPC B. Conta Histórias do dia-a-dia com muita novidade C. Conta a história do surgimento do conteúdo que pretende ensinar D. Fornece informações sobre a aplicação da matéria a ser ensinada no quotidiano E. Usa outra forma. Qual _____

3. Que método privilegia nas suas aulas? Porque? _____

4. Já ouviu falar sobre a história de experimentação da Electricidade? Sim Não

Caso seja sim. O que entende por isso? _____

5. Em que parte da sua aula faz esforço de trazer uma contextualização histórica da matéria sobre a Electrostática. A. Nenhum momento B. Algumas vezes na introdução C. Sempre que entro na sala, D. Faço de forma espontânea. E. Outro momento, qual _____

6. Acha que o material disponível para a abordagem histórica dos conteúdos de Electricidade é suficiente? Sim Não Justifique: _____

7. Qual é o seu nível de conhecimento da História da experimentação da Electricidade

Fraco Suficiente Bom Muito Bom

8. Acha que a integração da História da Experimentação da Electricidade pode mudar algo na aprendizagem dos conceitos de Electricidade? Sim Não

Justifique _____

Parte II: Um pouco da História de Electricidade

1. Estudos científicos sobre as propriedades eléctricas do âmbar foram feitas por: A. Gilbert com uso do electroscópio B. Tales de Mileto com uso do Âmbar C. Gilbert com uso do versório D. Gilbert com uso do Perpendículo E. Por Fracastoro com uso do perpendículo

2. O perpendículo foi usado em experiências por: A. William Gilbert B. Otto Von Guericke C. Stephan Gray D. Girolamo Cardano Fracastoro. E. Nenhum desses, mas por _____

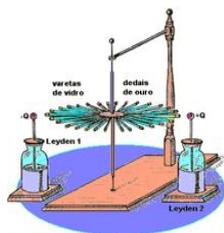
3. O versório foi um instrumento usado por: A. Charles Augustin Coulomb B. Benjamin Franklin C. William Gilbert D. Thales de Mileto E. Por ninguém.

4. O instrumento apresentado na no fim da página (*fig. 1*) ilustra A. A agulha magnética usada por Oersted na descoberta do Electromagnetismo B. Versório usado por Magnus C. Versório usado por Gilbert D. Perpendículo usado por Pierre de Maricourt.



5. Classificou os três possíveis estados de electrização (*neutro-fluido eléctrico em condições normais, negativo- perda do fluido eléctrico e positivo-recepção do fluido eléctrico*). A. William Gilbert B. Benjamin Franklin C. Charles Augustin Coulomb D. Michael Faraday

6. O dispositivo abaixo ilustra _____



7. De quem foi a primeira ideia sobre a atração de fluidos por um corpo electrizado? A. Stephan Gray B. Jean Théophile Desagulieres C. Benjamin Franklin D. Charles Du Fay E. W. Gilbert

Alguns livros de Física do aluno:

A: BURRE, GUNTER; Física 10ª Classe, Editora Escolar; 1ª Edição, Maputo; 1996 p.136, **B:** LIMA, SARA & ALÉXIEVA VÁLIA; Física 10ª Classe de acordo com o novo programa, Livro do aluno, Plural editores, Portugal; 2011 p.112 **C:** MABOTE, Joana Luís & NHANCALE, Isac Nassone; *Física 11 classe*; 1 Edição: Maputo-Diname; 2003; p.310v **D:** MACIEL, Noémia; *Física 11ª classe*; Plural Editores; Portugal; 2010; p.223 **E:** BALOI, Mário *Física 11ª Classe*; Longman Moçambique, 1 Edição, Maputo; 2010 **F:** COSSA, Rogério & VILANCULOS, Anastácio; *F11. Física 11ª classe*; Textos Editores 1 Edição, Maputo 2009 p.176 **G:** MENEZES, João Paulo, F10. Física 10ª classe, Texto Editoras, Maputo p.160 **H:** CHIZIANE, Rodrigues António e ANTÓNIO, Amândio; Saber Física 10, 1ª Edição, Pearson Moçambique LTD, Maputo, 2013

O que achou do presente questionário _____

FIM

APÊNDICE III: TESTE DIAGNÓSTICO REALIZADO PELOS ESTUDANTES

Nome _____ Código _____

Teste diagnóstico*Caro amigo aluno.**As perguntas que seguem estão associadas a manifestação dos fenómenos Electrostáticos-Electrostática. Leia-as atentamente e procure responder todas de forma sincera e clara.*

1. Como se chama a substância que ditou estudos iniciais sobre a Electricidade? _____ Já viu a tal substância alguma vez? _____

2. No dia em que chove e troveja, uma pessoa que viaja de avião corre risco de relâmpago? _____ Explica porque? _____

3. A humidade atmosférica influencia negativamente na manifestação dos fenómenos electrostáticos. Será que um filete de líquido pode ser atraído por um corpo electrizado? _____

Justifique _____

4. As propriedades do âmbar se manifestam da mesma forma que no alumínio? _____ Justifique? _____

5. Dos nomes que se seguem: Ohm, Fracastoro, Oersted, Ampere, Gilbert, Charles DuFay, Alessandro Volta, Maxwell. Escolha apenas dois nomes de cientistas que estiveram interessados em investigar os fenómenos electrostáticos. _____

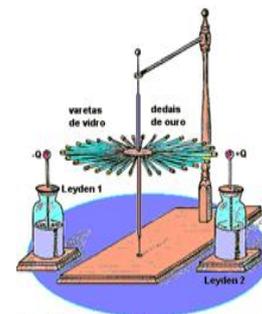
Indique uma contribuição de cada cientista que escolheu. _____

6. Já ouviu falar de versório? _____ Quem foi o inventor e para que serve? _____

7. Qual das afirmações é verdadeira:

- a) Na electrização por fricção os corpos adquirem cargas de mesmo sinal.
- b) As cargas positivas podem ser transferidas de um corpo para o outro durante a electrização.
- c) Os electrões são únicas cargas que podem ser transferidas durante a electrização.
- d) Uma lata de refrigerante pode ser atraída por um tubo de vidro electrizado.

8. É aconselhável para condutores de veículos descerem nas bombas combustível enquanto abastecem após uma longa viagem e pararem próximo da Bomba? _____. Explique porque? _____



9. Observa a figura acima. De que se trata? _____

FIM

APÊNDICE IV: FOTOGRAFIAS DA ESCOLA SECUNDÁRIA DA PONTA GEA
Vista frontal da escola



Vista lateral direita



APÊNDICE V: ALGUMAS IMAGENS DA EXPERIMENTAÇÃO
Estudantes realizando o teste diagnóstico



Experiência com versórios



Experiência de atração de líquidos de Desaguliers



APENDICE VI: FICHAS DE TRABALHO

Ficha de trabalho n°1

Nome do Estudante _____

Tema: Comportamento eléctrico de varetas friccionadas (condutores e isoladores)

1.1 Contextualização histórica

William Gilbert, no seu estudo sobre o comportamento eléctrico dos corpos, distinguiu corpos eléctricos e não eléctricos. Chamou de eléctricos, aos corpos que ao serem friccionados, a carga eléctrica, não ficava neles, sendo que era descarregada através da mão por contacto. Os corpos denominados por Gilbert de eléctricos, não perdiam a carga eléctrica adquirida na fricção.

