



USO DE UM MANUAL DIDÁTICO COM DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA AULAS DE FÍSICA

Bárbara Nicelle Maciel Farias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Semi-Árido (UERSA), no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Jusciane da Costa e Silva

Mossoró/RN
Novembro, 2019

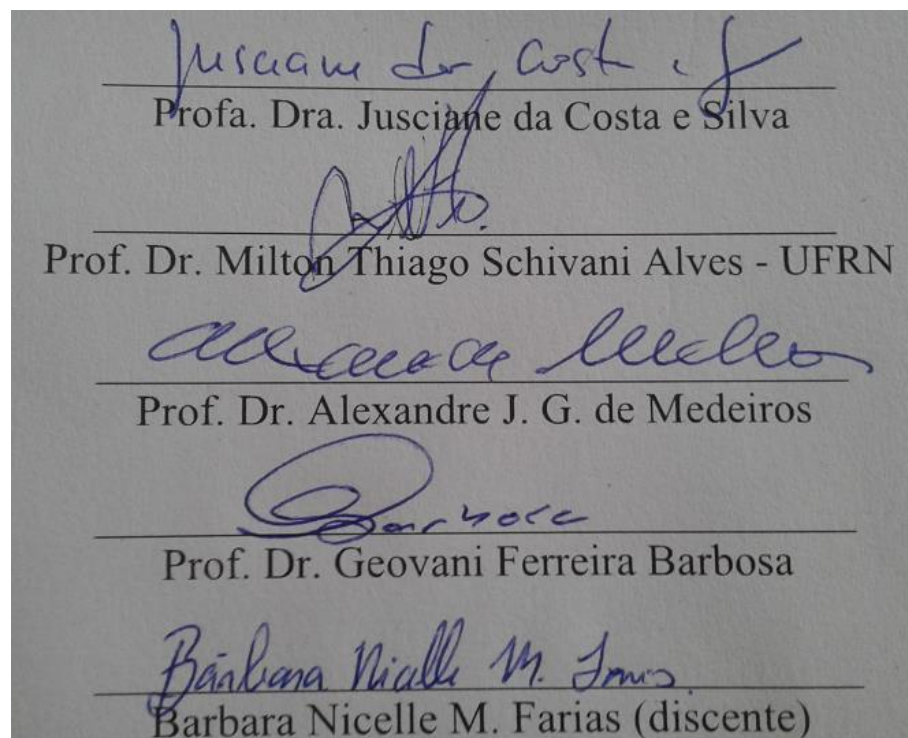
**USO DE UM MANUAL DIDÁTICO COM DEMONSTRAÇÕES
EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA AULAS DE FÍSICA**

BÁRBARA NICELLE MACIEL FARIAS

Orientadora: Jusciane da Costa e Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Semi-Árido (UERSA), no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Jusciane da Costa e Silva
Prof. Dra. Jusciane da Costa e Silva

Milton Thiago Schivani Alves
Prof. Dr. Milton Thiago Schivani Alves - UFRN

Alexandre J. G. de Medeiros
Prof. Dr. Alexandre J. G. de Medeiros

Geovani Ferreira Barbosa
Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

Barbara Nicelle M. Farias
Barbara Nicelle M. Farias (discente)

Mossoró/RN
Novembro, 2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F228u Farias, Bárbara Nicelle Maciel.
Uso de um manual didático com
demonstrações experimentais simples para
aulas de Física / Bárbara Nicelle Maciel
Farias. - 2019.
173 f. : il.

Orientadora: Jusciane da Costa e Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade
Federal Rural do Semi-árido, Programa de
Pós-graduação em Física, 2019.

1. Ensino de física. 2. Práticas
Demonstrativas. 3. Manual de Demonstrações. I.
Silva, Jusciane da Costa e , orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Dedico esta dissertação ao meu marido, aos meus filhos, aos meus pais, aos familiares, aos amigos e aos meus professores por todo incentivo e confiança. Dedico-lhes essa conquista com muito carinho.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Deus, que me deu saúde e me capacitou com força de vontade durante toda a minha vida acadêmica para superar as dificuldades.

Aos meus pais, por todo apoio, carinho e injeção de ânimo quando precisei.

Ao meu marido Francisco Vanderley, por estar sempre ao meu lado, inclusive neste curso de mestrado, sempre me estimulando e me apoiando.

A minha filha Sara Maciel, que, apesar da pouca idade, sempre compreendeu os momentos que precisei estar inteiramente envolvida com os trabalhos acadêmicos.

Ao meu filho Raul Maciel, que mesmo ainda no útero, já faz parte do conjunto de motivos pelo qual segui em frente nessa jornada.

Aos meus amigos do mestrado, que compartilhamos momentos inesquecíveis.

A todos que fazem parte da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, desde os professores, coordenadores até o pessoal da cantina, gráfica, biblioteca e demais setores, os quais estavam sempre dispostos a ajudar e contribuíram imensamente com minhas conquistas.

A todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que contribuíram imensamente com a profissional, educadora e pessoa que sou hoje.

Aos meus alunos e colegas professores do ensino médio, que se dedicaram a esta pesquisa e “abraçaram” a ideia deste trabalho.

A minha orientadora, professora Dra. Jusciane Costa e Silva, que durante toda essa jornada, ajudou-me, motivou-me e aconselhou-se com muita dedicação e paciência. Sem dúvidas, foi fundamental para que eu alcançasse meus objetivos.

E a todos que de alguma forma contribuíram com realização deste sonho, meu muito obrigada.

RESUMO

USO DE UM MANUAL DIDÁTICO COM DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA AULAS DE FÍSICA

BÁRBARA NICELLE MACIEL FARIAS

Orientador: Jusciane da Costa e Silva

É sabido que as aulas com experimentos físicos podem motivar e despertar o interesse dos estudantes da educação básica em aulas de Ciências/Física. Contudo, para o professor, está cada vez mais difícil incluí-las no seu planejamento. O ensino de Física há bastante tempo vem enfrentando grandes desafios, como a falta de interesse dos alunos, falta de estrutura física e de materiais nas escolas para elaboração de aulas experimentais, além de pouco tempo pedagógico em sala de aula para realizá-las. Uma opção viável para diminuir essas limitações seria a inserção de aulas com demonstrações experimentais de baixo custo. Nesta dissertação será apresentado todo o procedimento de construção e aplicação de um produto educacional, com o título de *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física*, o qual visa auxiliar na elaboração de aulas com experimentos demonstrativos utilizando materiais de baixo custo ou recicláveis, a fim de despertar o interesse dos alunos pelas aulas de Física. O manual é constituído de 20 demonstrações experimentais que envolvem conteúdos desde a Mecânica até o Eletromagnetismo, os quais poderão ser realizados paralelamente à exposição do conteúdo. Cada demonstração apresenta o conteúdo abordado dentro da Física, uma breve fundamentação teórica, o material necessário, ilustrações e uma proposta de uso que envolve alguns questionamentos. Não é intenção deste produto disponibilizar sequências didáticas ou planos de aula prontos, mas sim, apresentar uma demonstração experimental que poderá ser adicionada ao plano de aula do professor. O manual foi utilizado por professores de Física do ensino médio de escolas públicas e particulares da cidade de Aracati, de maneira livre, dentro de suas aulas. Os resultados foram analisados do ponto de vista dos alunos por meio de enquetes e discussões em grupo. Por fim, foi concluído que o produto educacional contribuiu bastante com o interesse dos alunos pelas aulas de Física e com o processo de ensino e aprendizagem, além de auxiliar no planejamento da aula de Física junto aos professores.

Palavras-chave: Ensino de Física, Práticas Demonstrativas, Manual de Demonstrações.

ABSTRACT

USE OF A TEACHING MANUAL WITH SIMPLE EXPERIMENTAL DEMONSTRATIONS FOR PHYSICS CLASSES

BÁRBARA NICELLE MACIEL FARIAS

Advisor: Jusciane da Costa e Silva

It is known that classes with physical experiments can motivate and arouse the interest of basic education students in Science / Physics classes. However, for the teacher, it is increasingly difficult to include them in his planning. Physics teaching has been facing great challenges for a long time, such as lack of interest from students, lack of physical structure and materials in schools to prepare experimental classes, in addition to little pedagogical time in the classroom to perform them out. A viable option to reduce these limitations would be the insertion of classes with low cost experimental demonstrations. In this dissertation, the entire procedure for building and applying an educational product will be presented, titled *Manual for Simple Experimental Demonstrations for Physics Classes*, which aims to assist in the preparation of classes with demonstrative experiments using low-cost or recyclable materials, in order to arouse students' interest in Physics classes. The manual consists of 20 experimental demonstrations involving content from Mechanics to Electromagnetism, which can be carried out in parallel with the exposure of the content. Each demonstration presents the content covered within Physics, a brief theoretical foundation, the necessary material, illustrations and a proposal for use that involves some questions. It is not the intention of this product to provide ready-made teaching sequences or lesson plans, but rather to present an experimental demonstration that can be added to the teacher's lesson plan. The manual was used by physics teachers from public and private schools in the city of Aracati, freely, within their classes. The results were analyzed from the students' point of view through surveys and group discussions. Finally, it was concluded that the educational product contributed greatly to the students' interest in Physics classes and to the teaching and learning process, in addition to assisting in the planning of the Physics class with teachers.

Keyword: Physics Teaching, Demonstrative Practices, Demonstrations Manual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Queda livre de um livro e bolinha de papel amassado.....	29
Figura 3.2: Truque com pano e garrafa de vidro usando a Inércia.....	36
Figura 3.3: Pessoa sem o cinto de segurança é lançado contra o vidro após colisão (a); Pessoa com o cinto de segurança não é lançado contra o vidro após colisão (b)	36
Figura 3.4: Representação vetorial das forças pesos sobre os corpos A e B.....	38
Figura 3.5: Deformação x de uma mola e a força elástica.....	40
Figura 3.6: Livro em equilíbrio sobre a mesa.....	41
Figura 3.7: Força de atrito no ato de caminhar.....	42
Figura 3.8: Força de resistência do ar que atua no paraquedas.....	42
Figura 3.9: Mola relaxada e mola esticada com comprimento maior.....	45
Figura 3.10: Representação de um bate-estaca.....	49
Figura 4.1: Demonstração de Termometria com o uso de um <i>termômetro caseiro</i>	68
Figura 4.2: 1º encontro com professores da Escola Beni Carvalho.....	69
Figura 5.1: Respostas coletadas antes da aplicação do produto.....	79
Figura 5.2: Respostas coletadas após a aplicação do produto.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Respostas dos professores sobre o conteúdo programático.....	58
Gráfico 4.2: Respostas dos professores quanto ao interesse dos alunos em sala de aula.....	59
Gráfico 4.3: Respostas dos professores sobre realização das aulas experimentais.....	60
Gráfico 4.4: Respostas dos professores sobre realização de experimentos simples, sem roteiros.....	61
Gráfico 4.5: Respostas dos alunos sobre o que acham da disciplina de Física.....	62
Gráfico 4.6: Respostas dos alunos sobre o que eles não gostam na Física.....	63
Gráfico 4.7: Respostas dos alunos sobre o que eles gostam na aula de Física.....	63
Gráfico 4.8: Respostas dos alunos sobre como são as aulas de Física.....	64
Gráfico 4.9: Respostas dos alunos com relação a realização de experimentos em laboratórios.....	65
Gráfico 4.10: Respostas dos alunos demonstração de aulas teóricas.....	65
Gráfico 4.11: Respostas dos alunos sobre as aulas que mais gostaram.....	66
Gráfico 5.1: Comparativo das respostas dos alunos sobre “o que acham da disciplina de Física”	75
Gráfico 5.2: Comparativo das respostas dos alunos sobre “o que não gostam na disciplina de Física”	76
Gráfico 5.3: Comparativo das respostas dos alunos sobre “o que gostam na disciplina de Física”	76
Gráfico 5.4: Comparativo das respostas dos alunos sobre “como são as aulas de Física”	77
Gráfico 5.5: Comparativo das respostas dos alunos sobre “como são as aulas de Física”	77
Gráfico 5.6: Comparativo das respostas dos alunos sobre “a frequência das aulas com demonstração”	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Cronograma das etapas para realização do produto educacional.....	55
Quadro 4.2: Conteúdos ministrados no ensino médio.....	56

SIGLAS

E.M. – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

FAI – Física Auto Instrutiva

FENAME – Fundação Nacional do Material Escolar

IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo

LD – Laboratório de Demonstrações

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

LDC – Laboratório de Ciências

MRU – Movimento Retilíneo e Uniforme

MRUV – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais/Ensino Médio

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PISA – Programa Internacional de Avaliação de Alunos

PUC-SP – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

PSSC – *Physical Science Study Commitee* (Comitê de Estudos de Ciências Físicas)

PEF – Projeto de Ensino de Física

PDF – Formato Portátil de Documento

SI – Sistema Internacional das Unidades

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO.....	14
Capítulo 2 – PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA.....	18
2.1. Os Desafios no Ensino de Física.....	18
2.2. Atividades Práticas.....	20
2.2.1. Experimentos Ilustrativos, Descritivos e Investigativos.....	20
2.2.2. Demonstrações Práticas.....	21
2.3. Um Pouco da História do Ensino de Física Com Uso da Experimentação	22
2.3.1. Projeto de Ensino de Física - PEF.....	22
2.3.2. Física Auto Instrutivo – FAI.....	23
2.3.3. Laboratório de Demonstrações – LD.....	24
2.4. Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física – Produto Proposto.....	25
Capítulo 3 – REVISÃO DE FÍSICA.....	27
3.1. A Dinâmica da Mecânica Clássica.....	27
3.2. Origens dos Estudos dos Movimentos.....	27
3.3. Força	30
3.3.1. Tipos de Força.....	30
3.3.2. Aceleração.....	31
3.4. As Leis de Newton.....	33
3.4.1. Primeira Lei de Newton: Inércia.....	33
3.4.2. Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica.....	47
3.4.3. Terceira Lei de Newton: Ação e Reação.....	40
3.5. Trabalho e Energia.....	43
3.5.1. Energia Cinética.....	43
3.5.2. Energia Potencial.....	44
3.5.3. Trabalho de uma Força.....	45
3.5.4. Conservação da Energia.....	49
3.5.5. Conservação da Energia Mecânica.....	50
3.6. Momentum.....	51
3.6.1. Conservação do Momento Linear.....	53
Capítulo 4 – METODOLOGIA.....	54
4.1. Dificuldades nas Aulas de Física.....	54

4.2. Cronograma das Etapas.....	55
4.2.1. Etapa 1: Enquetes.....	55
4.2.2. Etapa 2: Montagem do Produto - Versão Inicial.....	56
4.2.3. Etapa 3: 1º Encontro com Professores – Divulgação.....	68
4.2.4. Etapa 4: Conversa com Alunos.....	69
4.2.5. Etapa 5: 2º Encontro com Professores – Análises.....	70
4.2.6. Etapa 6: Produto Final.....	70
4.2.7. Etapa 7 e 8: Aplicação e Análises do Produto Final.....	71
Capítulo 5 – ANÁLISES E RESULTADOS.....	72
5.1. Aplicação do Produto Educacional com Os Alunos: Etapa 7.....	72
5.2. Analisando os Resultados da Aplicação do Produto Final: Etapa 8.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
APÊNDICE A – ENQUETE COM PROFESSORES.....	86
APÊNDICE B – ENQUETE COM ALUNOS.....	89
APÊNDICE C – MATERIAL INSTRUCIONAL.....	91
APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL.....	104

1. INTRODUÇÃO

É evidente que o ensino de Física não está atingindo suas expectativas em sala de aula, existem vários estudos constatando que o processo ensino-aprendizagem na disciplina de física é complexo e difícil. Na concepção dos alunos, a forma como as aulas são expostas, quase sem relação entre teoria e prática, o aspecto muito conteudista, baseado em memorizar fórmulas matemáticas e a pouca relação com eventos ao nosso redor tendem a desestimulá-los gerando desinteresse pela Física (GUARDA et. al., 2016, p.10). Segundo Santomauro (2009, p.2) durante décadas, o ensino de Ciências é baseado na reprodução de padrões, acreditando-se que os fenômenos naturais podem ser compreendidos apenas com a observação e memorização de conceitos científicos.

Relatos de muitos professores da área, artigos e trabalhos científicos com foco no ensino de Física apontam um grande distanciamento do aluno com os conceitos físicos e conseqüentemente uma falta de entusiasmo e interesse pelas aulas de Física. Dentre os aspectos causadores desse problema alguns serão destacados aqui: a falta ou a pouca utilidade dos Laboratórios de Ciência (LDC's), que na maioria das escolas, por falta de materiais ou professores capacitados para manipulá-los, acabam sendo pouco visitados; a falta de formação para que professores possam aperfeiçoar suas técnicas de ensino; professores formados em áreas afins lecionando a disciplina de Física para “completar sua carga horária” – o que ocorre frequentemente em escolas públicas; além de uma densa grade curricular para a disciplina de Física que normalmente dispõe apenas de duas a três horas-aulas semanais. Costa e Barros (2015, p.10981) comentam que,

[...] especialmente na escola pública, o ensino de ciências físicas e naturais ainda é fortemente influenciado pela ausência do laboratório de ciências, pela formação docente descontextualizada, pela indisponibilidade de recursos tecnológicos e pela desvalorização da carreira docente.

No âmbito internacional, segundo o PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), que mede o nível de ensino por área, a cada três anos, com alunos de 15 anos, o Brasil ocupa posição crítica no ranking mundial. Em 2006, ano em que foi avaliada a área de Ciências da Natureza, o Brasil ficou na 52ª posição (num total de 57 países) e em 2015 caiu para 63ª posição (num total de 70 países), mostrando que o país ainda está longe de ter uma educação científica de qualidade. De acordo com

Santomauro (2009, p.1), esse resultado foi devido à “maneira de ensinar a disciplina”, que não desperta o interesse dos alunos.

Muitas pesquisas e iniciativas para a melhoria do aprendizado da Física no ensino médio apresentam algo muito recorrente, a importância da *experimentação*. É sabido que as aulas experimentais trazem uma imensa carga de benefícios à aprendizagem do aluno, como laços entre o conceito, a realidade e a motivação à pesquisa, entre diversos outros aspectos pedagógicos. Porém aulas práticas e experimentais encontram uma grande barreira dentro do contexto escolar.