Stephen Gray em 1729, distinguiu condutores e isoladores. Numa das suas experiências, ele observou que uma rolha de cortiça que fechava a extremidade de um tubo de vidro, electrizava-se, quando este último era friccionado. O mesmo efeito, foi observado, quando a rolha era ligada através de um fio isolador de “cânhamo”.

Num certo dia, o fio de cânhamo quebrou, e utilizou o fio de seda, onde observou que a cortiça não mais se electrizava. Isto levou-lhe a concluir, que as propriedades destes materiais eram diferentes. Tratando-se de condutores e isoladores de electricidade.

O termo condutor e isolador foi usado pela primeira vez por John Theophilus Desaguliers (1683-1744), partindo do termo latino *insuladores*, que deriva de “*inslua*” o que significa ilha, referindo-se aos corpos que conduzissem o fluido eléctrico, e para os que isolavam esse mesmo fluido na região em que eram atritados, respectivamente.

Nesta actividade, procura-se testar alguns materiais usados na época contemporânea para a verificação dos fenómenos electrostáticos.

1.2. Questões

(1) Como se comportam diferentes materiais após a fricção? (2) Que materiais electrizam-se melhor por fricção?

1.3. Objectivos

(1) Distinguir condutores e isoladores através da electrização. (2) Descrever o comportamento de cada vareta após a fricção. (3) Seleccionar as varetas que apresentam o melhor comportamento eléctrico, após a fricção.

1.4 Material

Vareta de Ferro	Vareta de Alumínio	Vareta de Cobre	Vareta de Madeira seca	Vareta de Tubo de Mangueira	Pano de seda
Vareta de Tubo pvc	Vareta de Cabide de Acrílico	Vareta canudo de plástico	Vareta de tubo de vidro	Pêndulo de tira de alumínio	Âmbar

1(a) Varetas
materiais
alumínio
uma haste



de diferentes
1 (b) Tira de
suspensa sobre

1.5 Procedimentos

(1) Fricciona cada vareta por uns 15 segundos, e instantaneamente aproxima a tira de alumínio suspensa. Preencha na tabela a que distância cada vareta começa a interagir com a tira de alumínio.

	Vidro	Tubo PVC	Mangueira	Madeira Seca	Alumínio	Cobre	Canudo Plástico	Cabide Acrílico
Δx								

(2) Identifique as varetas que não interagem com a tira após a fricção. Explique porque?

(3) Identifique as varetas que interagem melhor com a tira. Explique porque?

(4) Qual é a diferença entre os materiais descritos em 2 e em 3?

1.6 Questões de debate

(1)Relacione os corpos que Gilbert chamou de eléctricos, e não eléctricos, com os materiais que friccionou.

Corpos eléctricos	Corpos não eléctricos

(2) Diferencie condutores e isoladores?

Ficha de trabalho n°2

Nome do Estudante _____

Tema: Teste dos materiais que podem ser atraídos por um corpo eletrizado

2.1 Contextualização Histórica

No sec. IV, Thales de Mileto observou que o âmbar, uma resina fóssil ao ser atritado em lã, adquiria propriedades de atrair objectos leves e secos, tais como (sementes de grama, palha, folhas, etc). A explicação que Thales atribuía ao fenómeno é que o âmbar possuía alma que podia atrair coisas.

Desde a época de Tales, até então muitos estudos foram efectuados para encontrar outros materiais com as mesmas propriedades as do âmbar friccionado. Destacam-se os trabalhos de Girolamo Cardano, William Gilbert, Francis K. Haus(w)ksbee, Stephen Gray, Charles Francois de Cisternay DuFay e Jean Théopille Desaguliers descritos no capítulo III deste trabalho. Nesta actividade procura-se testar alguns materiais usados na época contemporânea para a verificação dos fenómenos electrostáticos.

2.2 Questão

Será que todos os materiais neutros, podem ser atraídos por um corpo eletrizado?

2.3 Objectivos

- (1) Testar os materiais neutros e leves que podem ser atraídos por um corpo eletrizado.
- (2) Identificar as propriedades dos corpos eletrizados e não eletrizados (carga eléctrica como propriedade intrínseca da matéria)

2.4 Material necessário

✓ Tubo de vidro	✓ Pedacos de papéis	✓ Algodão
✓ Um pedaço de âmbar	✓ Capim seco	✓ Base plástica
✓ Toner usado na fotocopiadora	✓ Pedacos de tecidos de lã e de seda	✓ um pano de seda
✓ Pedacinhos de esferovite	✓ Pedacinhos de rolha	



Fig. 1 Material usado para as experiências

Fonte: Autor PAPEL



2.5 Procedimentos

Dispõem sobre a base plástica os diferentes materiais mencionados acima

Friccione com o pano de seda o tubo de vidro por uns 15 segundos e logo de seguida aproxime a cada um dos materiais.

Registe na tabela os materiais:

...que interagem fortemente com a vareta	...que interagem fracamente com a vareta	...que não interagem com a vareta

Explique porque assim aconteceu? _____

2.6 Pergunta de debate

(1) O fenómeno observado, pode ocorrer com qualquer matéria? Justifique a sua resposta _____

(2) Onde é que ficam as propriedades eléctricas dos materiais? _____

FIM

Ficha de trabalho nº3

Nome do Estudante _____

Tema: O carrinho electrostático

3.1 Contextualização

O funcionamento de um carrinho electrostático, caracteriza a interacção entre dois corpos com dimensões relativamente maiores. Esta interacção, mostra mais uma vez que as interacções electromagnéticas são cerca de biliões de biliões de vezes maior que a interacção gravitacional. Um exemplo típico, é a interacção entre o electrão e o protão no átomo de hidrogénio, cerca de $2,3 \cdot 10^{39}$ vezes maior que a interacção gravitacional.

3.2 Questões

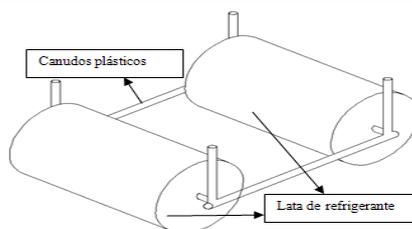
(1) Como funciona um carrinho electrostático? (2) Que conceitos podem ser estudados a partir do carrinho?

3.3 Objectivo

(1) Explicar a luz da manifestação dos fenómenos electrostáticos, o funcionamento de um carrinho electrostático. (2) Estudar os conceitos de interacções, a partir do funcionamento do carrinho electrostático.

3.4 Materiais

Duas latas de refrigerante	Vareta de vidro e
Um pano de seda	Canudinhos plásticos
Cola super glue	Pontas de condutores



3.5 Procedimentos

Depois da montagem do carrinho, foi colocado sobre a secretária, que tinha uma superfície polida.

- (1) Friccione a vareta de vidro com pano de seda por uns 15 segundos e logo de seguida aproxime-o a uma das rodas do carrinho.
- (2) Repita o procedimento até que o carrinho deslize sobre a superfície.

3.6 Pergunta de debate

- (1) Porque ao em vez de repelir a lata foi atraída?
- (3) Será que o movimento do carrinho será igual quando a distância entre a vareta e o carrinho maior? Justifique
- (4) Porque é que o carrinho se move quando a vareta é aproximada a uma das rodas do carrinho?

Ficha de trabalho nº4

Nome do Estudante _____

Tema: Atracção de líquidos de Jean Théophile Desaguliers

4.1 Contextualização histórica

Na tentativa de descobrir mais materiais onde se manifestam os fenômenos electrostáticos, o primeiro a realizar uma experiência para estudar a atracção entre corpos electrizados e líquidos foi o Físico Francês Jean Théophile Desaguliers, em 1741. Desaguliers, também descobriu que as substâncias capazes de transportar a virtude eléctrica se chamam de não eléctricos ou condutores, um fenómeno também descoberto por Gilbert e por Stephan Gray.

Depois de Desaguriliers ter montado a sua experiencia, afirmou o seguinte:

Tendo suspenso apropriadamente uma fonte de cobre com o bico para baixo, abri a torneira e deixei a água verter dentro de um recipiente abaixo dela. Então, tendo friccionado um grande tubo com electricidade (...), coloquei o tubo atritado próximo do filete água, sendo que o tubo atraiu o filete fortemente, de maneira a curvá-lo, e algumas vezes, fez com que ele caísse fora do recipiente que estava abaixo dele (Assis;2010, p.26)

4.2 Questões

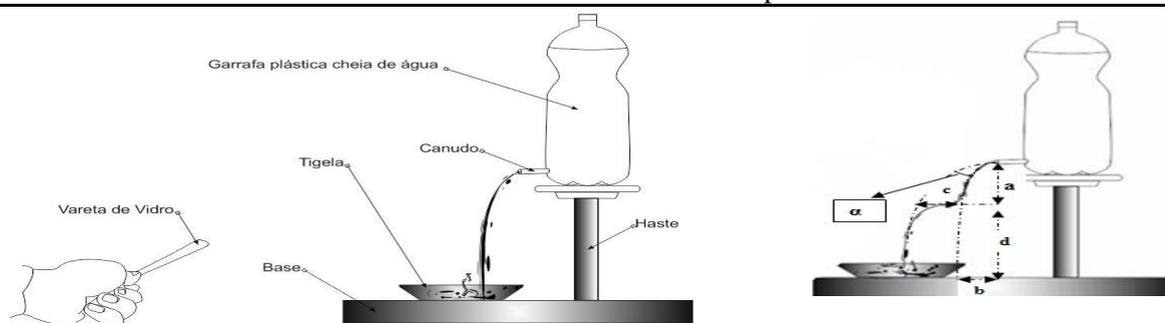
(1) Se a humidade influencia os fenômenos electrostático, será que um corpo electrizado atrai líquidos? (2) Como se explica este fenómeno?

4.3 Objectivo

Explicar a interacção entre uma vareta electrizada e um filete de líquido.

4.4 Material

✓ Uma garrafa plástica contendo água	✓ uma pequena torneira
✓ Um tubo de plástico	✓ Uma tigela
✓ Pano de seda	✓ Base e suporte de madeira



4(a) Esquema de montagem do dispositivo

4(b) Procedimento para a determinação do ângulo de desvio do filete

4.5 Procedimentos

- (1) Monte o sistema segundo a imagem
- (2) Friccione a vareta de vidro com o pano por uns 15 segundos e aproxime-o a filete de água.
- (3) Registe o que observa entre o filete e a vareta de vidro. _____

(4) Proceda de modo a medir o ângulo de desvio do filete, mantendo constante as distâncias : $a = 5\text{cm}$ a distância onde se posicionava a vareta, $b = 2\text{cm}$ e $d = 25\text{cm}$. De acordo com a ilustração (1.b)

(5) Preencha a tabela, bastando variar o número de fricções e determine o ângulo de desvio, pela relação: $\tan\alpha = \frac{c}{a}$

N. fric	c (cm)	a(cm)	α (°)
3			
5			
6			
10			

4.6 Pergunta de debate

- (1) Porque é que a vareta atraiu o filete de água?
- (2) Qual é a fórmula química da molécula da água?
- (4) Qual é a sua estrutura molecular da água?
- (5) Será que o mesmo efeito pode ocorrer para todos os líquidos? Porque
- (6) O que acontece com o ângulo de desvio a medida que o número de fricções aumenta?

FIM

Ficha de trabalho n°5a)

Nome do Estudante _____

Tema: O perpendicular

5.a.1 Contextualização histórica

O perpendicular foi um instrumento dos primários, inventado por Girolamo Cardano Fracastoro, Médico Inglês (1478-1553), mas sem no entanto ser divulgado.

Definição: *Perpendicular é uma linha vertical (linha pendular), presa na sua extremidade superior a um suporte fixo e tendo na sua extremidade inferior o âmbar como se fosse um fio-de-prumo.*

Cardano, descreveu esse instrumento no seu livro intitulado “*thesubtilitate*” e que tinha as mesmas funções de detectar a presença de corpos eletrizados, pois que, é idêntico ao pêndulo eléctrico.

Fracastoro, deveria prender na parte inferior de seu perpendicular um pequeno pedaço de âmbar ou de prata. Ao aproximar um corpo atritado ao perpendicular, teria observado que este pedaço de âmbar ou de prata se afastava da vertical, aproximando-se do corpo atritado.

A vantagem do perpendicular é que atracção do fio contrabalança o peso do corpo. Isto é, a atracção gravitacional da Terra é equilibrada pela tensão do fio. Isto facilita a observação do movimento horizontal do pequeno corpo que está suspenso na parte inferior do fio. Supondo-se que, em vez disto, o pedacinho de âmbar estivesse solto sobre uma mesa, seria difícil de observar o seu movimento, devido ao seu peso e acção da força de atrito.

5.a.2 Questões

(1) Como funciona um perpendicular? (2) O que se pode aprender do funcionamento de um perpendicular?

5.a.3 Objectivo

Explicar o princípio de funcionamento de um perpendicular.

5.a.4 Material usado

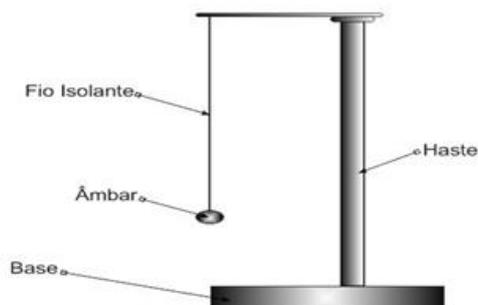
✓ Uma haste metálica	✓ Vareta de vidro
✓ Fio de seda	✓ Pano de seda ou algodão
✓ Âmbar	✓ Um suporte



5.a.5

Procedimentos

- (1) Suspenda numa linha pendular de material isolante de comprimento 20 cm, um pedaço de âmbar e coloque-o numa haste, como mostra a ilustração acima.
- (2) Friccione a vareta de vidro com pano de seda por uns 15 segundos e instantaneamente aproxime-o ao âmbar suspenso.