A partir dessa realidade, esse trabalho tem como objetivo contribuir para a melhoria do ensino de Física na cidade de Aracati propondo algo que motive professores e alunos, conectando as aulas expositivas realizadas em sala ao uso de experimentos que demonstrem fenômenos e conceitos Físicos. Inicialmente foram realizadas rodas de conversa, reuniões e enquetes com alunos e professores de cinco escolas da cidade – envolvendo primeiras, segundas e terceiras séries do ensino médio – os quais expuseram as mesmas dificuldades citadas aqui. Ao fim dessa pesquisa, notou-se a necessidade de elaborar um produto educacional que, além de ajudar no planejamento das aulas de Física, servisse como ferramenta pedagógica e como fator motivador para o envolvimento do aluno em sala de aula. Porém, o principal desafio seria criar uma ferramenta que possibilitasse o uso da experimentação, mas que pudesse driblar as dificuldades inerentes a ela.

Em todas as escolas da cidade de Aracati envolvidas na pesquisa deste trabalho, os LDC's ou não existem ou são precários. O professor de Física, normalmente, usa apenas o livro didático como ferramenta pedagógica. Quando decide realizar uma aula experimental não pode fazê-la sempre que deseja, pois precisa verificar se o material está disponível no LDC (muitas vezes não está), além de necessitar de um planejamento logístico muito complicado para levar seus alunos em grupos menores ao laboratório, já que estes são pequenos e não dispõem de espaço suficiente para todos da turma. Muitas vezes o professor precisa planejar duas atividades simultâneas para uma turma em uma mesma aula: uma experimental, realizada no LDC com metade dos alunos da turma, e outra para ser realizada em sala de aula, com a outra parte dos alunos, já que todos os laboratórios existentes nas escolas da cidade de Aracati comportam no máximo 20 alunos. Dessa forma, a aula precisa ser dividida em duas, no primeiro momento uma

parte da turma realiza o experimento no LDC e a outra parte realiza uma atividade em sala, no segundo momento os alunos trocam as atividades. Esse é um dos problemas encontrados para a realização de aulas experimentais, uma vez que já foi citado anteriormente, o pouco tempo pedagógico disponível para os professores abordarem a grande quantidade de conteúdo de Física proposto no plano anual dessas escolas.

O produto desta pesquisa trata-se de um manual com 20 demonstrações experimentais simples e de material baixo custo, ou reciclado, que podem ser usadas pelo professor, adequando-as ao seu plano de aula de acordo com sua metodologia e suas condições de trabalho. Existem várias formas de envolver a prática experimental com a aula teórica de Física: por *verificação*, *simulação* e *pela prática laboratorial*. Algumas dessas diferentes formas de prática experimental serão comentadas no capítulo 2. Porém, a prática por *demonstrações experimentais*, além de apresentar vários fatores em comum com a prática laboratorial – como o vínculo entre teoria e a prática e o aumento do interesse do aluno – tem a vantagem de poder ser realizada na própria sala de aula, necessitando apenas do material para o professor. A proposta das aulas com experimentos de demonstrações é deixar a aula mais dinâmica e atrair a atenção do aluno, promovendo assim um aprendizado mais prazeroso de forma simples, rápida e sem a necessidade de muitos recursos. Com o uso do material, caso seja conveniente, o professor também poderá realizar os experimentos junto aos alunos da turma, já que os materiais necessários para as demonstrações são de fácil acesso. As demonstrações podem ser inseridas dentro de uma metodologia expositiva, investigativa, ou mesmo, compor novos métodos de ensino, como a sala de aula invertida, com o intuito de gerar discussões e debates sobre um assunto estudado.

O produto envolve uma série de conteúdos da Física, desde a Mecânica até o eletromagnetismo. Os assuntos trazidos nas demonstrações também foram escolhidos por meio de pesquisa com os professores, os quais elencaram os mais abordados em sala de aula. Os experimentos são simples e com materiais facilmente encontrados em casa ou na escola. Além disso, cada demonstração apresenta quais os objetivos almejados, uma breve fundamentação teórica, a lista de materiais necessários para sua realização, uma proposta de uso e um questionário que pode ser aderido ou modificado pelo professor. Com esse produto espera-se que as aulas de Física ganhem um aliado, otimizando o tempo que se usa para o preparo da aula e facilitando no planejamento, e que desperte o interesse do aluno pelas aulas de Física.

Esse trabalho conterà uma breve história sobre os tipos de aulas práticas que podem ser utilizadas para o ensino de Física assim como algumas pesquisas que defendem o uso de experimentos em sala de aula, apresentada no capítulo 2. No capítulo 3 será apresentada a metodologia, ou seja, todas as etapas de como se chegou ao produto final deste trabalho, intitulado *Manual de Demonstrações Experimentais simples para aulas de Física*, desde as pesquisas, enquetes e reuniões até a versão final no manual. No capítulo 4 será realizada uma revisão de Física, com enfoque na Dinâmica, com a finalidade de apresentar um dos conteúdos mais abordados pelas demonstrações do manual. Enfim, no capítulo 5, serão apresentadas as análises feitas ao processo de construção do produto e os resultados obtidos com ele em sala de aula.

2. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA

2.1. Os Desafios no Ensino de Física

Hoje na literatura é possível coletar inúmeras características do ensino da Física nas escolas contemporâneas. Existe uma série de desafios, mas também, muitas soluções para eles, porém, quase nunca são postas em prática, como foi dito por Gérard Vergnaud (GROSSI, 2008). Muitos dos desafios encontrados no ensino da Física são citados por Moreira (2017, p.1):

A Física na Educação Básica está em crise: além falta e/ou despreparo de professores, das más condições de trabalho, do reduzido número de aulas e da progressiva perda da identidade no currículo, o ensino da Física na educação contemporânea estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados.

A permanência do método tradicional nas escolas, muitas vezes acontece devido à falta de capacitação dos professores e a precariedade ou falta de LDC's nas escolas de ensino médio, como já foi citado no primeiro capítulo. As soluções apresentadas em pesquisas para os desafios encarados no ensino da Física, geralmente, envolvem métodos que necessitam de mudanças drásticas ou requerem aquisição de materiais caros, construções de ambientes especiais, cursos de capacitação, mudança no currículo, mudança na forma de avaliação, dentre outros, que na prática não acontecem da noite para o dia, nem mesmo em décadas de reforma no plano de educação.

Outro desafio que pode ser citado é o desinteresse do aluno pelas aulas em geral. Essa geração traz consigo a tecnologia, a informação em grande escala e em tempo real, os jogos de alta definição, e fica difícil atrair a atenção desses alunos para aulas comuns apenas com conceitos, definições, fórmulas e resolução de atividades. É necessário levar para a sala de aula algo que envolva esses estudantes com os conceitos científicos, porém considerando que a escola ainda está mergulhada em uma era tradicional. Além disso, a diversidade do público discente é enorme, sendo muito diferente de uma escola para outra, ou mesmo de uma turma para outra dentro de uma mesma escola. Muitas vezes, a metodologia utilizada por um professor em uma sala de aula precisa sofrer algumas mudanças ao ser apresentada em outra.

Uma forma de motivar a aprendizagem é a inserção de aulas experimentais nas aulas de Física. É sabido que tais aulas conseguem prender a atenção do aluno, sem

contar que, realizadas de maneira não sistemática e metódica, constroem o conhecimento, ou seja, não promovem a chamada “educação bancária”, denominada por Paulo Freire, onde o conhecimento é simplesmente *depositado* no aluno, sem fazer o menor sentido na sua vida. Porém, as aulas experimentais, assim como muitas das soluções para os desafios citados aqui, também apresentam muitas dificuldades, como a falta de espaço físico e de recursos para a realização das práticas nas escolas e a falta de tempo pedagógico para a sua realização (ANDRADE E MASSABNI, 2011). Na maioria das vezes os laboratórios não comportam todos os alunos ao mesmo tempo, então a turma precisa ser dividida em turmas menores para tornar possível a visita a estes espaços. Normalmente, em escolas públicas, o número de alunos por sala varia entre 30 a 50. Assim, uma aula experimental requer um tempo bem maior, visto a necessidade de fracionar a turma para a visita ao LDC.

O fator “tempo” é bastante relevante, principalmente em escolas públicas, as quais adotam somente 2 horas-aula de Física por semana, quando comparadas às escolas particulares, que adotam 3 ou mais. Se considerarmos o turno noturno, esse número de horas-aula reduz mais ainda, sendo que em muitas escolas, é de apenas 1 hora-aula semanal para a disciplina. Além, é claro, de o planejamento de uma aula prática requerer um tempo bem maior para sua preparação, pois é necessário realizar os experimentos com antecedência, testar aparelhos, verificar e separar materiais, construir relatórios e organizar uma segunda atividade que deverá ser realizada pelo grupo de alunos que ficará em sala durante a ida de uma parte da sala ao LDC – lembrando que a maioria dos LDC’s não comporta uma turma completa, precisando, o professor, fracionar a turma para usá-lo.

Outro ponto importante é o fato de que para executar aulas experimentais o professor necessita de um mínimo de destreza ao realizá-la, seja para a construção de um aparato experimental ou mesmo para o manejo de itens de um laboratório. Porém, mesmo o docente reconhecendo a atividade prática como um fator importantíssimo, nem sempre ele possui essa habilidade, vezes por não ter tido uma capacitação adequada no curso de licenciatura, ou mesmo por não ter a prática de realizar experimentos (BASSOLI, 2014). Portanto, é preciso frisar que em qualquer aula que envolva experimentação é necessário um planejamento e “treino” do que se deseja apresentar, mesmo em se tratando de mecanismos simples.

A metodologia adquirida por cada professor para obter resultados positivos na aprendizagem do aluno é de suma importância. A Física é uma ciência que necessita de linguagem específica, de conhecimentos históricos, domínio da matemática, dentre outros, que, na maioria das vezes, a torna uma disciplina com índice de rejeição muito grande pelos alunos. Só existe ensino se houver aprendizado, como defendido por Freire (1996) e por Moreira (2015), logo cabe ao professor buscar a melhor forma de promover o aprendizado, só assim pode-se dizer que está ensinando algo.

Particularmente com a Física, o desinteresse por parte dos alunos é enorme, como já citado anteriormente. Entretanto, acredita-se que os experimentos ainda são o melhor atrativo para alunos desde o ensino fundamental até o ensino médio. Isso acontece devido à curiosidade ser a maior aliada de um professor de ciências quando se trata de garantir a atenção de adolescentes. Quando o docente tem a capacidade de desenvolver o interesse dos alunos por sua disciplina, entretê-los, motivá-los e tornar significativo um conceito (construir conhecimento) ele certamente domina a didática.

2.2. Atividades Práticas

Muitos trabalhos apontam as aulas práticas como um fator de extrema importância para o processo de aprendizagem dos alunos por serem motivadoras e conectarem a teoria com a realidade. Existem várias vertentes e definições para atividades práticas, assim como existem diferentes tipos de laboratórios de ciências, como os laboratórios virtuais, os de simulação, os demonstrativos, dentre outros. Andrade e Massabni (2011) define atividade prática como sendo “aquelas tarefas educativas que requerem do estudante a experiência direta com o material presente fisicamente, com o fenômeno e/ou com dados brutos obtidos do mundo natural ou social”. Assim, as atividades práticas podem ser classificadas como: *experimentos ilustrativos*, *experimentos descritivos*, *experimentos investigativos* e *demonstrações práticas* (ANDRADE E MASSABNI, 2011). De acordo com Campos e Nigro (1999), um experimento não pode ser confundido com uma atividade demonstrativa. O experimento é usado para verificar ou testar a veracidade de hipóteses, fórmulas e conceitos. Já a demonstração é utilizada para possibilitar o aluno de visualizar e presenciar um fenômeno até então visto apenas teoricamente.

2.2.1. Experimentos Ilustrativos, Descritivos e Investigativos

Os experimentos *ilustrativos* tem a função de provar algum conceito ou teoria. São realizados pelos alunos em grupos, possibilitando a interatividade física e social. Para esta modalidade é necessária participação do professor por meio de estímulos e problematizações com o intuito de conduzir o estudante ao conhecimento almejado (ANDRADE E MASSABNI, 2011). Os experimentos *descritivos* tem como ponto chave o “descobrimento” de fenômenos por parte dos alunos, que deverão descrevê-los por meio da experimentação e observação (ANDRADE E MASSABNI, 2011). Quando realizados em grupos, incentivam a interação física e social. Eles são realizados pelos estudantes de forma mais independente, não necessitando da participação intensa do professor. Nessa modalidade, os alunos apresentam suas próprias conclusões sobre o fenômeno estudado, sendo muitas vezes confundida com a *experimentação investigativa*. Na experimentação investigativa, os alunos são estimulados a discutir e a elaborar hipóteses, além de participarem intensamente na execução do experimento (ANDRADE E MASSABNI, 2011).

2.2.2. Demonstrações Práticas

As demonstrações experimentais são aquelas realizadas pelo professor, com o intuito de mostrar na prática algum conceito ou fenômeno visto até então apenas na teoria. Nesta modalidade o aluno não interage com o material do experimento, o qual será manipulado somente pelo professor. Porém, dependendo da forma como o professor organiza e planeja sua aula, pode formar grupos de discussão entre os alunos sobre o fenômeno observado. As atividades demonstrativas podem proporcionar interação emocional por meio da curiosidade, uma vez que os experimentos sejam atraentes e interessantes (ANDRADE E MASSABNI, 2011).

As demonstrações práticas são bastante úteis para situações na qual o professor não dispõe de material suficiente para todos os alunos (CAMPOS E NIGRO, 1999). Outra forma de usar a demonstração é como ilustração de algum conceito que está sendo abordado em sala de aula, paralelamente a sua explicação. Porém, vale ressaltar que a demonstração não deve ser encarada como o único método didático para aulas de Física, como explica Campos e Nigro (1999):

É importante salientar que as demonstrações práticas podem e devem ser utilizadas pelos professores somente para atender finalidades muito bem definidas. Isto é, não devem ser o único instrumento didático para viabilizar a

aprendizagem de determinado conteúdo e, assim, colocar-se no lugar de ou substituir todas as possíveis estratégias de ensino em uma unidade didática.

2.3. Um Pouco da História do Ensino de Física Com Uso da Experimentação

O Ensino de Ciências com uso dos experimentos é muito mais antigo do que se pode imaginar, por exemplo, as demonstrações no Museu de Alexandria, nos anos 300 a.C., ou mesmo as demonstrações do magnetismo no início do séc. XVII (GASPAR, 2005, p.229). No Brasil o ensino de Física teve início na educação básica a partir de 1837, no *Colégio Pedro II*. Nesse tempo, as aulas com experimentos eram consideradas importantes, mas, trava-se de uma educação baseada nos livros texto os quais eram a única fonte de pesquisa e fundamentação para realizá-los. Apenas em 1963, quando o PSSC (Physical Science Study Commitee) foi traduzido para o português pela editora *Universidade de Brasília*, que o ensino de Física começou a tomar novos rumos (MOREIRA, 2000). Tratava-se de um projeto curricular completo para o ensino médio, desenvolvido nos Estados Unidos, que se baseava fortemente no ensino da Física com a experimentação. Apesar de não ter dado muito certo, diante do seu caráter norte-americano, distante da realidade brasileira, dentre outros fatores, o PSSC foi considerado um marco na história do ensino da Física no Brasil e no mundo (GASPAR, 1997).

Apenas nos anos 1970 o ensino de Física começou a obter mudanças mais expressivas e positivas com o surgimento de outros projetos, como o PEF (Projeto de Ensino de Física), o FAI (Física Auto Instrutivo) e a criação do LD (Laboratório de Demonstrações) na IFUSP (Instituto de Física da Universidade de São Paulo), os quais serão descrito melhor a seguir.

2.3.1. Projeto de Ensino de Física - PEF

Após o PSSC, um novo projeto começou a ser elaborado por um grupo de professores no IFUSP com o intuito de atender a realidade das escolas brasileiras, o PEF. Sua primeira versão foi lançada em escolas de São Paulo, contendo textos e kits experimentais. Com as observações e análise dos resultados da implantação do projeto, algumas alterações precisaram ser feitas. Após a edição realizada pelo FENAME (Fundação Nacional do Material Escolar) a versão reformulada do PEF passou a ser vendida para as escolas em 1974 (VIOLIN, 1977).

O projeto apostava na individualidade do aluno e na sua postura ativa, assim como acreditava que a experimentação era a melhor forma de assegurar uma aprendizagem efetiva. Porém, é um erro apostar no ensino da Física com um único recurso, a experimentação, como é bem colocado por Moreira (2000):

Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia.

O material do PEF continha um guia do professor para realização dos experimentos, os quais eram kits simples e de baixo custo que acompanhavam o material, e um texto base, organizado em quatro fascículos: Mecânica 1, Mecânica 2, Eletricidade e Eletromagnetismo. Devido à realidade das escolas brasileiras o material do PEF tinha um preço acessível. Infelizmente, a dificuldade de distribuição e a baixa qualidade dos materiais junto com a metodologia focada apenas na experimentação levaram, aos poucos, o PEF ao insucesso (GASPAR, 1997).

2.3.2. Física Auto Instrutivo – FAI

O FAI surgiu em São Paulo por um grupo de professores, também do IFUSP, preocupados com o baixo nível de aprendizagem dos seus alunos. Esse projeto tinha um caráter auto instrutivo, ou *instrução programada*, onde o professor era visto como orientador de atividades podendo ser ativo na melhoria da aprendizagem, algo que se diferenciava da educação tradicional. Os objetivos do FAI traziam a preocupação de oferecer uma aprendizagem efetiva com o uso de materiais laboratoriais e recursos audiovisuais. (SAAD, 1977)

Dentre os materiais do FAI encontravam-se conjuntos experimentais de baixo custo, recursos audiovisuais, que incluíam filmes, e os textos históricos, com a finalidade de inserir os fenômenos físicos num contexto histórico. Existia, também, um planejamento de como o professor deveria organizar suas aulas baseando-se no projeto FAI. Apesar de promissor, seu caráter auto instrutivo também trouxe alguns problemas, como: a falta de regularidade e simultaneidade na aprendizagem individual e conseqüentemente no avanço das unidades; o professor, muitas vezes, sentia-se inutilizado, como mencionou Gaspar (1997, p.5):

[...] a sensação de minha inutilidade em sala de aula- os alunos, envolvidos em sua interação com o texto, mal notavam a minha presença - era

compensada com a expectativa de que, agora sim, eles estariam aprendendo. Nunca os havia visto tão concentrados, lendo, estudando, preenchendo lacunas, alguns até com avidez e entusiasmo.