5.a.6 Questões de debate

- (1) O que observou quando aproximou a vareta eletrizada ao âmbar suspenso.
- (2) Porque assim aconteceu?
- (3) O que acontece quando se aumenta a distância entre o âmbar e a vareta eletrizada.
- (4) O mesmo efeito do âmbar pode ocorrer com outros materiais? Explique porque?
- (5) O que é um perpendicular?

FIM

Ficha de trabalho nº5b

Nome do Estudante _____

Tema: A repulsão de uma folha de alumínio

5.b.1 Contextualização histórica

Dando continuidade aos trabalhos de Tales e Gilbert, Charles François Cisternay Dufay (1698-1739), experimentalmente utilizou uma folha de ouro, eletrizada por uma haste de vidro friccionada.

Dufay, observou que a folha foi repelida pela haste de vidro e atraída por uma outra haste de resina atritada. Este foi o ponto de partida para uma descoberta de grande importância na história da electricidade. Que se enuncia do seguinte modo: *"Há dois diferentes tipos de electricidade, vítrea e resinosa e que as cargas eléctricas do mesmo tipo repelem e de tipo diferente atraem"*.

5.b.2 Questão

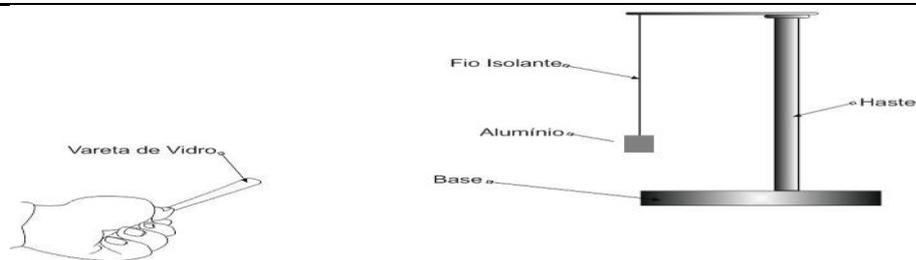
Como é que uma tira de alumínio pode repelir uma vareta de vidro eletrizada?

5.b.3 Objectivo

Explicar a lei qualitativa das interações Electrostáticas entre dois corpos

5.b.4 Material

✓ Uma haste fixa numa base de madeira	✓ Vareta de vidro
✓ Uma tira de alumínio (15x15) cm	✓ Um fio isolador
✓ Pano de seda	



5.b.5 Procedimentos

- (1) Monte a experiência de acordo com a figura acima numa haste metálica
- (2) Friccione a vareta de vidro e de seguida contacte a tira de alumínio
- (3) Proceda de modo que durante a repulsão, a tira entre em contacto com a haste metálica.

5.b.6 Questões de debate

- (1) Porque é que a tira de alumínio repele a vareta de vidro eletrizada?
- (2) Porque é que ao entrar em contacto com a haste, a tira volta a atrair a vareta?

FIM

Ficha de trabalho n°6

Nome do Estudante _____

Tema: O oscilador electrostático

6.1 Contextualização

O oscilador electrostático, é um dispositivo construído nesta dissertação, para mostrar o processo contínuo dos efeitos de atracção e de repulsão. Foi Benjamin Franklin quem iniciou a efectuar experimentos desta natureza, que culminaram com a construção do motor electrostático.

6.2 Questão

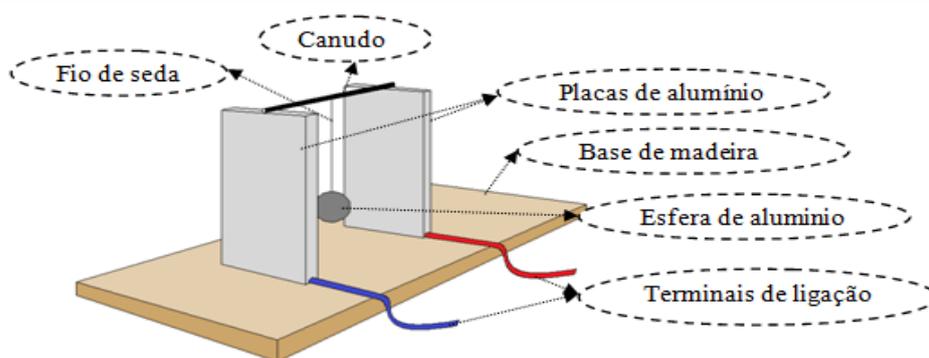
Como funciona um oscilador electrostático?

6.3 Objectivo

(1) Montar um oscilador electrostático (2) Explicar o princípio de funcionamento de um oscilador electrostático.

6.4 Material usado

✓ Uma base de madeira (10x20) cm	✓ Fio de seda e um canudo
✓ Duas placas de alumínio (5x15) cm	✓ Duas pontas de condutores (1,5mm ²)
✓ Bolinha de alumínio (1,5cm) de diâmetro	✓ Fonte de carga: Gerador de Van Der Graaf, Mata mosca ou a máquina de Wimshurst



6.5 Procedimento

Após a montagem do dispositivo de acordo com a ilustração acima,

- (1) Liga-se os terminais do dispositivo a um gerador Gerador de Van Der Graaf.
- (2) Proceda o mesmo, ligando os terminais do o dispositivo aos terminais mata mosca eléctrico.
- (3) Proceda o mesmo, ligando os terminais o dispositivo aos terminais da máquina de Wimshurst e ligue-o.

6.6 Questões de debate

- (1) Com o circuito fechado, o que acontece com a esfera de alumínio?
- (2) Porque assim acontece?
- (3) Explique, em que consiste a electrização por contacto? **FIM**

Ficha de trabalho n°7

Nome do Estudante _____

Tema: O versório

7.1 Contextualização histórica

William Gilbert (1544-1603), o médico inglês, deu continuidade às pesquisas modernas sobre o Electricidade e o Magnetismo. Na segunda parte do seu livro ele descreve diversas experiências de Electrostática com o objectivo de distinguir os fenómenos associados ao ímã dos fenómenos associados ao âmbar e para tal construiu o versório.

Importa referir que no sec XVIII, este instrumento não teve seu nome traduzido para as línguas vivas da sua época, acabando assim por ser substituído pelo electroscópio.

Os livros históricos indicam que Gilbert provavelmente terá inventado o seu versório a partir das funcionalidades do perpendicular e da agulha magnética.

O termo *versório* provém do latim e significa *girar sobre, instrumento girador ou aparato girante*. Tem a semelhança de uma bússola, mas a sua agulha não é magnetizada como a da bússola.

Versório é um instrumento que consiste de duas partes: um membro vertical, que age como um suporte fixo em relação à Terra, e um membro horizontal capaz de girar livremente sobre o eixo vertical definido pelo suporte.

O versório é muito sensível a torques externos muito pequenos, provocados por corpos eletrizados.

Em repouso, o versório vai alvitrar para uma direcção horizontal arbitrária. Ao aproxima-se um plástico, canudo ou régua neutros de um versório metálico, sem tocá-lo, nada acontece. Friccionando-se o canudo, tubo PVC, ou régua e repetindo a experiência observa-se que o versório será orientado pelo material atritado, tendendo a ficar apontando para o plástico. O mesmo ocorre se o versório for feito de papel ou de madeira.

7.2 Questões

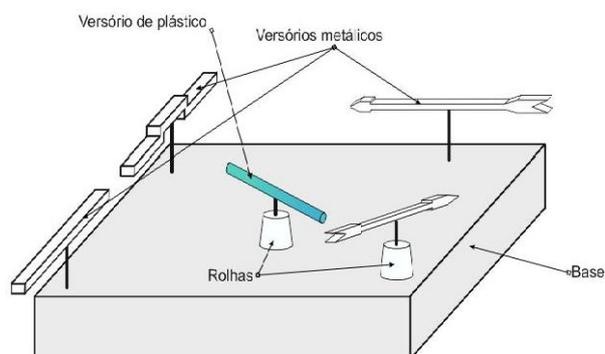
(1) Como funcionamento de um versório?

7.3 Objectivo

Montar e explicar o princípio de funcionamento de um versório por isso que foram formuladas as seguintes questões orientadoras:

7.4 Material

✓ 4 Versório metálico	✓ Pano de seda
✓ 1 Versório plástico (um canudo)	✓ Base de Madeira
✓ Tubo de vidro	✓ 3 Tampas de cola superglue
✓ 2 Rolhas	✓ Tubo de tinta de uma esferográfica



7.5 Procedimento

Com os versórios dispostos de acordo com a ilustração acima;

- (1) Friccione a vareta de vidro e logo de seguida aproxime a um dos versórios
- (2) Proceda do mesmo modo para todos os versórios

7.6 Perguntas de debate

- (1) Explique o que observou quando se aproximou a vareta eletrizada a cada um dos versórios?
- (2) O efeito foi o mesmo para todos os versórios?
- (3) Se existiu diferença, qual foi?
- (4) O mesmo efeito pode ocorrer com uma vareta de cobre friccionado? Justifique.

FIM

Ficha de trabalho nº8

Nome do Estudante _____

Tema: A Protecção Electrostática: Gaiola de Faraday**8.1 Contextualização histórica**

Ainda no avanço com o estudo dos fenómenos eléctricos, Charles Michael Faraday, Físico inglês (1791-1687) originário de uma família humilde e que estudou sozinho, tendo se tornado por meio de seus esforços e dedicação, um notável cientista, construiu uma gaiola que levou o seu nome.

Os livros históricos referem que, Faraday foi um Físico, químico e cientista mais influente de todos os tempos. As suas conferências eram muito populares pela sua capacidade oratória e seu talento como cientista. Dadas as suas capacidades, Faraday foi escrito como o melhor experimentalista da história da ciência. Os seus trabalhos na área de Física foram de electrólise, electricidade e magnetismo.

Com a Gaiola ele pretendia mostrar a protecção Electrostática ou a blindagem. Importa aqui referir que os estudos de Faraday também orientaram-se no conceito geral de campo para explicar interações a distância de corpos, tendo sido ele mesmo a introduzir o conceito de campo electromagnético na ciência.

Uma Gaiola de faraday pode ser um carro, um avião, ou uma casa com sistema de pára-raios, onde as descargas do relâmpago não afectam o seu interior. Existem gaiolas onde a captação de ondas electromagnéticas como as da rádio micro-ondas (telefones) não é impossível.



Fig. 1 A pessoa no interior da gaiola de Faraday não sofre nenhum efeito. Fonte: Soares, et al (2003:84)

8.2 Questões

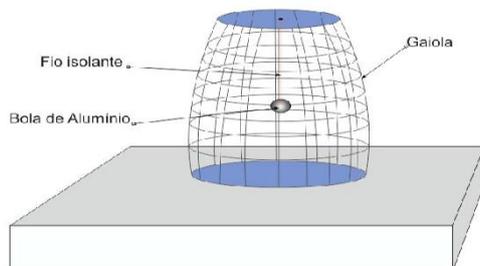
(1) Como funciona uma Gaiola de Faraday? (2) Quais são as aplicações práticas do funcionamento da Gaiola de Faraday?

8.3 Objectivo

- (1) Explicar o princípio de funcionamento da Gaiola de Faraday.
- (2) Exemplificar as aplicações da protecção Electrostática da vida diária.

8.4 Material

✓ Uma Gaiola metálica	✓ Papel de alumínio
✓ Fio de seda	✓ Tubo de vidro
✓ Esfera de esferovite ou âmbar	✓ Pano de seda
✓ Gerador de Vander Der Graaf	



8.5 Procedimentos

- (1) Suspenda o âmbar com uma linha de seda fora da Gaiola e de seguida aproxime o tubo de vidro electrizado.
- (2) Coloque a esfera suspensa no interior da Gaiola e aproxime-a, a vareta de vidro previamente electrizada.
- (3) Procede-se do mesmo modo como em (1) e em (2), não friccionando a vareta de vidro, mas sim, ligando a Gaiola ao gerador de Van der Graaf.

8.6 Questões de debate

- (1) O que aconteceu com o âmbar em (1)? Explique porque?
- (2) O que aconteceu com o âmbar em (2)? Explique porque?
- (3) O que aconteceu com o âmbar em (3)? Explique porque?
- (4) Onde é que este princípio é aplicado?

8.7 Actividades complementar

- (1) Agora leve um pequeno rádio e envolva-o completamente num papel de alumínio enquanto estiver tocando. O rádio continuará tocando no interior? Explique porque? (2) Proceda do mesmo modo com o telemóvel e depois chame pelo tal número enquanto estiver ligado. O telemóvel irá chamar? Explique porque?

FIM

Ficha de trabalho nº9

Nome do Estudante _____

Tema: Motor Electrostático

9.1 Contextualização histórica

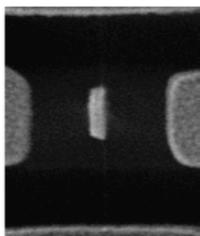
O século XVII e XVIII, foi caracterizado por profundas investigações de fenómenos Físicos e eléctricos em particular. Muitos instrumentos foram construídos neste período.

Do ponto de vista histórico o primeiro motor electrostático foi desenvolvido em 1742 por Gordon e chamava-se *electric Bell*. Já em 1748, como já se referiu sobre o início das pesquisas por Franklin através da sua ligação com Peter Collinson, em pesquisas científicas. No seu projecto sobre a roda eléctrica, Franklin, teria utilizado garrafas de Lyden carregadas para atrair e repelir esferas metálicas, ligadas por hastes não condutoras e um eixo que permite que ele gire livremente.

O Motor eléctrico mais potente foi criado por Oleg G. Jefimenko pesquisador na área de electromagnetismo. (VISCONDI, 2006, p.4). Importa aqui referir que a diferença de potencial eléctrico para o seu funcionamento está na ordem de quilovolts.