Em pouco tempo a instrução programada teve fim no âmbito nacional e em alguns países. Sua queda teve influência nas ideias de Jean Piaget, que passou a dominar o cenário da educação brasileira (GASPAR, 1997).

2.3.3. Laboratório de Demonstrações – LD

Ainda com o processo de transformação e desenvolvimento do ensino da Física no Brasil, No final dos anos 70, alguns pesquisadores do *Departamento de Física Experimental* da IFUSP, junto com o professor Ernst Wolfgang Hamburger, criaram o *Laboratório de Demonstrações*, que ficou conhecido como *Prateleira de Demonstrações*. Trata-se de um espaço físico no qual pode ser encontrado uma grande diversidade de equipamentos e kits de experimentos de demonstração que servem como apoio pedagógico para os professores em sala de aula (IFUSP-LD, 2019). O LD possuía experimentos de demonstração que contemplam conteúdos de Mecânica, Eletricidade e Magnetismo, Oscilações e Ondas, Óptica, Fluidos e Termodinâmica, contando hoje com mais de 400 equipamentos. Tais experimentos podem ser procurados por tema ou por disciplina. Nele, os experimentos são apenas para demonstração, possibilitando um número maior de kits experimentais, já que só é necessário um kit por prática. Além disso, permite ao professor maior mobilidade com o material, podendo levá-lo para sua sala de aula ou outro ambiente de seu interesse (IFUSP-LD, 2019).

Na época de sua criação, o material foi muito importante no desenvolvimento de projetos e como suporte pedagógico nas aulas de graduação na IFUSP e nas Escolas Politécnicas em cursos básicos de Física. Os alunos da educação básica também foram beneficiados, pois o LD era aberto à visita e seus kits de experimentos podiam ser emprestados aos professores. Porém, a falta de renovação e divulgação do material provocou uma menor procura e, juntamente com o alto custo dos kits de demonstração, um menor investimento (IFUSP-LD, 2019).

Apenas a partir de 2013 o LD começou a ser revitalizado, ganhou bolsistas com o objetivo de organizá-lo e catalogar o que ainda existia. Hoje, o LD conta com agendamento para visitas de estudantes com acompanhamento de monitores e fica localizado no IFUSP (IFUSP-LD, 2019).

2.4. Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física – Produto Proposto

Baseado na proposta do LD e nas iniciativas para um ensino de Física com enfoque na experimentação, mas também, com preocupação de não concentrar todo o sucesso da aprendizagem na utilização desses experimentos, o produto educacional criado a partir desta pesquisa traz fundamentalmente a ideia de poder usar o experimento nas aulas de Física como demonstração de conceitos abordados. A demonstração, no contexto atual das escolas de ensino médio, é mais viável, pois nem sempre o professor pode contar com o espaço físico de um LDC, muito menos de material suficiente para todos os alunos. Sem falar de problemas como realização de aulas práticas e pouco tempo pedagógico.

Diferente do LD, o produto educacional proposto não necessita de um espaço físico para sua existência e o custo para aderi-lo é muito pequeno (ou mesmo nenhum), pois não se trata de um laboratório de demonstrações físico, mas sim de um material impresso (ou em Formato Portátil de Documento – PDF) contendo propostas de experimentos para demonstração em sala de aula por conteúdo. O produto educacional é constituído de um manual que apresenta 20 experimentos de demonstração que podem ser montados usando material encontrado em casa ou mesmo na escola. Assim, o professor terá a possibilidade de criar seus próprios kits de demonstração de acordo com seu cronograma de aulas e suas condições de trabalho.

A ideia de realizar aulas com experimentos demonstrativos, ou como pode ser chamada “experiências de cátedra”, não é uma ideia original, pois essa vertente já veio se desenvolvendo desde os anos 70. Trata-se de uma modalidade de apresentar os fenômenos físicos na prática, a partir de experimentos que são levados para a sala de aula pelo professor e apresentados aos alunos, sem a necessidade destes o manusearem. Uma atividade de demonstração pode ser realizada em qualquer disciplina, envolvendo qualquer conteúdo, como explica Gaspar (2005, p. 228):

A expressão ‘atividade de demonstração’, no ambiente escolar, pode referir-se a qualquer apresentação realizada em sala de aula, não vinculada ao uso do quadro negro, como, por exemplo, a exibição de um filme ou de um slide, cuja atividade pode ser considerada pedagogicamente válida.

Mesmo quando experimentos são somente para demonstração, o fato de criar situações reais para as teorias e conceitos lecionados durante a aula gera no aluno a

curiosidade e a compreensão da aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos. Além disso, os experimentos demonstrativos são mais viáveis dentro da realidade de muitas escolas, pois não há a necessidade de vários equipamentos e nem de muito tempo pedagógico, já que este também é um fator crítico para o desenvolvimento de aulas experimentais. De acordo com Gaspar (2005, p.227-228):

[...] alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

A diferença entre este produto educacional e as demais iniciativas envolvendo a experimentação aqui apresentadas, é que o *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física* não apresenta um plano de aula pronto ou etapas pré-definidas para seu sucesso, como nos casos do PEF ou do FAI. A proposta do manual é apresentar possibilidades de agregar uma demonstração ao plano de aula do professor, adequando a experimentação à sua metodologia.

3. REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA

A Física pode ser dividida de várias formas, uma delas é a divisão entre a *Física Clássica* e a *Física Moderna*. A Física Clássica é baseada nas Leis de Newton e no Eletromagnetismo. Já a Física Moderna nos trabalhos de Max Planck, com a radiação do corpo negro, e Albert Einstein, com a explicação do efeito fotoelétrico. Outra forma de dividir a Física é de acordo com as propriedades dos fenômenos estudados, podendo ser dividida em cinco grandes áreas: Mecânica, Termodinâmica, Óptica, Eletromagnetismo e Ondulatória. Dessas grandes áreas existem outras subdivisões, incluindo a que será objeto de estudo deste capítulo por ser o tema de maior abrangência nos experimentos de demonstração do produto deste trabalho.

Neste capítulo serão estudados os conceitos físicos envolvidos em algumas das demonstrações trazidas pelo manual (produto deste trabalho) de forma sucinta, porém com os aprofundamentos necessários para a sua compreensão. Serão tratados os conceitos da Dinâmica, englobado na Física Clássica.

3.1. A Dinâmica da Mecânica Clássica

A Física estuda diversos fenômenos naturais a partir do método científico, e um desses fenômenos é o *movimento*. Há muitos anos os movimentos dos astros e dos objetos na Terra intrigam o homem, que de alguma forma tentam explicá-lo. A parte da Física que se dedica a compreender, analisar e explicar *movimentos* é chamada de *Mecânica*. A Mecânica em si, divide-se: *Cinemática*, *Dinâmica* e *Estática*. Para a Cinemática cabe a análise e a classificação dos movimentos sem haver preocupação com suas origens, ou seja, com o que causou tal movimento. Já na dinâmica, existe uma preocupação com as causas desse movimento, ou seja, a Dinâmica é a parte da Física que estuda o movimento levando em conta o que o ocasionou. Por esse motivo, o conceito mais importante na Dinâmica é o de *força*, a qual é capaz de alterar o movimento de um corpo a partir de um “empurrão” ou um “puxão”. A Estática é um caso especial da Mecânica, pois preocupa-se com os corpos estáticos, ou seja, sem movimento. Neste caso, o repouso ocorre devido à ação de forças que geram uma atuação nula, chamado de *equilíbrio*.

3.2. Origens dos Estudos dos Movimentos

Apesar da maioria estudos voltados para a Dinâmica serem associados a Isaac Newton e Galileu Galilei, um dos primeiros a tentar explicar de forma concreta a origem dos movimentos foi o filósofo e cientista da antiga Grécia, Aristóteles. Ele classificou o movimento em dois tipos: o *movimento natural* e o *movimento violento*. Antes de compreender essa classificação, vale lembrar que os antigos acreditavam que os objetos do universo eram constituídos de *quatro elementos* primordiais (água, terra, ar e fogo) e que cada um teria um lugar apropriado devido a sua “natureza” (HEWITT, 2002, p.44).

Portanto, um *movimento natural* é aquele em que o objeto se move “naturalmente” para o seu “lugar apropriado” devido sua composição. Por exemplo: ao soltar uma pedra ela cai até atingir o solo, pois sua composição é, em maior parte, formada de terra. Já a fumaça sobe naturalmente, pois sua composição em maior parte é dos elementos fogo e ar. Esse movimento sempre seria para cima ou para baixo e sua rapidez estaria relacionada ao seu peso. O movimento natural também poderia ser circular no caso de objetos celestes, os quais seguiam leis diferentes aos terrestres (HEWITT, 2002, p.44).

Um *movimento violento* seria um movimento imposto, ou seja, resultava de uma força (puxão ou empurrão), como no caso de um barco empurrado pelo vento. Porém algumas situações do movimento violento não estavam sendo bem compreendidas. Isso ocorria nos casos de lançamentos, por exemplo. Quando uma pedra é lançada por uma pessoa, a força gerada pelo braço dessa pessoa a empurra até certo ponto, mas a pedra continua em frente durante certo intervalo de tempo sem que a mão que a empurrou continue empurrando. Então, de onde viria essa “outra força”? Quem continua empurrando a pedra? Para explicar tal situação, Aristóteles imaginou que quando o corpo abandona aquilo que o impulsionou um vácuo é formado na em sua traseira e o ar, ao preencher esse vácuo realiza pressão suficiente para continuar empurrando-o para frente.

Tais explicações para o movimento dos objetos terrestres e celestiais duraram por mais de 2000 anos, até que outras dúvidas não estavam mais sendo sustentadas por esta teoria. Uma delas era o movimento da Terra, já que esta ocupava seu lugar apropriado. Foi aí que Nicolau Copérnico, um astrônomo polonês, apresentou uma solução simples, porém muito polêmica e com muitas perseguições. Copérnico propôs o heliocentrismo como forma de explicar os movimentos observados da Terra, da Lua e

do Sol. Nesse modelo de sistema astronômico, a Terra deixaria de ocupar o centro do universo e passaria a circular o Sol, assim como os outros planetas e as estrelas.

Copérnico trabalhou as escondidas durante toda sua vida, pois temia as perseguições realizadas pela igreja, já que as explicações aristotélicas se encaixavam perfeitamente à doutrina da igreja – Deus criou a Terra e o homem, e estes ocupavam o centro do universo – sem contar que ele mesmo não acreditava completamente em sua teoria. Apenas no século XVII, com Galileu Galilei, as ideias de Copérnico ganharam força e prestígio. Foi ele quem destruiu a teoria do movimento dos corpos de Aristóteles através de observações e experimentos, como conta Hewitt (2002, p.46):

Conta-se que Galileu deixou cair da torre inclinada de Pisa vários objetos com pesos diferentes e comparou suas quedas. Ao contrário da afirmativa de Aristóteles, Galileu comprovou que uma pedra duas vezes mais pesada que outra não caía realmente duas vezes mais rápido. Exceto pelo pequeno efeito da resistência do ar, ele descobriu que objetos de vários pesos, soltos ao mesmo tempo, caíam juntos e atingiam o chão ao mesmo tempo.

Esse experimento pode ser facilmente reproduzido, deixando cair um livro e uma folha de papel bem amassada, como na figura 3.1. Obviamente, o livro tem mais massa que a folha de papel, logo, tem maior peso. Mas, mesmo contra a previsão intuitiva da maioria das pessoas, que pensariam no livro chegando primeiro ao solo, os dois cairão praticamente ao mesmo tempo. Claro que num ambiente normal na Terra existem forças resistivas, como atrito e resistência do ar, fazendo que haja uma pequena diferença (quase nula) entre os tempos de queda. Mesmo, considerando essas forças, a queda dependerá do formato do objeto e não de suas massas.

Figura 3.1: Queda livre de um livro e bolinha de papel amassado.



Fonte: BONJORNO e CLINTON. Física 1 – Mecânica. Ed: FTD, 2016, p.134

Em 1642, nasceu quem seria conhecido como o pai da *mecânica clássica*, Isaac Newton. Um inglês que dedicou sua vida às observações e experimentações na área da

Física e da matemática. Contribuiu em áreas como a Óptica e a Gravitação e criou o Cálculo Diferencial na Matemática. Com 23 anos desenvolveu as famosas *leis do movimento*, que ficaram conhecidas como as *Leis de Newton*, a partir de experimentações e de aprimoramentos em teorias de outros cientistas anteriores a ele. Uma de suas frases mais famosas retrata o reconhecimento aos trabalhos anteriores aos seus que serviram como base e inspiração para sua obra: “se enxerguei mais longe é porque me apoiei em ombros de gigantes”. Newton, em suas leis, explica a relação entre o movimento e a força. Em homenagem a sua dedicação e descobertas nessa área, a principal unidade de força, adotada pelo SI (Sistema Internacional das Unidades), leva seu nome, o *newton (N)*.

3.3. Força

A Força (\vec{F}) pode ser entendida como um “empurrão” ou um “puxão” e é o principal conceito da Dinâmica, pois é ela quem causa ou modifica um movimento. Trata-se de uma interação entre dois ou mais corpos capaz de deformá-los ou variar sua velocidade. Ela é a causadora da queda de objetos, da largada de um carro, da freada brusca em uma colisão, da atração entre um ímã e a geladeira, do movimento de uma caixa ao ser empurrada, e todas as outras alterações de movimentos.

Um corpo pode sofrer a interação de várias forças aplicada a ele ao mesmo tempo. Neste caso as consequências ocorridas neste corpo serão o resultado da soma de todas as forças aplicadas a ele, chamada de *força resultante* (\vec{F}_{res}). A força resultante é a “combinação de forças que atuam sobre um objeto” (HEWITT, 2002, p.46). A força é uma grandeza vetorial, ou seja, a força resultante (soma das forças individuais) depende das direções, sentidos e intensidades de cada força individual. Portanto para encontrar a força resultante é necessário calcular a *soma vetorial* das forças individuais aplicadas sobre o corpo.

3.3.1. Tipos de Força

A força pode ser classificada em: *força de contato* ou *força de campo*. A força de contato é quando, para que ela atue, os corpos envolvidos devem estar em contato um com o outro. Este é o caso do exemplo de empurrar uma caixa ou da freada brusca em uma colisão. Já a força de campo, não necessita de contato entre os corpos envolvidos, ela atua a distância, dentro de uma região no espaço, chamada de campo,

onde essa força é atuante. É o caso da queda de corpos, onde o espaço é o campo gravitacional onde atua a força da gravidade, ou mesmo da atração entre o ímã e a geladeira, que mesmo a distância o ímã é capaz de interagir (atrair) o metal. Existem vários tipos de força, são algumas delas:

- ✓ Força gravitacional (\vec{F}_g) ou força peso (\vec{P}): é uma força de atuação mútua entre corpos do universo. No campo gravitacional terrestre ela tem direção perpendicular à superfície da Terra.
- ✓ Força de atrito (\vec{f}_{at}): é uma força de resistência exercida por duas superfícies, com certa rugosidade, que estão contato.
- ✓ Força normal ou força de apoio (\vec{N}): é força exercida por uma superfície de apoio sobre o corpo nela apoiado. Esta força ocasiona o equilíbrio.
- ✓ Força de tração (\vec{T}): é a aplicada a um corpo por meio de um fio, corda, correia, corrente etc.
- ✓ Força centrípeta (\vec{F}_{cent}): força resultante existente no movimento circular que impulsiona o corpo ao centro da trajetória curvilínea.
- ✓ Força magnética (\vec{F}_{mag}): é a força de atração ou repulsão exercida por ímãs ou correntes elétricas.
- ✓ Força elétrica ($\vec{F}_{elét}$): é a força de atração ou repulsão exercida entre cargas elétricas de sinais diferentes ou iguais (respectivamente).
- ✓ Força elástica ($\vec{F}_{elást}$): é a força aplicada a um corpo que possui elasticidade, contraindo-o ou esticando-o.
- ✓ Força nuclear (\vec{F}_n): é a força existente entre núcleos (prótons e nêutrons) capaz de reuni-los em um mesmo espaço, mesmo havendo uma força de repulsão elétrica entre os prótons por terem carga de mesmo sinal.
- ✓ Força forte (\vec{F}_F): é a interação entre quarks e glúons, componentes básicos da matéria.

3.3.2. Aceleração

A principal consequência da aplicação de uma força é o surgimento de uma *aceleração*. Chama-se de aceleração, a alteração da velocidade de um corpo em certo intervalo de tempo. Logo, quanto mais rápido ocorrer essa variação na velocidade maior

será sua aceleração e conseqüentemente maior foi à força que ocasionou tal aceleração. Em termos matemáticos a aceleração média (α_m) pode ser escrita como:

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{t - t_o} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (\text{eq. 3.1})$$

Onde v_o é a velocidade inicial do corpo, ou seja, a velocidade do corpo no instante t_o , e v é a velocidade no instante t . A aceleração instantânea ou simplesmente aceleração (α) de um corpo “é o limite da aceleração média quando o intervalo de tempo tende a zero” (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p.43). Em termos matemáticos tem-se:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (\text{eq. 3.2})$$

No movimento retilíneo e uniforme (MRU) a aceleração é nula, pois não há variação na velocidade do corpo. Já no movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) a aceleração é constante. Neste último caso a aceleração média e a instantânea são iguais.

$$\vec{a}_m = \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{t - t_o} = \frac{dv}{dt} \quad (\text{eq. 3.3})$$

Existem casos onde essa aceleração não é constante, ou seja, casos em que a velocidade muda de forma não uniforme, sem obedecer a uma taxa única de variação. Nesses casos o movimento é variado, mas não pode ser classificado como MRUV. Para as situações onde a aceleração é constante e considerando $t_o = 0$, a aceleração obtida pela Eq. 3.1 será:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{t}$$

Ou mesmo,

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}t \quad (\text{eq. 3.4})$$

Esta última equação é conhecida como *equação horário da velocidade no MRUV*. Também é possível deduzir tal equação usando integral. Considere a Eq. 3.2. escrita da seguinte maneira:

$$d\vec{v} = \vec{a} dt$$

Logo sua integral será:

$$\int d\vec{v} = \vec{a} \int dt$$
$$\vec{v} = \vec{a}t + C \quad (\text{eq. 3.5})$$

Onde, para $t = 0$, tem-se $v = v_o$, então,

$$\vec{v}_o = C$$

Substituindo este valor na Eq. 3.5, será encontrada a Eq. 3.4.

A partir da integração da *equação horário da velocidade no MRUV* é possível, também, determinar a *equação horário da posição no MRUV*, já que a velocidade é a derivada primeira da posição x :

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \quad (\text{eq. 3.6})$$

Expondo a Eq.3.4 em termos da Eq. 3.6, tem-se:

$$\frac{dx}{dt} = \vec{v}_o + \vec{a}t$$
$$dx = \vec{v}_o dt + \vec{a}t dt$$

Integrando ambas as partes, obtêm-se:

$$\int dx = \int \vec{v}_o dt + \int \vec{a}t dt$$
$$x = \vec{v}_o t + \frac{\vec{a}t^2}{2} + B \quad (\text{eq. 3.7})$$

Onde, para $t = 0$, tem-se $x = x_o$, logo:

$$x_o = B$$

Substituindo este último valor na Eq. 3.7 obtêm-se a *equação horário da posição no MUV* a seguir:

$$x = x_o + \vec{v}_o t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad (\text{eq. 3.8})$$

Os movimentos em queda livre também são considerados MRUV. Nesse tipo de movimento a aceleração tem sentido sempre para baixo (vale ressaltar que a aceleração é uma grandeza vetorial), portanto, em queda livre, o movimento será acelerado, ou seja, o módulo de sua velocidade aumentará. O valor da aceleração da gravidade varia de acordo com a localização (latitude e longitude) no globo terrestre. Em média, o módulo da aceleração em queda livre, conhecida como *aceleração da gravidade terrestre* (g) é aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$. Em outros corpos celestes (planeta, luas) o valor da aceleração será diferente e estará relacionado com a massa e as distâncias entre os corpos.

3.4. As Leis de Newton

Na *mecânica newtoniana*, encontram-se os estudos realizados pelo cientista Isaac Newton sobre os movimentos dos corpos. Em seu livro, *Principia*, um dos mais importantes para a Física, apresenta as três leis de Newton para o movimento, conhecidas como: a *lei da Inércia*, o *princípio fundamental da dinâmica* e a *lei da ação e reação*. Apesar de bastante abrangentes e de fácil compreensão, tais explicações não se aplicam todas as situações. No caso de um corpo atingir velocidades muito altas, comparáveis a da luz, as leis de Newton não são mais suficientes para defini-los. Nestes casos, seria necessário substituir a mecânica newtoniana pela *teoria da relatividade restrita* de Albert Einstein, um pouco mais complicada, porém, abrange todas as velocidades. Caso as dimensões dos corpos envolvidos sejam muito pequenas, ou seja, dimensões atômicas, a teoria que deverá ser considerada é a da *mecânica quântica*.

3.4.1. Primeira Lei de Newton: Inércia

De acordo com Aristóteles, um objeto só se mantém com velocidade constante com a presença de uma força contínua sobre ele. Além disso, Aristóteles imaginava que o *repouso* seria o único *estado natural*, ou seja, sem a atuação de forças ou com uma atuação nula o corpo estaria em repouso.

Galileu modificou este pensamento ao perceber que na ausência de forças (ou $\vec{F}_{res} = 0$) um MRU se mantém. Imagine que uma pedrinha seja lançada sobre o piso de sua casa, ela deslizará por alguns instantes, mas logo repousará. Porém se ao invés de uma pedrinha comum, tivesse sido lançada um cubinho de gelo, ele deslizaria por mais tempo e por um caminho mais longo. Caso o cubinho de gelo fosse lançado em uma

pista de gelo, ele demoraria bastante tempo para parar e percorreria um caminho ainda mais longo. Isso quer dizer que quanto menos atrito entre os corpos, mais o movimento se mantém. Galileu batizou de *inércia* a essa resistência dos corpos de modificarem seu estado de movimento. A partir dessa teoria, Isaac Newton organizou sua primeira lei, que passou a ser conhecida como *Lei da inércia*, e explica que “todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (HEWITT, 2002, p.48).

Portanto, pode-se entender a primeira lei de Newton de duas formas, porém distintas entre si. A primeira forma de compreender é se nenhuma força atua sobre um corpo, então sua velocidade não pode mudar, dessa forma o corpo não pode sofrer com uma aceleração. A segunda é dizer que nenhuma força *resultante* atua sobre um corpo, ou seja, $\vec{F}_{res} = 0$, então sua velocidade não pode mudar, dessa forma o corpo também não pode sofrer uma aceleração (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007). No primeiro caso, fala-se de um corpo isento da atuação de forças externas, já no segundo caso o corpo sofre a atuação de forças externas sobre ele, porém essas forças têm uma resultante igual a zero, ou seja, o efeito é nulo em ambos os casos. Assim, a *inércia* prevalece e o corpo permanece com velocidade constante, velocidade esta que pode ser zero caso o corpo encontre-se em repouso.

Apesar da ideia aristotélica ter durado muito tempo, por ele não ter considerado os movimentos livres de resistência, a primeira lei de Newton é muito facilmente observada em várias situações do cotidiano. Por exemplo, quem está dentro de um automóvel que parte bruscamente sente um “puxão” para trás no momento da arrancada. Isso ocorre porque o corpo estava em repouso e quando o automóvel entra em movimento ele tende a se manter em repouso, dando a sensação de “puxão” para trás. É o mesmo que ocorre quando se puxa um pano rapidamente debaixo de uma garrafa de vidro, como visto na figura 3.2. Para quem observa o evento, imagina intuitivamente que a garrafa irá entrar em movimento junto com o pano, mas, para a surpresa de todos a garrafa permanece imóvel (apenas se o pano for puxado muito rapidamente). Esse truque era, e ainda é bastante praticado em festas de crianças.

Figura 3.2: Truque com pano e garrafa de vidro usando a Inércia.



Fonte: < <https://3.bp.blogspot.com/-oUjPpQum3-o/XEFHWwY9VDI/AAAAAAAAAC10/dun2cOWVGmw9uZu3JwWdzg423VH10tGegCLcBGAs/s320/ley%2B1-opt.jpg> >.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Já em uma freada brusca, o corpo que estava em movimento tende a permanecer em movimento, logo quem está no interior do carro sente um “empurrão” para frente. Esses são uns dos exemplos da primeira lei de Newton que justificam a importância do uso do cinto de segurança, já que o corpo tende a continuar o movimento com a mesma velocidade e direção em que estava anteriormente, como mostra a figura 3.3.

Figura 3.3: Pessoa sem o cinto de segurança é lançado contra o vidro após colisão (a); Pessoa com o cinto de segurança não é lançada contra o vidro após colisão (b).



Fonte: < <https://cintauto.blogspot.com/2011/09/funcionamento-do-cinto-de-seguranca.html> >

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Em curvas ocorre o mesmo. O corpo dentro dele tende a se manter em linha reta com velocidade constante, por isso a sensação de estar sendo empurrado no sentido oposto ao da curva. São muitos os exemplos das aplicações dessa lei, inclusive para lançamentos de foguetes, sondas espaciais e satélites, dentre outros.

Vale ressaltar que existem dois conceitos muito importantes para a compreensão e aplicação da primeira lei de Newton: *referencial* e *massa*. Um *referencial* é um sistema de referência para as observações de dado movimento. Esse sistema de referência pode estar em repouso ou em movimento em relação ao objeto observado. As leis de Newton não se aplicam a todos os referenciais. Chama-se de “*referencial*

inercial um referencial para o qual as leis de Newton são válidas” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007, p.98), que são aqueles em repouso ou em MRU. Caso o referencial esteja sofrendo a ação de alguma aceleração ele será chamado de *referencial não inercial*. Portanto a Terra não é um referencial inercial, pois, por estar em movimento de rotação, sofre com aceleração. Mas para fins didáticos e por ser quase que imperceptível para quem está sobre seu solo, ela é considerada na maioria dos exemplos de mecânica como um sistema de referencial inercial.

De acordo com a lei da inércia, para alterar seu estado de movimento ou de repouso um corpo de massa m precisa sofrer a ação de uma força \vec{F} e assim adquirir aceleração. No entanto, quanto maior a massa de um objeto, mais difícil ele abandonar seu estado de inércia, ou seja, quanto maior a massa de um objeto maior a força necessária para imprimir uma aceleração. Para definir a massa Hewitt diz que é a quantidade de matéria existente em um corpo, mas também diz que ela pode ser a medida da inércia. Nesse sentido a inércia está sendo definida como uma grandeza, a qual mede a resistência à alteração do estado de MRU ou de repouso deste corpo. Resumindo, quanto maior a massa deste corpo maior a sua inércia, ou seja, maior a tendência deste corpo a permanecer em seu estado inercial e maior deverá ser a força aplicada a ele para que saia desse estado.

3.4.2. Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica

Como foi discutido na primeira lei, um corpo só altera seu estado inercial (sofre uma aceleração) caso uma força resultante diferente de zero atue sobre ele. A segunda lei discorre exatamente sobre a relação matemática entre esses dois fatores, força e aceleração, levando em consideração a massa do corpo. Chamada de *princípio fundamental da dinâmica*, a segunda lei de Newton pode ser como “a força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007 p.99), sendo expressa em termos matemáticos da seguinte forma:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \quad (\text{eq. 3.9})$$

Caso existam forças externas atuando sobre um sistema de n partículas, a força resultante poderá ser obtida a partir do produto entre a massa total M do sistema de partículas pela aceleração do centro de massa \vec{a}_{CM} desse sistema:

$$\vec{F}_{res} = M\vec{a}_{CM} \quad (\text{eq. 3.10})$$

Lembrando que se trata de uma grandeza vetorial, portanto pode-se escrevê-la em termos de uma soma vetorial:

$$\vec{F}_{res} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k} \quad (\text{eq. 3.11})$$

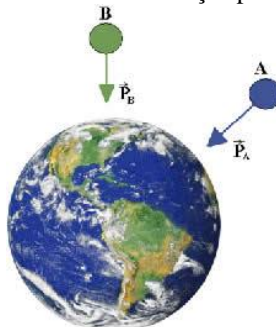
Onde, para cada eixo de coordenadas xyz tem-se uma força F_x , F_y e F_z , logo:

$$F_x = ma_x, F_y = ma_y \text{ e } F_z = ma_z \quad (\text{eq. 3.12})$$

A unidade de força adotada pelo SI é o *newton* (N). Essa foi uma forma de homenagem ao cientista inglês Isaac Newton, cujo definiu e organizou as leis básicas da mecânica clássica. O *newton* equivale ao $kg\ m/s^2$ (quilograma-metro por segundo ao quadrado), ou seja, a relação diretamente proporcional entre a massa e aceleração com a força aplicada ao corpo.

A força da gravidade, chamada aqui de *força peso* (\vec{P}) é a força de atração mútua entre dois corpos de massa m . Aqui, para efeitos de simplificação, o segundo corpo será sempre a Terra e o primeiro será um corpo qualquer de massa muito menor que a massa da Terra. A força \vec{P} tem seu sentido para a superfície da Terra, como mostra a figura 3.4, e a *aceleração da gravidade* (g), sofrida pelo corpo, será constante.

Figura 3.4: Representação vetorial das forças pesos sobre os corpos A e B.



Fonte: < <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/peso-um-corpo.htm> >.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Nesse caso, a aceleração \vec{a} sofrida pelo corpo devido a ação da força \vec{P} será igual a \vec{g} . Matematicamente, pode-se escrever a Eq. 3.9 para uma força peso, como sendo:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (\text{eq. 3.13})$$

É importante lembrar que o *peso* de um corpo não é sua *massa*, mas está relacionado a ela por meio da Eq. 3.13. Como já exposto anteriormente, massa está relacionada a quantidade de matéria de um corpo, já o *peso* é a força gravitacional aplicada a um corpo. Portanto, caso o corpo esteja em um local onde a $g \neq 9,81 \text{ m/s}^2$, sua massa permanecerá a mesma, porém seu peso será diferente. Imagine que um astronauta de 80 kg foi até a Lua, onde a aceleração da gravidade é de aproximadamente $g_L = 1,62 \text{ m/s}^2$. Utilizando a Eq. 3.13, aqui na Terra seu peso é dado por:

$$\vec{P}_{Terra} = 80 \cdot 9,8 = 784N$$

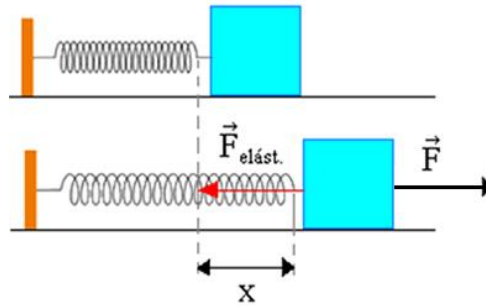
Ao utilizar a Eq. 3.13 com $g_L = 1,62 \text{ m/s}^2$, o peso do astronauta na Lua será de:

$$\vec{P}_{Lua} = 80 \cdot 1,62 = 129,6N$$

Observe que na Lua a massa desse astronauta continua sendo $m = 80 \text{ kg}$, porém seu peso será menor considerando que a aceleração da gravidade na Lua é menor que a da Terra.

Outro tipo de força muito comum é a *força elástica* ($\vec{F}_{elást}$). Essa é a força associada a deformação de um corpo que possui elasticidade. Esses corpos exercem uma força de resistência ao movimento de elástico. A força elástica é observada com maior ênfase, por exemplo, em molas e elásticos, apesar de que corpos mais rígidos também sofrerem alguma deformação, mesmo que imperceptível à olho nu. Essa é uma força variável, mudando de intensidade ao passo que aumenta a deformação. Numa mola, por exemplo, para ir da posição relaxada para uma posição alongada (esticada), realizando uma deformação x , como mostra a figura 3.5, a força elástica foi inicialmente menor que a força aplicada ao atingir a posição final.

Figura 3.5: Deformação x de uma mola e a força elástica.



Fonte:

https://static.alunosonline.uol.com.br/conteudo_legenda/1eb6fd1a81e95d8248a9d3a92a0cf172.jpg.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Note que a força elástica $\vec{F}_{elást}$ tem sentido contrário ao do movimento da mola, caracterizando uma força de resistência ou, como pode ser chamada, força restauradora, pois tende a restaurar o sistema para o seu estado relaxado. Porém a força \vec{F} que promove o movimento tem mesma direção e módulo da força elástica. Portanto, em módulo, $\vec{F} = \vec{F}_{elást}$, sendo expressa matematicamente pela *Lei de Hooke*:

$$\vec{F}_{elást} = -k\vec{x} \quad (\text{eq. 3.14})$$

Onde k é a constante elástica da mola, que depende de sua natureza, e \vec{x} é a deformação sofrida pela mola. Note que a componente da força que deve ser considerada nessa equação é sempre a paralela a vetor do deslocamento, ou seja, paralela à deformação da mola.

3.4.3. Terceira Lei de Newton: Ação e Reação

Para apoiar um livro sobre a mesa ou mesmo o simples ato de caminhar é necessário a ação de forças. A força é uma interação entre dois ou mais corpos, nos exemplos anteriores esses corpos são “mesa e livro” e “pé e chão”, respectivamente. Cada corpo desse sistema atua sobre o outro, de forma que cada um aplica uma força sobre o outro. Esse par de forças mútuas é nomeada por Isaac Newton como *forças de ação e reação*. A terceira lei de Newton, também chamada de *princípio da ação e reação*, trata de explicar da relação entre esse par de forças mútuas. Young e Freedman (2008, p.121) define essa lei dizendo:

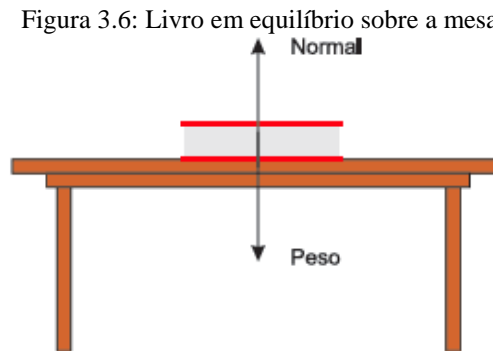
Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (uma ‘ação’), então, o corpo B exerce uma força sobre o corpo A (uma ‘reação’). Essas duas forças têm o mesmo módulo e a mesma direção, mas possuem sentidos contrários. Essas duas forças atuam em corpos diferentes.

A força aplicada por A sobre B será representada por \vec{F}_{AB} e a força aplicada por B sobre A será representada por \vec{F}_{BA} . Sendo forças de mesmo módulo e direção, o que as diferencia é o sentido. Portanto, ao representar o par de forças de ação e reação matematicamente, pode-se escrevê-la como:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (\text{eq. 3.15})$$

Os sinais opostos indicam os sentidos opostos das forças envolvidas. Observe-se que essa relação não indica que uma força antecede a outra ou mesmo que uma tenha maior importância que a outra. Portanto, pode-se concluir que, apesar de chamá-las de “par de forças ação e reação” não se pode determinar qual é a força de ação ou de reação em um sistema.

Analisando o primeiro exemplo, quando um livro está apoiado sobre uma superfície, pode-se dizer que este corpo está em *equilíbrio*. Nesse caso, trata-se de um *equilíbrio estático*, ou seja, o corpo permanece em repouso em relação a essa superfície. O equilíbrio é possível devido à ação das forças que um aplica no outro, como mostra a figura 3.6:



Fonte:

<<https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/46/158/1186/3780/1571.png>>.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Nesse sistema, as forças envolvidas são as forças *peso* (\vec{P}) e *normal* (\vec{N}), conhecida como *força de apoio*. A força peso do livro age sobre a mesa e a empurra para baixo, já a mesa age sobre o livro empurrando-o para cima. Como essas duas forças agem em corpos diferentes elas não se anulam, podendo causar efeitos diferentes em cada um. No segundo exemplo, o ato de caminhar acontece quando o pé empurra o chão para trás, e o chão, através da *força de atrito* (\vec{f}_{at}) empurra o pé para frente, como mostra a figura 3.7:

Figura 3.7: Força de atrito no ato de caminhar.