Na actualidade são construídos motores eléctricos na escala nanométrica, que não poluem o meio ambiente.

Na década 80 foram construídos o MEMS (Micro-eléctricas- Mechanics-System) que tem as mesmas dimensões com a célula sanguínea ($50\mu m$) (idem).



Micro-Motor Electrostático Fonte: Vinhais; (2014, p.14)

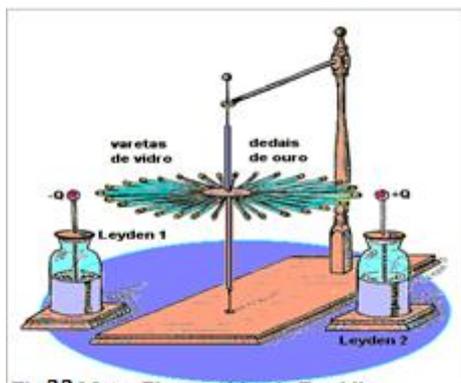
9.2

Funcionamento de um motor electrostático

O funcionamento do motor baseia-se na força Electrostática criada entre dois polos, o rotor e o estator. Normalmente o rotor é feito de material isolante com raios também isolante, capaz de girar no plano isolante. Na extremidade livre de cada raio de vidro leva um dental de bronze, que também pode ser aço. As duas garrafas de Lyden são colocadas em terminais diametralmente opostas. Cada terminal salta uma faísca eléctrica para o 'dedal' que o defronta,

transferindo para esse uma quantidade de carga de mesmo sinal, o que origina força de repulsão proporcionando um momento á roda.

De referir que esses mesmos dentais, antes de trocarem de polaridade devido á faísca, são atraídos pelo terminal da garrafa de Leyden próxima, o que também proporciona momento para a roda. O momento total que a roda recebe será a soma dos momentos correspondentes ás forças atractivas e repulsivas.



Motor electrostático de Franklim, www.feiradeciencias.com.br

Actualmente são construídos outros modelos de motores electrostáticos com recurso a materiais alternativos onde os rotores podem ser construídos por garrafas plásticas revestidas de papel de alumínio.

O motor que a seguir se apresenta é similar ao construído por J.C Pogendorff em 1870 em que o disco isolante passava a girar livremente com uma tensão de 40KV. Mas o motor que será aqui construído tem a tensão de funcionamento menor que a de Pogendorff.

9.3 Questão

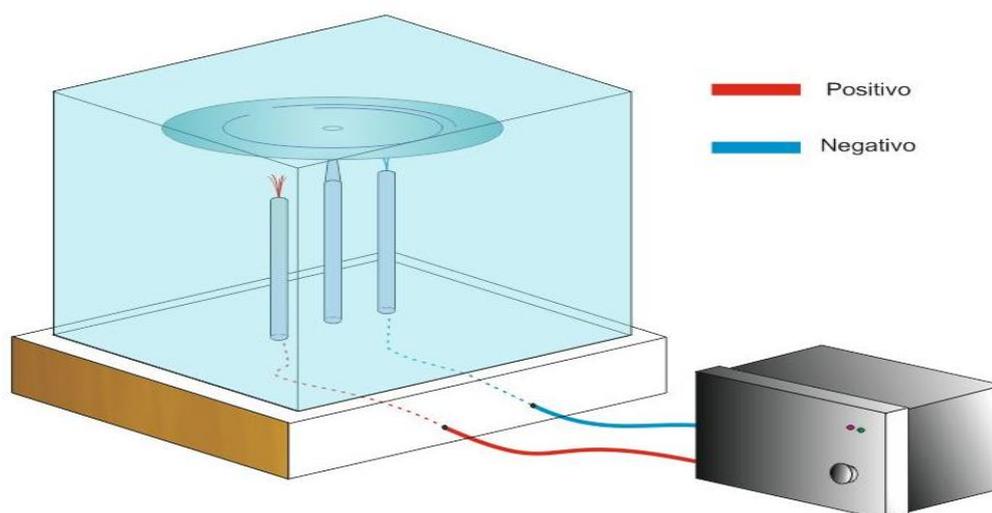
Como funciona um motor electrostático?

9.4 Objectivo

Montar e explicar o funcionamento de um motor electrostático

9.5 Material

✓ Um disco compacto	Duas pontas de condutores de 40cm cada sessão $6mm^2$
✓ Uma base plástica	✓ Uma fonte de alta tensão
✓ Um tubo exterior de uma esferográfica	✓ Agulha de cola super glue
✓ Dois bornes	✓ Ferro de estanho



Motor Electrostático de Poggendorf feito por um CD

9.6

Procedimentos

Com o dispositivo montado, de acordo com a ilustração acima;

- (1) Liga-se a uma fonte de tensão
- (2) Enquanto estiver aumentando a tensão, com auxílio de uma vareta isolante, experimenta-se a rotação do disco, até que a tensão seja suficiente para accionar o disco.
- (3) Varie a tensão e acompanhe e avalie a velocidade do disco.

9.7 Questões de debate

- (1) Porque é que o disco precisa de ser experimentado o movimento enquanto a tensão estiver a aumentar?
- (2) Que cuidados devemos tomar ao manusear o motor electrostático?
- (3) Porque é que quando a tensão varia, a velocidade do disco também varia?

FIM

APÊNDICE VII: FOTOGRAFIAS DOS EXPERIMENTOS RECONSTRUÍDOS



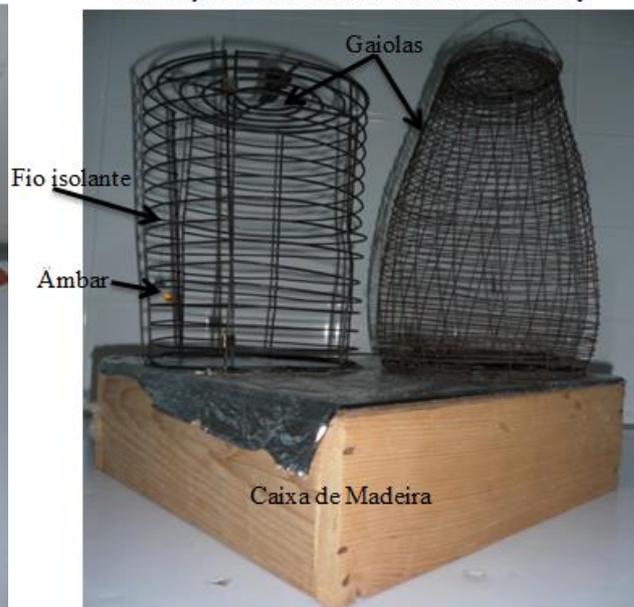
Dispositivo para o teste de materiais condutores, isoladores e a repulsão da folha de alumínio.