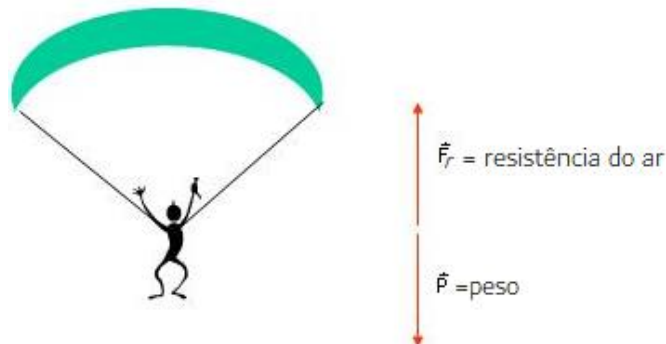


Fonte: < <http://fisica-isaacnewton.blogspot.com/2011/10/terceira-lei-de-newton-acao-e-reacao.html?m=0> >.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

O equilíbrio não ocorre apenas em situações de repouso, ele também pode existir no MRU. Lembre-se que quando um corpo sofre a ação de forças tem uma resultante nula, ou seja, $\vec{F}_{res} = 0$, ele pode manter-se permanentemente em repouso, mas também em movimento retilíneo e uniforme. Neste segundo caso, diz-se que o equilíbrio mantido é chamado de *equilíbrio dinâmico*. Um exemplo dessa situação é a queda de um paraquedista ao atingir sua velocidade limite na descida, como mostra a figura 3.8:

Figura 3.8: Força de resistência do ar que atua no paraquedista.



Fonte: < <http://www.geocities.ws/cadernodefisica/513.JPG> >.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

O peso do paraquedista com o seu paraquedas puxa-os para baixo. Já a força de resistência do ar os empurra para cima. Nos momentos iniciais a força peso é maior que a força de resistência do ar, ou seja, a força resultante tem sentido para baixo, então o paraquedista continua aumentando sua velocidade. Porém a força de resistência do ar é diretamente proporcional a velocidade do corpo, isso quer dizer que quanto mais rápido ele cai com a ação da força peso, maior se torna a força de resistência do ar. No momento em que essas duas forças se igualam o paraquedista atinge uma velocidade limite e inicia um movimento retilíneo e uniforme.

As forças do par ação e reação não atuam no mesmo corpo, podendo causar efeitos distintos em cada um deles. O efeito em cada corpo irá depender da sua massa ou inércia. Quanto menor sua inércia, mais o corpo tende a sofrer com a aceleração. Já, quanto maior sua inércia, mais o corpo tende a sofrer uma deformação. E em casos que a inércia é equivalente, eles tendem a se equilibrar.

3.5. Trabalho e Energia

Para realizar um movimento é necessário que o corpo possua uma quantidade de *energia* (E). *Energia* é uma grandeza física escalar que quantifica a capacidade que um corpo tem de se movimentar. A energia na mecânica pode ser classificada em *energia cinética* (K) ou *energia potencial* (U), ambas será discutida nos próximos tópicos. Ao movimentar um objeto aplicando-lhe uma força, e este receber a energia suficiente para lhe causar uma aceleração, essa energia transferida é chamada de *trabalho* (τ). O conceito de *trabalho* na Física é diferente do usual. Se você ficar sentado em frente ao um computador o dia todo escrevendo um livro, para a Física você não estaria realizando nenhum *trabalho*. Na Física um *trabalho* está sempre vinculado a uma força que influencia no movimento de um corpo. Essa “influência” pode ser positiva ou negativa, ou seja, a força pode estar no sentido do movimento ou ser contrária a ele. De maneira geral pode-se definir energia como sendo a capacidade de realizar *trabalho*. Santos e Botton (2015, p.7) explicam que foi Christiaan Huygens quem demonstrou a relação entre a variação de energia cinética e o trabalho da força causadora do movimento, chamada assim por *força vivas* ou *vis viva*, dando origem ao *princípio da conservação da energia*. Tais Conceitos e fórmulas matemáticas (trabalho, energia, princípio) serão abordados mais detalhadamente a seguir.

3.5.1. Energia Cinética

A energia cinética K está relacionada com o estado de movimento de um corpo de massa m , mais precisamente, diretamente proporcional à sua velocidade \vec{v} ao quadrado e à sua massa m . Considerando que essa velocidade é muito menor que a velocidade da luz, a energia cinética pode ser obtida a partir da equação abaixo:

$$K = \frac{1}{2} m \vec{v}^2 \quad (\text{eq. 3.16})$$

Dessa forma, caso o corpo esteja em repouso, ou seja, $\vec{v} = 0$, então a energia cinética será nula.

A unidade de qualquer forma de energia no SI é o *joule* (j), em homenagem ao cientista inglês James Prescott Joule, que estudou a natureza do calor e contribuiu para a formulação da teoria da conservação da energia. O *joule* é obtido a partir da Eq. 3.16 e indica o $kg.m/s^2$, em termos de unidade.

3.5.2. Energia Potencial

A energia potencial (U) é a energia acumulada em um corpo de massa m , podendo ser convertida em energia cinética posteriormente. Ela está vinculada à distância entre esse corpo e a sua posição de equilíbrio. Em outras palavras, quando uma força transfere energia para um sistema, essa energia pode permanecer armazenada nesse sistema em forma de energia potencial, até que seja convertida novamente em energia cinética.

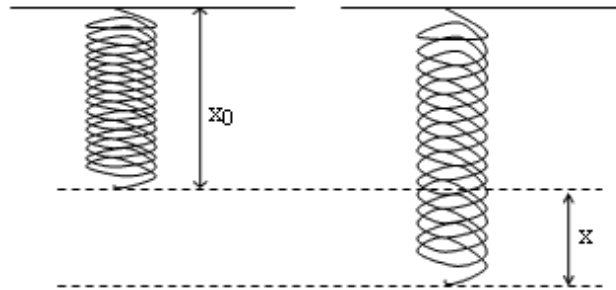
Na mecânica existe a energia potencial gravitacional e potencial elástica. A *energia potencial gravitacional* (U_g) se trata da energia acumulada em um corpo ou sistema devido a sua altura h em relação ao solo ou a algum nível de referência. Quanto maior essa altura h maior será a energia potencial gravitacional acumulada. Essa relação é expressa matematicamente da seguinte forma:

$$U_g = P \cdot h = mgh \quad (\text{eq. 3.17})$$

A *energia potencial elástica* ($U_{elás}$) se armazena em corpos com certa elasticidade, ou seja, com capacidade de comprimir-se ou esticar-se. Ela está relacionada à *deformação* sofrida pelo corpo ou sistema. A deformação é a diferença entre o estado de equilíbrio desse corpo, ou seja, a posição relaxada, e a posição esticada ou comprimida. No caso de uma mola, por exemplo, a mola em seu estado relaxado possui um comprimento x_0 , já se estiver esticada, seu comprimento será maior. A deformação x será a variação das posições entre o estado de equilíbrio da mola e sua posição esticada, como mostra a figura 3.9, obtida devido ao acúmulo de energia potencial elástica, podendo ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$U_{elás} = \frac{1}{2}kx^2 \quad (\text{eq. 3.18})$$

Figura 3.9: Mola relaxada e mola esticada com comprimento maior.



Fonte: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Dinamica/figuras/en10.GIF>>.

Acesso em: 2 de Setembro de 2019

Vale ressaltar que a energia potencial elástica depende da *força elástica* ($\vec{F}_{elás}$) que é uma força variável, portanto, quanto maior a deformação, maior deverá ser força aplicada a este corpo, conseqüentemente, maior a energia acumulada.

3.5.3. Trabalho de uma Força

Ao se aplicar uma força \vec{F} sobre um objeto, essa força pode influenciar no seu movimento. Quando a força promove o aumento da velocidade do objeto, aumenta-se também sua energia cinética. Se a força for contrária ao movimento, promovendo a redução da velocidade desse objeto, sua energia cinética também diminui. Dessa forma, pode-se dizer que o objeto pode receber ou perder energia cinética através de uma força. Essa transferência de energia por uma força que promove aumento ou diminuição na velocidade de um corpo é chamada de *trabalho* (τ). Um *trabalho* pode ser *motor* (positivo), ou seja, quando o objeto recebe energia através da força que é a favor do movimento, ou pode ser *resistente* (negativo), ou seja, o objeto perde energia através da força que é contrária ao movimento. Halliday, Resnick e Walker (2007, p.155) define o *trabalho* como:

A energia transferida para um objeto ou de um objeto através de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo.

O *trabalho* é uma grandeza escalar que possui a mesma unidade de energia e relaciona duas grandezas vetoriais, a força e o deslocamento. Portanto, ele só pode ser realizado por uma força (ou componente dessa força) que atue na mesma direção do deslocamento. Por exemplo, uma força na vertical (F_y) não influencia num deslocamento horizontal (d_x), nesse caso a força não realiza trabalho sobre esse corpo.

Assim pode-se expor matematicamente que o *trabalho* de uma força constante é dado por:

$$\tau = Fd \cos \emptyset \quad (\text{eq. 3.19})$$

Ou ainda,

$$\tau = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad (\text{eq. 3.20})$$

Para um deslocamento na coordenada x, tem-se:

$$\tau = \vec{F}_x d \quad (\text{eq. 3.21})$$

Como foi dito, o *trabalho* pode ser definido como uma energia cinética transferida. Assim, um objeto possui uma energia cinética inicial (K_i) antes da aplicação da força \vec{F} , mas, durante a aplicação dessa força, sua energia cinética muda. Portanto, em um instante qualquer durante ou instantaneamente após a ação da força sobre o objeto, ele terá sua energia cinética final (K_f) maior ou menor que a inicial. A diferença entre as energias cinéticas inicial e final do corpo apresenta a energia transferida desse corpo ou para esse corpo. Essa relação é denominada *teorema do trabalho e energia cinética*, e pode ser deduzida a partir da *equação de Torricelli* e a Eq. 3.20. Considerando a Eq. 3.4, podemos escrevê-la da seguinte forma:

$$t = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{a}$$

Substituindo t na Eq. 3.8, obtêm-se a *equação de Torricelli*:

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_o^2 + 2\vec{a}(x - x_o) \quad (\text{eq. 3.22})$$

Usando a Eq. 3.12, na coordenada x, pode-se escrever:

$$\vec{a}_x = \frac{\vec{F}_x}{m}$$

Substituindo essa expressão na Eq. 3.22, e considerando $x - x_o = d$, como sendo o deslocamento do corpo na coordenada x, têm-se:

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_0^2 + 2 \frac{\vec{F}_x}{m} d$$

Reagrupando e organizando os termos encontra-se:

$$\frac{1}{2} m \vec{v}^2 - \frac{1}{2} m \vec{v}_0^2 = \vec{F}_x d \quad (\text{eq. 3.23})$$

Observe que o primeiro termo compreende a variação entre a energia cinética inicial e a final de acordo com a Eq. 3.16. O segundo termo representa a fórmula do *trabalho* ao longo da coordenada x , onde acontece o deslocamento d , em concordância com a Eq. 3.21. Chegando, assim ao *teorema do trabalho e energia cinética*, que pode ser escrito em termos matemáticos como:

$$\tau = K_f - K_i = \Delta K \quad (\text{eq. 3.24})$$

Para o *trabalho* realizado pela força gravitacional (τ_g), lembre-se que na subida a força peso \vec{P} retira energia do corpo, pois a força e o deslocamento têm sentidos opostos. Substituindo a Eq. 3.13, na força F da Eq. 3.19, será encontrada a seguinte expressão para o trabalho da força peso sobre um objeto durante sua subida:

$$\tau = mgd \cos 180^\circ = -mgd \quad (\text{eq. 3.25})$$

Durante a descida o pensamento é análogo, no entanto, o ângulo entre a força peso e o deslocamento será zero, já que agora a força peso está atuando no mesmo sentido do deslocamento. Sendo assim:

$$\tau = mgd \cos 0^\circ = mgd \quad (\text{eq. 3.26})$$

Note que durante a subida, a força gravitacional transfere a energia cinética do objeto para energia gravitacional, logo o trabalho da força peso na subida é negativo, como observado na Eq. 3.25. Já na descida, acontece exatamente o contrário, a força peso transfere a energia gravitacional para a cinética, dessa forma o trabalho da força peso é positivo, como observado na Eq. 3.26. Portanto, a variação de *energia potencial gravitacional* (ΔU_g) é sempre o negativo do trabalho realizado pela força peso sobre o objeto. Logo:

$$\tau = U_{g(i)} - U_{g(f)} = -\Delta U_g \quad (\text{eq. 3.27})$$

Onde, $U_{g(i)}$ é a energia potencial gravitacional inicial, e $U_{g(f)}$ é a energia potencial gravitacional final.

Para calcular o *trabalho* realizado por uma força elástica, primeiramente, deve-se considerar que essa força é variável. Considere que na figura 3.9, onde a mola inicialmente tinha um comprimento x_o , e após ser alongada em x (sua deformação), atingiu um comprimento final x_f . Agora, considere intervalos de espaço suficientemente pequenos (Δx) para que se possa considerar a força em cada um desses espaços como constantes, ou seja, a força elástica total é variável, mas estará dividida em pequenas secções de espaço nos quais, para cada Δx haverá uma força \vec{F}_x constante. Então, o *trabalho* realizado pela força elástica em cada secção Δx será obtido através Eq. 3.14. Substituindo os dados para cada secção, tem-se:

$$\tau_1 = -\vec{F}_{x1}\Delta x_1, \tau_2 = -\vec{F}_{x2}\Delta x_2, \tau_3 = -\vec{F}_{x3}\Delta x_3 \dots \tau_n = -\vec{F}_{xn}\Delta x_n$$

Portanto, o trabalho total da força elástica é dado pela soma dos trabalhos realizados em cada secção:

$$\tau = \sum -\vec{F}_{xj}\Delta x \quad (\text{eq. 3.28})$$

Onde $j = 1,2,3 \dots$ é o número da sequência de cada secção. Considere que Δx tende a zero, então pode-se escrever:

$$\tau = \int_{x_o}^{x_f} -F_x dx \quad (\text{eq. 3.29})$$

Considerando o módulo da força elástica e substituindo a Eq. 3.14 na Eq. 3.29, encontra-se:

$$\tau = \int_{x_o}^{x_f} -kx dx = -k \int_{x_o}^{x_f} x dx = \left(-\frac{1}{2}k\right)(x_f^2 - x_o^2)$$

Então,

$$\tau = \frac{1}{2}kx_o^2 - \frac{1}{2}kx_f^2 \quad (\text{eq. 3.30})$$

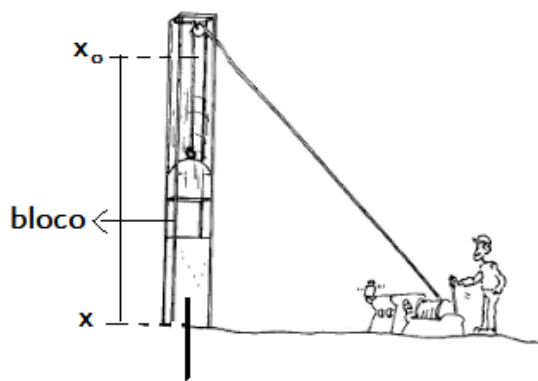
Onde, a energia potencial elástica inicial $U_{elás(i)} = \frac{1}{2}kx_o^2$, e a energia potencial elástica final $U_{elás(f)} = \frac{1}{2}kx_f^2$, logo:

$$\tau = U_{elás(i)} - U_{elás(f)} = -\Delta U_{elás} \quad (\text{eq. 3.31})$$

3.5.4. Conservação da Energia

A energia é transferida de um corpo para outro, muitas vezes modificando sua forma. Por exemplo, num bate-estaca, como o da figura 3.10, um bloco é abandonado da posição x_o a uma certa altura para que, ao colidir com a estaca, ela afunde no solo. Nesse caso, a energia potencial gravitacional armazenada no bloco, quando se encontrava na posição x_o , é transformada em outros tipos de energia, como energia cinética e energia térmica. De qualquer forma, a quantidade de energia antes da colisão será igual à quantidade de energia após a colisão.

Figura 3.10: Representação de um bate-estaca.



Fonte: Texto de apoio a professores: Estudo dos Conteúdos Básicos Comuns da SEE - MG Física - 2007

A partir desta análise, conclui-se que a energia total possui uma quantidade definida e finita. Mas, para que possa ter utilidade, deve ser transformada em outras modalidades de energia. Dessa forma, Hewitt (2002, p.119) define um dos principais conceitos da Física, o *Princípio da Conservação da Energia*: “A energia não pode ser criada ou destruída, pode apenas ser transformada de uma forma para outra, com sua quantidade total permanecendo constante.”

A partir desse princípio, compreende-se que uma quantidade de energia, ao ser transferida de um corpo para outro(s) pode transformar-se em várias outras formas de energia. Porém, por assumir outras características, ela pode dissipar-se e não pertencer mais àquele sistema. Nesses casos a energia total do sistema não se conserva, mas a

energia de uma forma geral sim, ou seja, a energia total do universo mantém-se constante.

Aos sistemas em que a energia se transfere apenas entre *energia cinética* e *energia potencial*, e vice-versa, dar-se o nome de *sistema isolado*. Por exemplo, quando um corpo é elevado a certa altura e depois abandonado, sem haver influências de forças de atrito ou de arrasto (forças não conservativas), e as transferências de energia ocorrem sem a atuação de forças externas, pode-se dizer que as forças que atuam nesse sistema realizam transferência de energia apenas entre as formas potencial e cinética. Nesse caso, essas forças são consideradas *forças conservativas*. A soma das energias do sistema isolado é chamada de *energia mecânica* (E_{mec}), e sua expressão matemática é dada por:

$$E_{mec} = K + U \quad (\text{eq. 3.32})$$

3.5.5. Conservação da Energia Mecânica

Forças conservativas transferem energia somente entre as formas cinéticas e as potenciais. Comparando as Eqs. 3.24 e 3.27 encontra-se a seguinte relação:

$$\Delta K = -\Delta U_g \quad (\text{eq. 3.33})$$

Ou mesmo,

$$K_f - K_i = U_{g(i)} - U_{g(f)} \quad (\text{eq. 3.34})$$

Note que as variações de energia se comportam de forma contrária, ou seja, enquanto uma delas aumenta a outra diminui em mesma quantidade. Reagrupando os termos da Eq. 3.34, tem-se:

$$K_f + U_{g(f)} = K_i + U_{g(i)} \quad (\text{eq. 3.35})$$

Comparando os termos final e inicial da Eq. 3.35 com a Eq. 3.32, percebe-se que a energia mecânica inicial do sistema é igual a sua energia mecânica final. De forma análoga, obtêm-se o mesmo resultado quando a energia potencial envolvida for a elástica. Veja, comparando as Eqs. 3.24 e 3.31, é obtido a seguinte relação:

$$\Delta K = -\Delta U_{elás} \quad (\text{eq. 3.36})$$

Ou,

$$K_f - K_i = U_{elás(i)} - U_{elás(f)} \quad (\text{eq. 3.37})$$

Da mesma forma, a variação de energia cinética é contrária a energia potencial elástica e em mesma quantidade. De modo que:

$$K_f + U_{elás(f)} = K_i + U_{elás(i)} \quad (\text{eq. 3.38})$$

Portanto, “Em um sistema isolado, onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas sua soma, a energia mecânica E_{mec} do sistema, não pode variar”, ou seja, a energia mecânica E_{mec} do sistema isolado é conservada, sendo sua variação $\Delta E_{mec} = 0$, caracterizando o *princípio da conservação da energia mecânica*. Esse princípio pode ser expresso matematicamente, tomando como base as Eq. 3.33 e 3.36, como:

$$\Delta E_{mec} = \Delta K + \Delta U = 0 \quad (\text{eq. 3.39})$$

3.6. Momentum

O *momento linear*, ou simplesmente *Momentum* (\vec{p}), é uma grandeza vetorial que relaciona a massa m de uma partícula com sua velocidade v . Segundo Hewitt (2002, p.99), “*momentum* significa inércia em movimento” e pode ser escrito em termos matemáticos como sendo:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (\text{eq. 3.40})$$

Antes de assumir a fórmula mais conhecida, a segunda lei de Newton foi escrita primeiramente em termos do *momentum*. A relação da força resultante \vec{F}_{res} e o momento linear \vec{p} , pode ser obtido, a partir da relação:

$$d\vec{p} = m(d\vec{v})$$

$$m = \frac{d\vec{p}}{d\vec{v}}$$

Substituindo a relação anterior na Eq. 3.9, obtêm-se:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{d\vec{v}} \vec{a}$$

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{d\vec{v}} \vec{a}$$

Onde $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, então,

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{d\vec{v}} \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Logo:

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (\text{eq. 3.41})$$

Em um sistema de n partículas, cada uma com sua própria massa, velocidade e momento linear, capazes de interagir uma com as outras e com forças externas, o momento linear total (\vec{p}_t) é dado pela soma vetorial dos momentos lineares de cada partícula (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007), de acordo com a equação:

$$\vec{p}_t = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots + m_n\vec{v}_n \quad (\text{eq. 3.42})$$

Portanto, uma outra forma de obter o momento linear de um sistema de n partículas é calculando o produto da massa total M do sistema pela velocidade do centro de massa \vec{v}_{CM} desse sistema (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007 P.227). Em termos matemático tem-se:

$$\vec{p}_t = M\vec{v}_{CM} \quad (\text{eq. 3.43})$$

Ou mesmo, derivando a Eq. 3.43 em relação ao tempo:

$$\frac{d\vec{p}_t}{dt} = m \frac{d\vec{v}_{CM}}{dt} = M\vec{a}_{CM} \quad (\text{eq. 3.44})$$

E comparando as Eqs. 3.10 e 3.44, será encontrado a segunda lei de Newton com a força resultante sobre um sistema de n partículas em termos do momento linear:

$$\vec{p}_t = M\vec{v}_{CM} \quad (\text{eq. 3.45})$$

Assim, conclui-se que se uma força resultante externa age sobre um sistema de partículas, então o *momentum* \vec{p}_t desse sistema será alterado, visto que \vec{p}_t só poderá ser variado sob a ação de forças externas.

3.6.1. Conservação do Momento Linear

Caso o sistema não sofra com a ação de forças externas, o momento linear desse sistema não varia. Com essa afirmação, definiu-se mais uma lei, a *lei da conservação do momento linear*, que pode ser expressa matematicamente:

$$\vec{p}_{t(inicial)} = \vec{p}_{t(final)} \quad (\text{eq. 3.46})$$

Essa última expressão explica que “se um sistema de partículas não está submetido a nenhuma força externa, o momento linear total do sistema não pode variar” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2007 p.231).

4. METODOLOGIA

Neste capítulo será mostrado as etapas da pesquisa e criação do produto educacional voltado para o planejamento e realização de aulas demonstrativas de Física, que tem como objetivo dinamizar as aulas expositivas e melhorar a compreensão dos conteúdos pelos alunos. Apresentaremos a motivação para tal produção (problemas e dificuldades nas aulas de Física), além de como foram obtidos os dados do projeto, os primeiros resultados e como foram feitos os devidos reparos para o produto final.

A construção do material foi embasada nas informações apresentadas no capítulo 2, como a definição de *práticas demonstrativas* e a proposta do LD, além das várias opiniões de professores de Física e alunos quanto as suas dificuldades e expectativas para aulas de Física.

4.1. Dificuldades nas Aulas de Física

O produto educacional proposto é uma ferramenta pedagógica com o intuito de auxiliar no planejamento de aulas de Física mais dinâmicas e interessantes. Para produzi-lo foram necessárias algumas reflexões sobre os problemas enfrentados pelos educadores ao prepararem suas aulas e como elas são realizadas na sala de aula. Segue alguns pontos de reflexão:

- ✓ Pouco tempo dedicado ao planejamento;
- ✓ Poucas aulas semanais (de 1 a 3 aulas) para ministrar diversos assuntos – que podem ser bastante complexos – presentes nos livros didáticos;
- ✓ Carga horária excessiva dos professores, deixando pouco tempo de planejamento para elaboração de aulas experimentais.
- ✓ Desinteresse dos alunos pelas aulas de Física, um “preconceito” aderido desde o ensino fundamental, devido à falta de cultura científica;
- ✓ Falta de base nos conhecimentos matemáticos, dificultando na compreensão de alguns conceitos importantes que envolvem essa área do conhecimento.
- ✓ Falta de estrutura e material para aulas experimentais;
- ✓ Atuação de professores de áreas afins lecionando a disciplina. Na rede pública muitos professores formados em Matemática lecionam Física e naturalmente acabam priorizando a resolução de exercícios e a memorização de fórmulas ao invés da compreensão de um conceito.

4.2. Cronograma das Etapas

A metodologia deste trabalho foi baseada em 8 etapas, distribuídas de acordo com o cronograma do quadro 4.1:

Quadro 4.1: Cronograma das etapas para realização do produto educacional.

ETAPA	OBJETIVO	PERÍODO
1ª	Enquete com professores e alunos do Ensino Médio (E.M.) sobre as aulas de Física em 4 escolas (2 públicas e 2 particulares). Apêndice A e B.	De outubro de 2017 a janeiro de 2018
2ª	Montagem do produto educacional.	De janeiro a maio de 2018
3ª	1º Encontro com os professores de Física para divulgar e repassar o produto educacional (1ª versão).	17 de Maio de 2018
4ª	Conversas com alunos das 1ª, 2ª e 3ª séries do E.M. para obtenção de opiniões sobre as aulas com o uso do material.	De Junho a Setembro de 2018
5ª	Encontro com os professores para analisar o produto do ponto de vista dos professores que o usaram: <i>feedback</i> .	Agosto de 2018
6ª	Preparo da versão final do produto educacional visando às objeções feitas pelos professores no segundo encontro. Apêndice D.	De agosto a setembro de 2018
7ª	Aplicação do produto final com alunos do E.M.	De setembro de 2018 a junho de 2019.
8ª	Pesquisa com alunos e professores para obtenção de dados sobre as aulas com o uso do material.	Agosto de 2019

Fonte: Própria autora.

4.2.1. Etapa 1: Enquetes

Foram realizadas duas enquetes, uma com professores e outra com alunos. Na primeira, com os professores, foi feito um levantamento dos conteúdos de Física, que são abordados durante o ano letivo e o currículo escolar. Eles também foram questionados sobre assuntos referentes às aulas, como: o que acham da quantidade de conteúdo trazida pelo livro didático ou proposta pelo currículo da escola; qual o nível de interesse dos alunos pelas aulas de Física; qual a frequência das aulas experimentais; como planejam suas aulas experimentais; e o que sabem sobre aulas demonstrativas.

Já com os alunos, foram abordadas questões sobre o que eles acham da disciplina de Física: o que eles gostam e o que não gostam na disciplina; como são as aulas; como são as aulas experimentais e qual ou quais as aulas da disciplina que eles mais gostaram em toda sua vivência no ensino médio.

I – Enquete com os professores

No final do ano letivo de 2017, entre os meses de outubro e janeiro, 10 professores de Física responderam à uma primeira enquete (Apêndice A) como forma de pesquisa e fonte de dados para a realização de um produto educacional visando a melhoria do processo de ensino e aprendizagem da Física. Alguns professores preferiram não se identificar. A enquete foi realizada com docentes da rede pública e privada, sendo 3 licenciados em Física e os outros 7 em Matemática ou áreas afins, mas que estavam lecionando Física, prática comum.

Com relação aos conteúdos ministrados durante o ano letivo, foi dada uma lista com os supostos conteúdos programáticos de cada série do Ensino Médio e pedido aos professores que marcassem aqueles que *realmente e efetivamente* conseguem ministrar e concluir até o final do ano letivo. São eles (para as primeiras, segundas e terceiras séries do ensino médio), como mostra o quadro 4.2.

Quadro 4.2: Conteúdos ministrados no ensino médio.

Conteúdos Ministrados 1ª Série	Conteúdos Ministrados 2ª Série	Conteúdos Ministrados 3ª Série
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introdução à Física (medidas, SI, notação científica, velocidade média etc.); ✓ Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado; ✓ Vetores; ✓ Movimento circular; ✓ Composição de 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estática dos fluidos ✓ Hidrodinâmica ✓ Termometria ✓ Dilatação térmica dos sólidos ✓ Dilatação térmica dos líquidos ✓ Calorimetria (Calor específico e Capacidade térmica) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Princípios da Eletrostática ✓ Força elétrica ✓ Campo elétrico ✓ Potencial elétrico ✓ Trabalho da força elétrica ✓ Condutores em equilíbrio eletrostático

<p>Movimentos;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lançamento Vertical, Oblique e Horizontal; ✓ Introdução a Dinâmica (forças, Leis de Newton etc.); ✓ Aplicações dos princípios de Dinâmica (atrito, peso aparente, planos inclinados etc.); ✓ Trabalho e Potência; ✓ Energia; ✓ Quantidade de movimento e Impulso; ✓ Gravitacão; ✓ Estática dos corpos rígidos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calorimetria (Calor sensível e latente) ✓ Mudanças de fase ✓ Diagramas de fase ✓ Propagação do calor ✓ Estudo dos gases ✓ Primeira Lei da Termodinâmica ✓ Segunda Lei da Termodinâmica ✓ Ciclo de Carnot ✓ Introdução a Óptica Geométrica (meios, fenômenos e princípios ópticos) ✓ Reflexão da Luz ✓ Refracão da Luz ✓ Espelhos esféricos ✓ Lentes esféricas delgadas ✓ Instrumentos ópticos ✓ Movimento Harmônico Simples ✓ Introdução a Ondas (conceitos, classificação, velocidade, características) ✓ Fenômenos ondulatórios ✓ Acústica 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitores ✓ Corrente elétrica ✓ Resistores elétricos ✓ Aparelhos de medição elétrica ✓ Geradores e receptores elétricos ✓ Leis de Kirchoff ✓ Campo Magnético ✓ Força Magnética ✓ Indução Magnética ✓ Corrente Alternada ✓ Teorias da relatividade ✓ Teoria Quântica ✓ Física Nuclear
---	---	--

Fonte: Própria autora.

Vários desses conteúdos nem foram citados pelos professores, como: Gravitação, Lentes, Instrumentos Ópticos, Indução Magnética e Física Moderna. Outros são citados apenas por alguns professores, como: Composição de movimento, Movimento circular, Lançamentos, Movimento Harmônico Simples, Estática dos corpos rígidos e fluidos, Hidrodinâmica, Estudo dos gases, Ciclo de Carnot, Capacitores, dentre outros. Os outros conteúdos foram citados por todos os professores, de acordo com a série em que leciona.

Em geral, isso ocorre devido à quantidade de aulas de Física no ensino médio ser tão reduzida, enquanto a quantidade de conteúdo a serem ministrados é demasiada. A primeira pergunta da enquete se refere ao conteúdo dos livros didáticos:

1. *Sobre os conteúdos do livro didático usado na escola em que trabalha durante ano letivo.*
 - A) *São demasiados e não dá tempo de explicar todos durante o ano letivo;*
 - B) *São suficientes e sempre consigo explicar todos até o final do ano letivo;*
 - C) *São poucos e sempre tenho que completar com outros conteúdos;*

Dos 10 professores, 8 responderam “A”. Lembrando que nas escolas em questão a quantidade de aulas semanais são 2 nas públicas e 3 nas escolas particulares, no entanto, o conteúdo programático de Física nessas escolas é igual ao de escolas com 4 ou 6 aulas semanais, sobrecarregando o aluno e o professor, o qual é cobrado, pela coordenação pedagógica a cumprir o plano anual da disciplina. O gráfico 4.1 mostra a porcentagem das outras respostas.

Gráfico 4.1: respostas dos professores sobre o conteúdo programático.



Fonte: Própria autora.

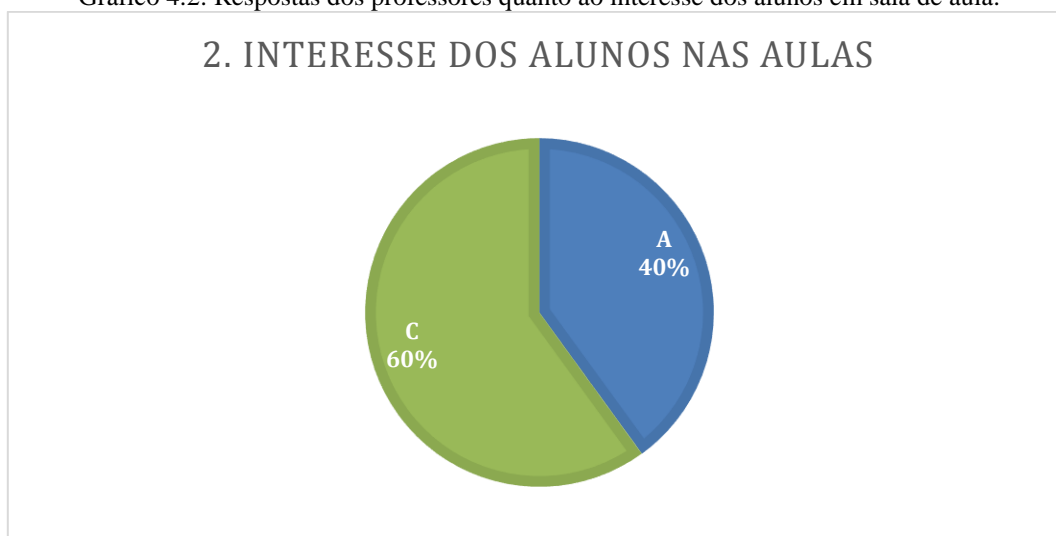
A segunda pergunta do questionário trata da percepção do professor quanto ao interesse do aluno durante sua aula:

2. Sobre o interesse da maioria dos alunos.

- A) Geralmente entediados e reclamando da disciplina;
- B) Geralmente envolvidos na aula e elogiando o modo que a disciplina lhes é apresentada;
- C) Não expressam entusiasmo, porém não reclamam;

Seis professores afirmam que os alunos *não expressam entusiasmo, porém não reclamam*. Isso nos sinaliza que falta algo para prender a atenção desse aluno e motivá-los nas aulas. Um desses professores até mencionou em sua justificativa que *eles até ficam empolgados quando dá tempo de fazer uma aula experimental*. Os outros 4, responderam que os alunos se mostram *geralmente entediados e reclamando da disciplina*. Essa postura dos alunos compreende um dos fatores que dificultam o planejamento e execução de uma boa aula, o desinteresse pelo conteúdo, fazendo da aula um desafio tanto para o aluno quanto para o professor. O gráfico 4.2 mostra os percentuais da resposta dada pelos professores a este questionamento.

Gráfico 4.2: Respostas dos professores quanto ao interesse dos alunos em sala de aula.



Fonte: Própria autora.