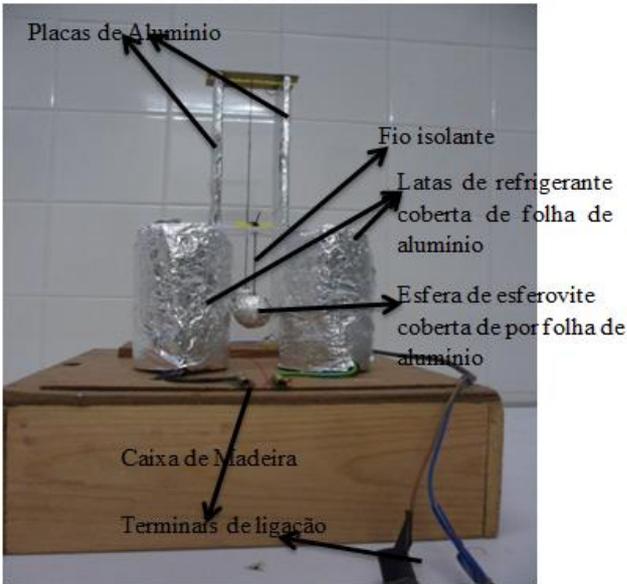
Dispositivo para visualizar a atracção e líquidos de Desaguliries



Protecção Electrostática-Gaiola de Faraday



Oscilador Electrostático



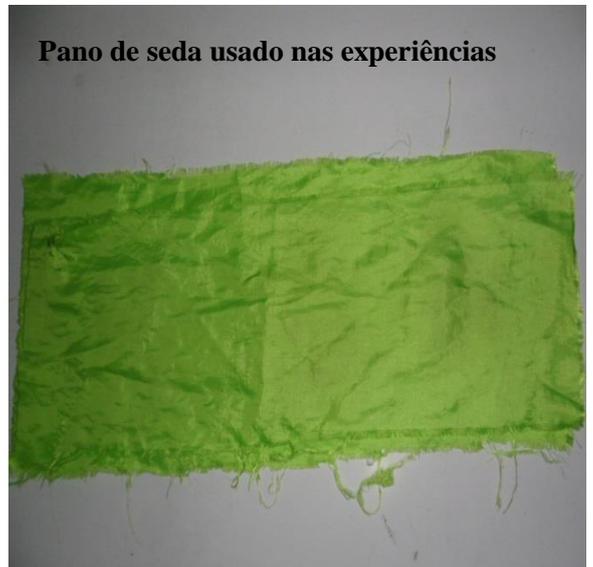
Osciladores Electrostático - vista traseira



Osciladores Electrostático - vista lateral



Pano de seda usado nas experiências



Materiais testados com a vareta eletrizada



ANEXO: EXTRACTO DO PROGRAMA DE ENSINO DE FÍSICA

O Ensino-aprendizagem na disciplina de Física

Os programas de Física concebidos para o ciclo, oferecem aos alunos os elementos essenciais do quadro físico do mundo para que possam ser capazes de desenvolver a sua identidade como indivíduos criativos, sociais e possuidores de atitudes, hábitos, habilidades e conhecimentos úteis a si mesmo e à sociedade e para a continuação com os estudos.

Estes programas abordam os conteúdos relacionados com os fenómenos mecânicos, térmicos, luminosos, eléctricos e electromagnéticos. A sua estruturação permite continuar a formação paulatina dos alunos, centrada na aquisição de elementos fundamentais do conhecimento e do desenvolvimento de habilidades e atitudes.

Na concepção da estrutura da disciplina, parte-se do ponto de vista macroscópico dos fenómenos do mundo circundante mais próximo dos alunos, portanto, mais acessível aos órgãos sensoriais, para depois tratar-se das noções elementares sobre a estrutura da substância, que servirá de base para analisar os fenómenos térmicos, os relacionados com a estática dos fluidos e os electromagnéticos a um nível microscópico.

A lógica que segue o ordenamento do sistema de conhecimentos baseia-se na análise de um fenómeno que, do geral, passa-se para a caracterização qualitativa deste, seguindo-se a determinação quantitativa do mesmo (o valor e as suas unidades) e por último, a lei fenomenológica que relaciona as grandezas físicas.

Em consequência, como métodos de ensino prevalecem o indutivo, dedutivo e de analogias, apoiados numa forte base experimental, de tal modo que se reduz o volume de informação teórica secundária em muitos dos conteúdos tratados. Pretende-se fortalecer o trabalho com os conceitos fundamentais e incrementar o tempo para o desenvolvimento de habilidades, tanto intelectuais como práticas, que permitam aos alunos participar activamente e com certo grau de independência na aquisição de conhecimentos, assim como serem capazes de utilizá-los na explicação dos fenómenos que os rodeiam.

O trabalho com gráficos (sua leitura, interpretação e construção), e a resolução de problemas (com o uso obrigatório do Sistema Internacional de Unidades, sendo possível o uso das unidades derivadas) e o desenvolvimento de actividades práticas e experimentais constitui aspectos essenciais no desenvolvimento dos programas, pois contribuem no desenvolvimento e consolidação das competências definidas para o ciclo.

Com a inclusão de alguns elementos de enfoque histórico nos programas pretende-se, em particular, que os alunos conheçam aspectos da vida, obra, actividade e pontos de vista de eminentes cientistas e desenvolvam valores morais adequados.

Devem também formar parte importante dos conteúdos da disciplina no ciclo e, portanto, constituir objecto específico de aprendizagem, as implicações da Física para outras ciências assim como a sua relação com as mesmas (tais como, a Matemática, Química, Geografia, etc.), seu vínculo com a tecnologia, à sociedade e em geral com a cultura integral.

7.Plano Temático

1º Trimestre

Unidade I: Corrente Eléctrica

Objectivos	Conteúdos	Competências	Carga Horária
<ul style="list-style-type: none"> Identificar a presença de cargas eléctricas através de um pêndulo eléctrico ou electroscópio Identificar o tipo de carga eléctrica que os corpos adquirem em cada processo de electrização; Identificar o tipo de interacção que ocorre entre corpos electricamente carregados 	<ul style="list-style-type: none"> Carga eléctrica O pêndulo eléctrico e o electroscópio Lei qualitativa das interacções eléctricas Noção de Campo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> Identifica parâmetros relevantes na avaliação dos fenómenos electrostáticos no dia a dia Usa a lei qualitativa das interacções eléctricas para explicar fenómenos eléctricos, no dia a dia e em outros contextos relevantes para a vida. 	24

Extracto do Programa de ensino da 11^a classe, página 9

O Ensino-aprendizagem na disciplina de Física

A aprendizagem de Física no 2º ciclo tem como objectivo, ampliar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no 1º ciclo de modo que o aluno possa compreender a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.

Os programas de Física concebidos para o ciclo, oferecem aos alunos os elementos essenciais do quadro físico do mundo para que possam ser capazes de desenvolver a sua identidade como indivíduos criativos, sociais e possuidores de atitudes, hábitos, habilidades e conhecimentos úteis a si mesmo e à sociedade e para a continuação com os estudos.

Estes programas abordam os conteúdos relacionados com os fenómenos mecânicos, térmicos, luminosos, eléctricos, electromagnéticos, atómicos e nucleares. A sua estruturação permite continuar a formação paulatina dos alunos, centrada na aquisição de elementos fundamentais do conhecimento e do desenvolvimento de habilidades e atitudes.