Sobre as aulas experimentais, questionou-se sobre a frequência em que elas ocorrem e quais as dificuldades encontradas para que elas ocorram:

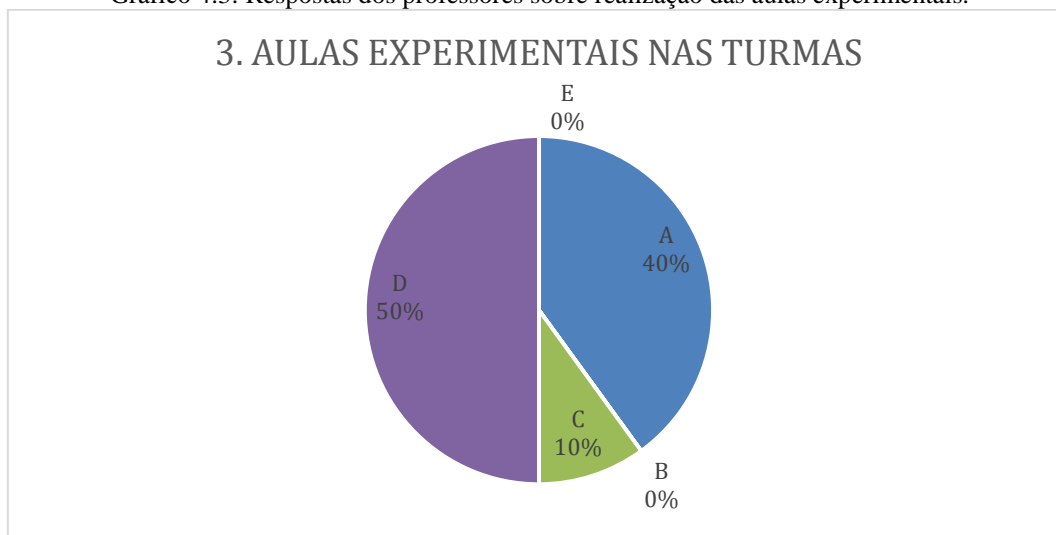
3. Sobre as aulas experimentais:

- A) Nunca as faço, ou faço raramente, pois não há tempo em sala, ou para planejá-las.
- B) Sempre as faço, pois acho importante e a escola me oferece todos os recursos;
- C) Sempre as faço, pois acho importante, mas tenho que arcar com a maioria dos recursos;
- D) Faço algumas vezes, pois acho importante no aprendizado, mas não tenho recursos tanto de pesquisa quanto de material de laboratório na escola;

E) *Faço algumas vezes, mas acho perca de tempo, já que o importante é o treino de exercícios.*

Com esse questionamento percebe-se que existe uma grande dificuldade encontrada pelos professores para realização das aulas práticas, apesar de reconhecerem sua importância. Metade dos professores, 5, responderam a opção “D”, seguida por 4 professores que responderam “A”, como é possível observar no gráfico 4.3. Tais dificuldades apresentam-se pelo fato dos laboratórios, em maioria, serem pequenos e com baixo estoque de materiais ou sem eles, onde o professor precisa levar a turma separadamente, tomando assim, duas aulas para a realização da prática ao invés de uma, além do tempo que se leva para planejá-las.

Gráfico 4.3: Respostas dos professores sobre realização das aulas experimentais.



Fonte: Própria autora.

Uma das formas de minimizar os problemas das aulas experimentais em laboratórios é trazer o experimento para a sala de aula, de forma demonstrativa, durante a exposição do conteúdo.

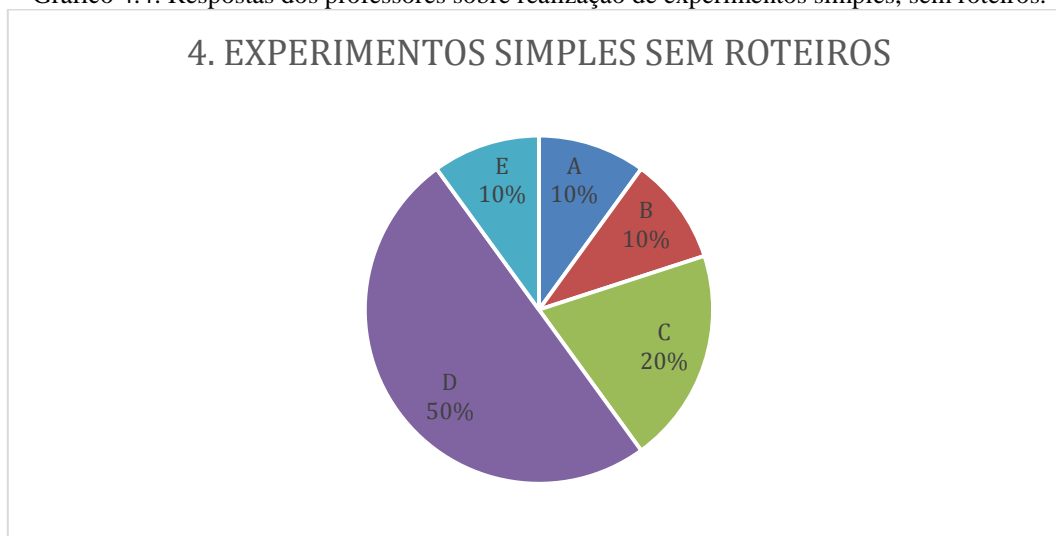
A quarta pergunta é sobre a realização de aulas com experimentos de demonstração:

4. O que acha de aulas com experimentos simples e demonstrativos sem a obrigatoriedade de preenchimento de roteiro e procedimentos, podendo ser feito apenas pelo professor para exemplificar um conceito ou pelos alunos como fechamento de um conteúdo:

- A) *Nunca fiz, pois não conheço essa técnica;*
- B) *Nunca fiz, pois não acredito nos resultados;*
- C) *Sempre faço, pois acredito nos resultados;*
- D) *Faço algumas vezes, pois nem sempre disponho de ideias ou materiais que possa realizá-los;*
- E) *Faço algumas vezes, pois nem sempre o conteúdo permite uma demonstração.*

Nesse caso, 5 dos professores responderam “D” e 1 respondeu “E” apontando mais uma vez para a dificuldade de encontrar materiais que sirvam de apoio pedagógico, assim como de materiais simples e fáceis de encontrar, que possibilitem a realização dessas práticas. Dois professores afirmaram *sempre faço*, porém, 1 deles justificou que requer muito tempo de planejamento para pesquisar demonstrações que possam ser utilizadas na aula devido ao excesso de conteúdo para o número de horas-aula semanal e pouco material disponível na escola. A relação das respostas dadas à pergunta 4 estão expostas no gráfico 4.4.

Gráfico 4.4: Respostas dos professores sobre realização de experimentos simples, sem roteiros.



Fonte: Própria autora.

II – Enquete com os alunos

A segunda enquete (Apêndice B) foi realizada com os alunos a partir de agosto de 2017 até janeiro de 2018. Foram selecionadas, de forma aleatória, 20 turmas (cerca de 800 alunos) entre escolas públicas e particulares, contemplando 1^{as}, 2^{as} e 3^{as} séries do ensino médio. A enquete foi feita de forma coletiva, onde um professor (sem ser o professor de Física da turma) lançava a pergunta a todos na sala e anotava as respostas mais relevantes, de forma que os gráficos que serão apresentados mostrarão a percentagem das respostas obtidas de um total de 20 turmas.

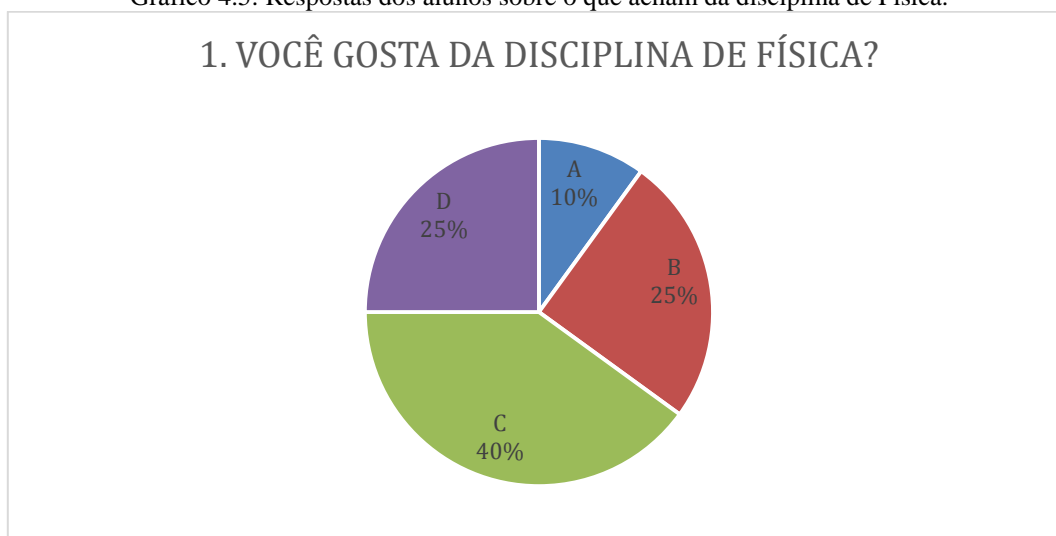
Os alunos foram questionados em relação à Física sobre os conteúdos; sobre o que gostam e o que não gostam na disciplina; motivação nas aulas; sobre as aulas experimentais ou demonstrativas; e sobre qual aula de Física mais gostaram de participar. Primeira pergunta:

1. Você gosta da disciplina de Física?

- A) Gosto, pois compreendo e relaciono os conteúdos com o cotidiano;
- B) Gosto, porém, não consigo compreender por que estudo a maioria dos conteúdos;
- C) Não gosto muito, pois não compreendo qual a relação com o meu dia-a-dia;
- D) Não gosto, pois não entendo nada.

As respostas dadas a essa pergunta retratam que os alunos têm dificuldades em contextualizar a disciplina e percebê-la em seu cotidiano. É possível observar pelo gráfico 4.5, que 8 turmas das 20, responderam o item “C”, seguida por 5 turmas que optou pela resposta “B” e 5 para a resposta “D”.

Gráfico 4.5: Respostas dos alunos sobre o que acham da disciplina de Física.



Fonte: Própria autora.

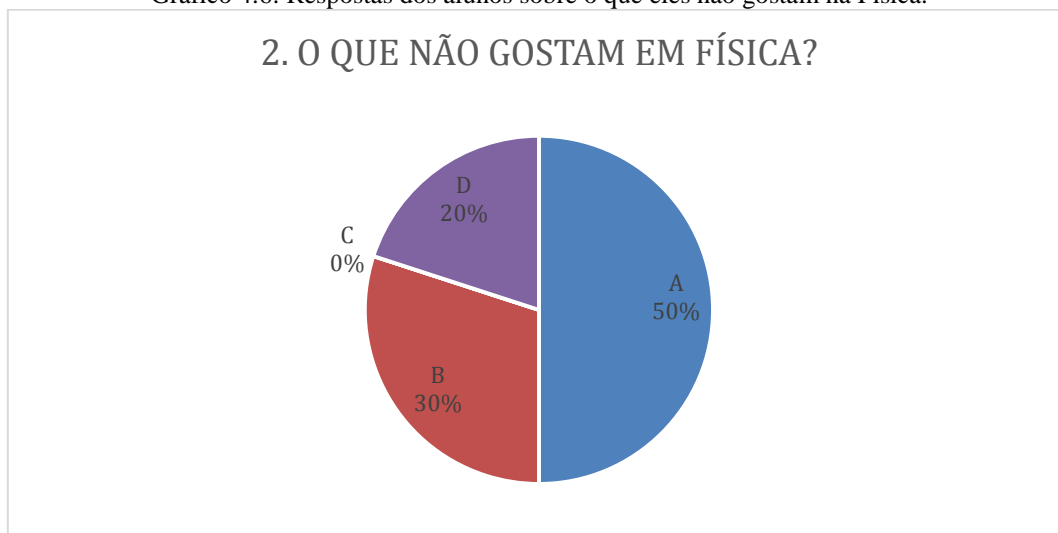
A segunda pergunta pedia para identificar o que os alunos achavam mais difícil na disciplina de Física.

2. O que você não gosta em Física?

- A) Os conceitos difíceis;
- B) Os cálculos;
- C) Os experimentos;
- D) Os exercícios.

Das 20 turmas ouvidas, 10 apontam os *conceitos difíceis* como a parte que menos gostam na Física, em seguida vem o item “B”, *os cálculos*, como mostra o gráfico 4.6. Isso nos remete a pensar que, mesmo que muitos dos alunos não gostem da matemática envolvida, sua maior dificuldade é na verdade compreender os conceitos, pois estes muitas vezes são expostos apenas de forma teórica.

Gráfico 4.6: Respostas dos alunos sobre o que eles não gostam na Física.



Fonte: Própria.

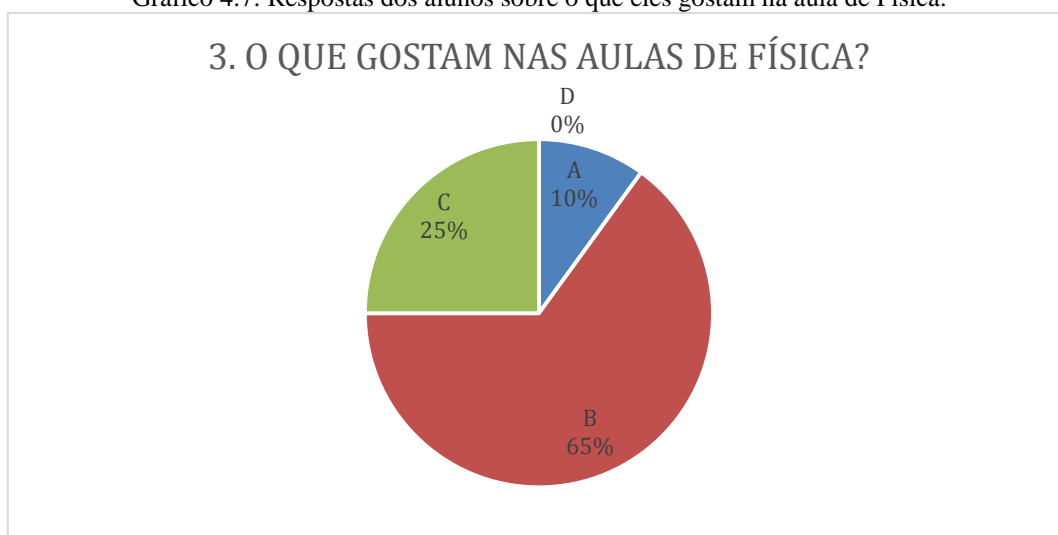
A terceira pergunta é sobre o que os alunos gostam na aula de Física:

3. O que você gosta em Física?

- A) As aulas
- B) Os experimentos
- C) A relação com o dia-a-dia
- D) Nada

Todas as turmas relataram algo em que gostam na disciplina, como observa-se no gráfico 4.7. Note que 65% relatam os experimentos, mostrando o grande poder de motivação que tem as aulas experimentais, além, é claro, da sua importância científica.

Gráfico 4.7: Respostas dos alunos sobre o que eles gostam na aula de Física.



Fonte: Própria.

Na sequência, um questionamento sobre a motivação nas aulas de Física:

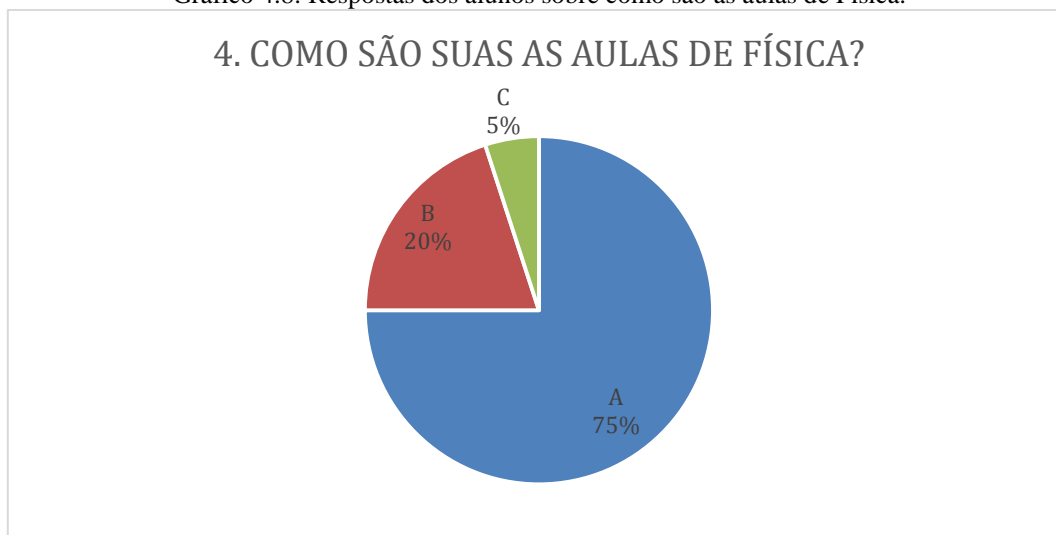
4. Como são as aulas de física?

- A) Entediantes

- B) *Animadas*
- C) *Não me importo*

É frustrante imaginar que para a maioria dos alunos, 75%, acham as aulas de Física *entediantes*, pois esta foi à resposta mais apontada pelos alunos, principalmente na rede pública, pois, nas escolas particulares ainda foram detectadas 4 turmas que classificam as aulas de Física como *animadas*, como pode-se perceber no gráfico 4.8.

Gráfico 4.8: Respostas dos alunos sobre como são as aulas de Física.



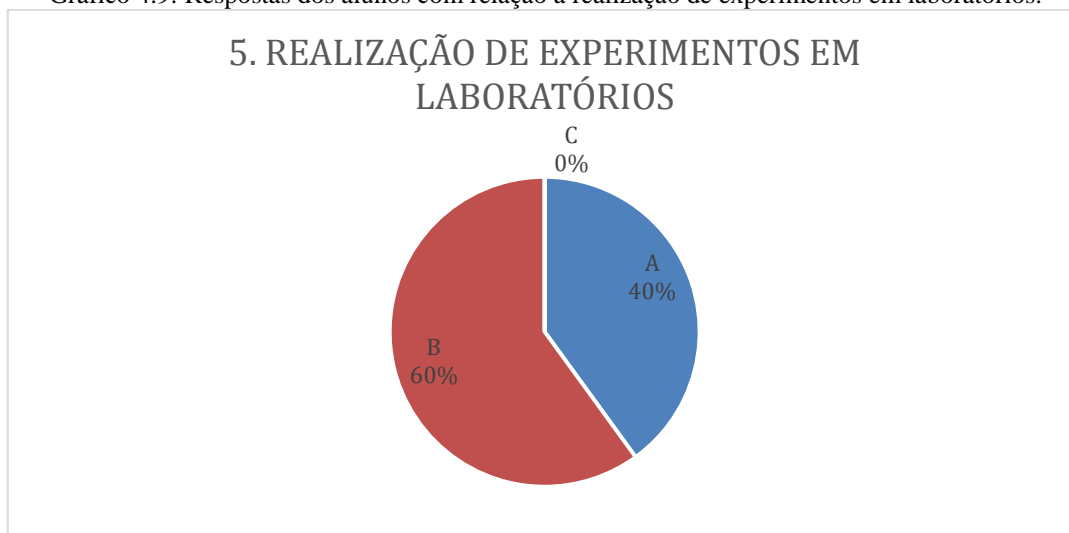
Fonte: Própria.