Na concepção da estrutura do programa, parte-se do ponto de vista macroscópico dos fenómenos do mundo circundante mais próximo dos alunos, portanto, mais acessível aos órgãos sensoriais, com base nos conhecimentos adquiridos no 1º ciclo e noutras disciplinas de ciências naturais, em especial a Química, para a explicação dos fenómenos microscópicos que ocorrem ao nível da electrosfera e do núcleo atómico – Fenómenos Atómicos e Nucleares.

A lógica que segue o ordenamento do sistema de conhecimentos baseia-se na análise de um fenómeno que, do geral, passa-se para a caracterização qualitativa deste, seguindo-se a determinação quantitativa do mesmo (o valor e as suas unidades) e por último, a lei fenomenológica que relaciona as grandezas físicas.

Em consequência, como métodos de aprendizagem prevalecem o centrado no aluno, apoiado numa forte base experimental, de tal modo que se reduz o volume de informação teórica secundária em muitos dos conteúdos tratados. Pretende-se fortalecer o trabalho com os conceitos fundamentais e incrementar o tempo para o desenvolvimento de habilidades, tanto intelectuais como práticas, que permitam aos alunos participar activamente e com certo grau de independência na aquisição de conhecimentos, assim como serem capazes de utilizá-los na explicação dos fenómenos que os rodeiam.

Neste ciclo o aluno terá contacto pela primeira vez com os elementos da Física Moderna: Radiação do corpo Negro, Física Atómica (Fenómeno fotoeléctrico, Níveis de Energia no Átomo de Hidrogénio, Raios-x), Física Nuclear (Desintegração Radioactiva, Reacções de Fusão e Fissão Nuclear).

Assim sendo, o aluno deve ter uma visão clara da aplicabilidade dos fenómenos relacionados com a Física Moderna, para que estes não fiquem apenas na esfera teórica, mas que ele veja que ela está presente no seu dia a dia, por exemplo, durante a fotossíntese quando as plantas recebem os raios solares durante o dia ou quando estão privadas deste, quando está em frente a um computador, durante a emissão radiofónica ou televisiva, no hospital durante uma sessão de raios-x, etc.

Conteúdos a serem abordados no ensino da electrostática na 11ª classe
Unidade III– Electrostática

Objectivos	Conteúdos	Competências	Carga Horária
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar a Lei de Coulomb na resolução de exercícios concretos. • Determinar gráficamente e analiticamente a resultante das interacções eléctricas de um sistema de cargas pontuais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lei de Coulomb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa a lei de Coulomb para estimar a força de interacção entre partículas electricamente carregadas, no contexto científico/tecnológico e do quotidiano; 	10
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar graficamente e analiticamente o campo eléctrico originado por uma carga eléctrica pontual e por um sistema de placas electrizadas. • Determinar gráficamente e analiticamente a intensidade do campo eléctrico resultante de um sistema de cargas pontuais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Campo eléctrico. Sentido das Linhas de força • Campo convergente e divergente • Calculo do modulo do campo resultante • Protecção electrostática Gaiola de Faraday 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica campo eléctrico, linhas de força e superfícies equipotenciais. • Descreve a blindagem electrostática • Analisa e interpreta resultados de processos tecnológicos baseados na utilização do campo eléctrico. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar analiticamente o potencial eléctrico resultante de um sistema de cargas pontuais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica potencial eléctrico; 	
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar o trabalho realizado no transporte de uma carga eléctrica dentro de um campo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho do campo electrostático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explica a realização do trabalho electrostático em processos científicos e tecnológicos. 	

Sugestões metodológicas

Para introdução desta unidade o professor orienta os alunos para realizarem experiências relacionadas com as formas de electrização dos corpos por fricção, contacto e indução. Partindo dos resultados das experiências realizadas pelos alunos o professor apresenta o enunciado da Lei de Coulomb e a sua expressão matemática. Os alunos deverão identificar cada uma das variáveis na expressão matemática da lei Coulomb. A Lei de Coulomb pode ser deduzida fazendo a comparação com a Lei da Gravitação Universal que embora ainda não tenha sido abordada em termos de equação, ela pode ser facilmente introduzida com base no conceito da força de gravidade. Os alunos têm tarefa de recolher material como garrafas plásticas transparentes, folhas de alumínio de cigarros e tiras plásticas para ser utilizadas na construção de electroscópios de folhas. Construídas os electroscópios de folhas segue-se à demonstração das formas de

electrização. Os alunos também vão construir pêndulos electrostáticos e utiliza-los para comprovar experimentalmente as formas de electrização dos corpos.

Para introduzir o conceito de Campo Eléctrico pode se estabelecer uma analogia com o campo gravitacional, mostrando que a aceleração da gravidade é o vector da Intensidade do Campo Eléctrico.

O uso de material impresso ou artigo de revistas poderá levar o aluno a perceber a importância do estudo dos campos gravitacional e eléctrico em especial.

Com base na expressão do trabalho mecânico e associando outras equações da electrostática e em especial a relação entre o potencial eléctrico e a intensidade do campo eléctrico, o professor apresenta a dedução do trabalho electrostático.

Os alunos vão fazer um trabalho de pesquisa sobre Relâmpagos e Pára-Raios para complementar a noção de Protecção electrostática. Associado ao trabalho de pesquisa os alunos vão construir modelos da Gaiola de Faraday.

Experiências recomendadas

As experiências aqui recomendadas são para a comprovação de fenómenos e verificação de leis. Assim sugere-se que sejam executadas pelos alunos, trabalhando em grupos.

- Electrização de pedaços de papel através de uma esferográfica electrizada por fricção.
- Electrização de tiras de plástico por fricção.
- Verificação da Lei Qualitativa das Interação Eléctricas, através de um pêndulo eléctrico.
- Electrização por contacto e indução de um electroscópio de folhas.

Indicadores de desempenho

- Identifica parâmetros relevantes na avaliação dos fenómenos electrostáticos no dia a dia;
- Analisa os fenómenos eléctricos com o auxílio do modelo da "Carga Eléctrica";
- Representa as forças de interacção e dos vectores da intensidade do campo eléctrico de sistemas de cargas;
- Aplica a relação de proporcionalidade entre as grandezas envolvidas na Lei de Coulomb, na equação do campo eléctrico e do potencial eléctrico na resolução de exercícios associados a situações do dia a dia;
- Explica fenómenos eléctricos do dia a dia usando a lei de Coulomb;
- Aplica a equação do trabalho electrostático para resolver exercícios associados aos processos tecnológicos;
- Constrói modelos explicativos de fenómenos eléctricos observados;
- Apresenta de forma clara e objectiva os relatórios das experiências realizadas sobre o movimento dos corpos descrevendo os objectivos, materiais necessários, passos para a realização, resultados e sua avaliação;
- Discute com colegas os resultados das experiências realizadas respeitando as opiniões e críticas feitas ao trabalho;
- Usa de forma responsável e segura os instrumentos electromagnéticos;
- Explica os princípios das redes eléctricas e de funcionamento instrumentos electromagnéticos com base em modelos existentes para as TICs;