A quinta pergunta da enquete dos alunos é sobre as aulas experimentais no laboratório:

5. ***O seu professor realiza experimentos no laboratório com roteiros, procedimentos e relatório?***
- A) *Nunca*
 - B) *Às vezes*
 - C) *Sempre*

O gráfico 4.9 mostra que 40% das turmas não tem aulas experimentais em laboratórios com roteiros, ou seja, nunca foram levados para o laboratório, e 60%, equivalente a 12 turmas, responderam que o professor *às vezes* os leva ao laboratório para realizar as aulas experimentais com roteiros e relatórios.

Gráfico 4.9: Respostas dos alunos com relação a realização de experimentos em laboratórios.



Fonte: Própria.

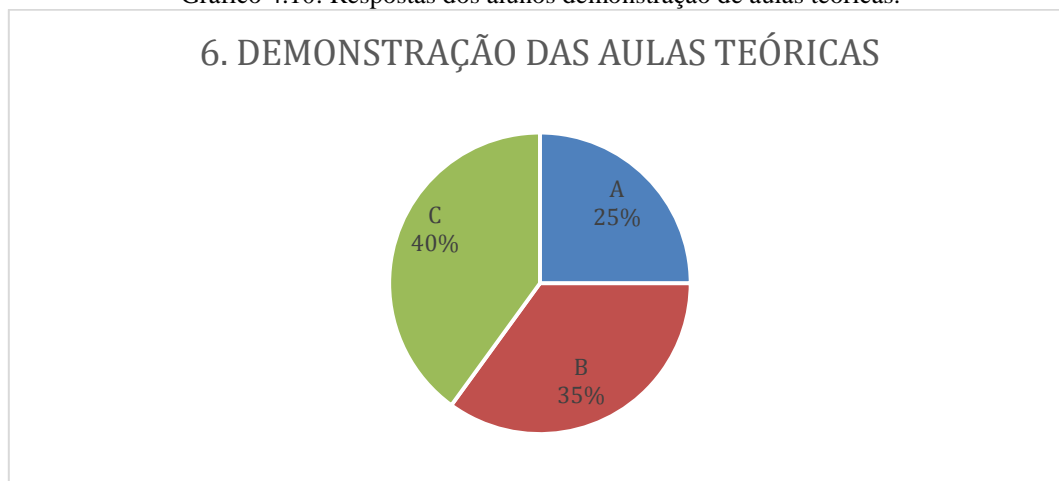
A sexta pergunta trata da realização das aulas demonstrativas:

6. O seu professor realiza demonstrações do que está explicando?

- A) Nunca
- B) Às vezes
- C) Sempre

As respostas à essa pergunta foram diversas, pois houve muitas justificativas. Das 8 turmas que apontaram a “C”, 5 destacaram que, em maioria, as demonstrações eram teóricas, ou seja, o professor usava exemplos do livro ou com uso da abstração. Das 7 turmas que apontaram a “B”, 3 delas também fizeram observações similares. Portanto, vale ressaltar que as demonstrações experimentais ainda não são habituais. A distribuição das respostas, com as devidas porcentagens, pode ser analisada no gráfico 4.10.

Gráfico 4.10: Respostas dos alunos demonstração de aulas teóricas.



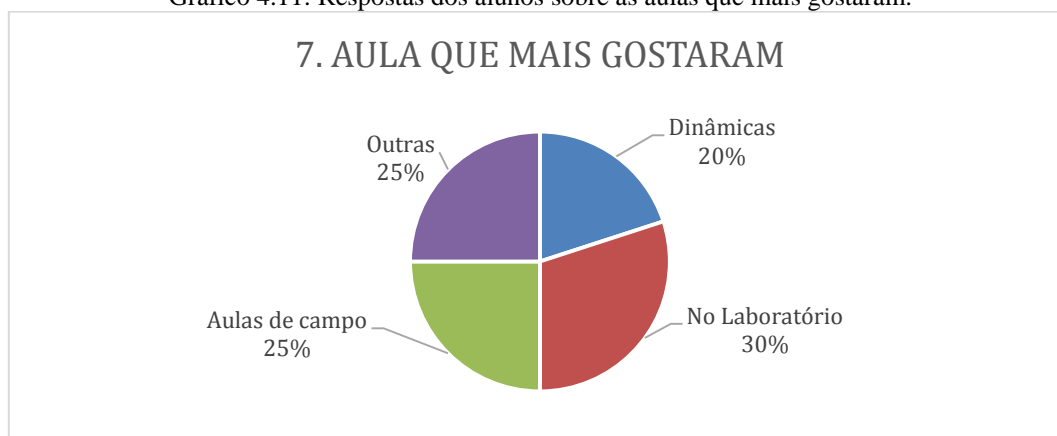
Fonte: Própria.

A última pergunta da enquete realizada com os alunos tem como ponto chave a lembrança de uma aula que o aluno gostou bastante:

7. Qual a aula de Física que você mais gostou até hoje e por quê?

Eles responderam de forma livre e o professor anotou aquela que mais foi lembrada. Foram citadas *aulas com música, aulas de campo, idas ao laboratório, aulas com dinâmicas*, dentre outras. Nota-se aí, a necessidade de inovar, fazer algo diferente sempre que possível, trazer novidades aos alunos para que as aulas tenham mais significado aos alunos. A percentagem das respostas mais relevantes é demonstrada no gráfico 4.11.

Gráfico 4.11: Respostas dos alunos sobre as aulas que mais gostaram.



Fonte: Própria autora.

4.2.2. Etapa 2: Montagem do Produto - Versão Inicial

É clara a dificuldade de realizar aulas laboratoriais, mesmo sabendo que são parte importante do processo de ensino e aprendizagem. Essas aulas requerem muito planejamento, tempo pedagógico, controle e disciplina dos alunos, pois todos manuseiam o material (normalmente precários e raros nas escolas) além de serem levados em grupos separados ao laboratório (devido ao grande número de alunos para laboratórios pequenos) ficando parte da turma em sala de aula muitas das vezes sozinha.

Portanto, o produto criado pretende ajudar o professor diminuir esses obstáculos, possibilitando realização de aulas usando experimentação com maior frequência em suas aulas. Porém é preciso deixar claro que as demonstrações não substituem as aulas experimentais, como citado no capítulo 2, mas podem ser uma alternativa para aulas corriqueiras, quando nem sempre é possível realizar aulas práticas com todos os alunos.

Na enquete dos alunos, percebeu-se a necessidade de mudar o hábito das aulas expositivas tradicionais, onde o experimento só aparece para o aluno quando são levados, raramente, ao laboratório. O experimento é um fator que promove o interesse do aluno e que o faz gostar das aulas de Física, pois é algo envolvente e aguça a curiosidade. Os alunos destacaram que sentem dificuldades de contextualizar os conteúdos da Física em outras situações. O produto pretende envolver mais o aluno na aula (mesmo sem levá-lo ao laboratório) intrigá-lo com a curiosidade e dinamizar a aula prendendo sua atenção.

Inicialmente pensou-se em fazer uma sequência didática que contivesse aulas com experimentos demonstrativos de baixo custo, com a finalidade de apresentar ao aluno aulas mais motivantes e que relacionem o conteúdo com a realidade. Porém, dificilmente professores aderem planos de aulas prontos e, quando os usam, sempre fazem as devidas modificações para sua realidade. A prova disso é a existência de centenas de planos de aula *online* de excelente qualidade, e mesmo assim o ensino de Física ainda passa por problemas. Isso acontece porque sequências didáticas são feitas dentro da realidade de quem as fez, podendo dar certo para este grupo, mas em um outro, com outra cultura, com outro nível de aprendizagem, ela não seja tão eficiente. Além de que, sequências didáticas abordam um conteúdo específico, dessa forma não abrangem professores de todos os níveis, nem por todo um ano letivo.

Dessa forma, pensou-se em um “manual” que contivesse uma lista de diversos experimentos simples e demonstrativos. Essa primeira versão continha 22 experimentos demonstrativos, desde da mecânica clássica ao eletromagnetismo. Isso proporcionaria ao professor um leque de ideias e possibilidades de inovar e dinamizar suas aulas, seja ela do primeiro semestre da 1ª série do ensino médio até o último semestre da 3ª série. Além disso, os experimentos poderiam ser realizados com materiais que normalmente são encontrados em casa.

Não é proposta deste material impor ou apresentar um plano de aula pronto, mas sim um elemento (experimento demonstrativo) a ser somado à aula que o professor planejou. Nele, encontram-se fundamentos teóricos e uma proposta de uso, contendo questionamentos que podem ser veiculados pelo professor e modificados de acordo com a realidade de sua turma.

Na versão inicial do manual, procurou-se colocar apenas experimentos que possam servir como demonstração de um fenômeno ou que possam realçar algo que foi teorizado numa aula, dessa forma, podem ser realizados pelo professor como ele achar mais conveniente, sendo no início de uma aula, ou no meio, ou no final ou durante a aula toda, o professor é quem decide.

Em cada experimento demonstrativo do manual são apresentados os objetivos, uma pequena explanação do conteúdo (Fundamentos teóricos), o material utilizado e uma proposta de uso. Na *proposta de uso* foram inseridos alguns questionamentos que podem provocar no aluno o instinto investigativo ou simplesmente a curiosidade. Cada demonstração tem um título e, abaixo dele, a indicação do conteúdo e do assunto dentro deste conteúdo para qual ela pode ser útil. Conta-se, também, com figuras ilustrativas e o passo a passo da montagem e proposta de uso do experimento. Algumas ilustrações do manual são fotos da aplicação real do produto, feitas por professores que receberam o material, como visto na figura 4.1, trata-se de uma aula de Termometria com o uso da demonstração *Termômetro Caseiro*.

Figura 4.1: Demonstração de Termometria com o uso de um *termômetro caseiro*.



Fonte: Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física.

As demonstrações foram retiradas de diversas fontes, desde sites na internet, livros ou mesmo criados pela autora. Mas uma preocupação foi unânime à escolha de todos os experimentos: uso de materiais de baixo ou nenhum custo, podendo ser encontrados em casa ou com os alunos, facilitando no planejamento e na organização do material para aula.

4.2.3. Etapa 3: 1º Encontro com Professores – Divulgação

Após o término da primeira versão do produto, que foi intitulado por *Manual de Demonstrações Simples Para Aulas de Física*, foi realizado um encontro com professores da rede pública e privada, registrado e apresentado na figura 4.2, para que o

produto fosse exposto. Nesse momento, os professores receberam o manual e lhes foram apresentados os seus objetivos, sua estrutura, como poderia ser usado e como este material poderia ajudá-los em seu planejamento de aula. Além disso, foi discutida a importância das aulas experimentais para o aprendizado de Física, mas também, as diversas dificuldades em realizá-las. Foi proposto que os professores usassem o material sempre que possível para analisar os pontos positivos e negativos do produto, discussão essa, que será apresentada no segundo encontro com esses professores (etapa 4). Ela servirá de principal argumento para a efetivação, com as devidas melhorias, da versão final do produto na etapa 5.

Figura 4.2: 1º encontro com professores da Escola Beni Carvalho.



Fonte: Própria autora.

4.2.4. Etapa 4: Conversa com Alunos

Após o primeiro momento com os professores, no qual foram distribuídos exemplares da versão inicial do produto para uso em sala de aula, iniciando a etapa 4. Nesse período, de junho a agosto de 2018, no qual os professores estavam utilizando o material, foram realizadas algumas conversas com os alunos, de modo informal, com a finalidade de obter opiniões sobre:

- ✓ Como o material estava sendo usado em sala de aula;
- ✓ Se os professores realmente conseguiam realizar as demonstrações em suas aulas e qual a frequência que o faziam;
- ✓ Quais as suas opiniões sobre as aulas com demonstração;
- ✓ O que mudou em relação ao seu interesse pelas aulas de Física.

Essas conversas aconteceram em grupos por escola, sempre de forma coletiva. O questionamento era lançado aos alunos e logo alguns demonstravam interesse em participar da conversa expressando sua experiência e opinião.

Considerando que o material ainda estava em fase de testes e aperfeiçoamentos (de junho a agosto nessa etapa), os resultados foram em geral satisfatórios. Muitos descreveram as aulas com o uso da demonstração como *bem mais interessantes e animadas*. Outros incluíram o fato de *ficar mais fácil entender alguns conceitos quando são observados na prática*, ou mesmo que *seu professor fez vários experimentos e não só como demonstração, mas como aula prática onde todos participaram*.

4.2.5. Etapa 5: 2º Encontro com Professores – Análises

Neste momento os professores apresentaram suas opiniões sobre o produto e fizeram algumas observações. As informações obtidas na etapa 4 também foram compartilhadas e comentadas durante essa reunião. Todos os professores presentes neste segundo encontro (10 professores) concordaram com a importância do material e afirmaram ser algo que ajudou bastante tanto no planejamento de suas aulas como no interesse e compreensão dos conteúdos pelos alunos. Um dos professores expressou sua opinião da seguinte forma:

Muito bom este manual, por que é fácil de encontrar o material e você consegue demonstrar quase todos os conteúdos que ensinamos em sala de aula [...], outro ponto é que não precisa seguir exatamente o que tem na proposta de uso, alguns deles eu nem usei o manual como guia, vi como fazia o experimento e na hora da aula apenas fiz a demonstração para os alunos verem depois que expliquei o conteúdo [...].

Dentre os pontos a melhorar foram citados alguns experimentos que precisavam de uma melhor explicação para a montagem, outros sugeriram alguns assuntos a serem abordados por um experimento, alguns apontaram erros de digitação, dentre outros pontos. Todas as críticas foram ouvidas, registradas e analisadas de forma que os pontos citados foram revistos e modificados no produto final (Apêndice D).

4.2.6. Etapa 6: Produto Final

Após a análise dos pontos positivos e negativos expostos pelos professores, que usaram o manual em suas aulas, o produto final foi elaborado, contendo capa, contracapa, introdução e 20 demonstrações. Esta versão é bastante parecida com a

inicial, porém, com algumas modificações: duas novas demonstrações inseridas, quatro demonstrações retiradas, melhoria nos fundamentos teóricos de alguns experimentos, modificações na proposta de uso e algumas modificações na estrutura do manual (sumário, capa, correção de páginas etc.).

Assim que a nova versão foi concluída, cujo título foi modificado para *Manual de Demonstrações Experimentais Simples para aulas de Física*, contendo agora 20 experimentos demonstrativos, todos os professores envolvidos na pesquisa receberam o arquivo em formato PDF para que pudessem analisar e utilizá-lo em suas aulas.

4.2.7. Etapa 7 e 8: Aplicação e Análises do Produto Final

As demonstrações da versão final do produto foram aplicadas durante o 2º semestre de 2018 e o 1º semestre de 2019 nas escolas de Aracati onde trabalham os professores envolvidos com o projeto. Durante esse período os alunos foram consultados sobre as aulas com o uso das demonstrações. Vale salientar que as perguntas não foram realizadas pelo professor de Física da turma, mas sim, por um outro docente da turma.

Na etapa 8, foi realizada novamente a *enquete com os alunos* (Apêndice B), a fim de obter dados quanto as mudanças em relação ao aprendizado da Física e ao interesse dos alunos pelas aulas quando inseridos os experimentos de demonstração. Assim como na primeira aplicação da enquete, foram selecionadas as mesmas 20 turmas das escolas públicas e privadas do ensino médio, onde o professor coletava as respostas das perguntas de forma coletiva.

As análises mais detalhadas e os resultados obtidos nesta última etapa serão comentados e analisados mais profundamente no próximo capítulo (Cap. 5).

5. ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados da aplicação do produto educacional *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física* com os estudantes, como prever as etapas 7 (aplicação do produto final com alunos) e 8 (pesquisa com alunos e professores para obtenção de dados sobre as aulas com o uso do material) mostrado na Tabela 4.1 do Cap. 4. Além disso, será feita uma análise, da perspectiva do aluno, quanto ao uso do material em sala de aula, o que mudou em relação ao interesse pelas aulas de Física, no aprendizado e no conteúdo. Também serão analisadas a aplicabilidade do produto educacional e sua eficiência quanto ao planejamento de aulas e como ferramenta pedagógica.

As escolas envolvidas serão identificadas como escolas A, B, C e D e seus professores (incluindo a autora) terão seus nomes não identificados, para que não haja distinção entre instituições e, assim, proporcionar um resultado coletivo e impessoal. Os alunos também não serão identificados nos depoimentos, mesmo que todos tenham concordado com a divulgação de seus nomes, pelos mesmos motivos de impessoalidade e coletividade nos resultados.

5.1. Aplicação do Produto Educacional com Os Alunos (Etapa 7)

Durante a aplicação do produto final (etapa 7), entre os meses de setembro de 2018 e junho de 2019, foram realizadas discussões com os alunos diferentes turmas e diferentes escolas da Cidade de Aracati-CE, em que os professores aderiram o manual. Todas as conversas foram gravadas e/ou tiveram seus pontos principais anotados. Alguns dos depoimentos de alunos serão transcritos neste texto.

Durante a visita às escolas, foram realizadas rodas de discussões (algumas no pátio da escola, outras dentro da sala de aula) e perguntou-se aos alunos (incluído os alunos da autora) sobre as aulas com as demonstrações experimentais de forma descontraída e informal, para que todos pudessem expressar suas opiniões. Eles foram questionados sobre:

- ✓ Qual a frequência que o professor realizava as demonstrações com a turma?
- ✓ O que acharam das aulas com as demonstrações experimentais?

- ✓ Como o professor realiza as demonstrações? Somente ele, ou com a participação da turma?
- ✓ Houve mudança na participação da turma nas aulas de Física com uso da demonstração?
- ✓ Houve mudança na aprendizagem do conteúdo quando usada a demonstração?

Na roda de conversa realizada na escola A, com todos os alunos do ensino médio presentes, a fala de uma das alunas (informação verbal) resume bem o que a maioria dos discentes demonstrou:

Eu amo as aulas da professora X, porque ela sempre ‘vem’ com algo diferente. Ela sempre traz pequenos experimentos para explicar o conteúdo. Algumas vezes a gente faz com ela, mas outras vezes a gente só observa, mas, mesmo assim é interessante porque a aula fica mais dinâmica e fica mais fácil de entender o conteúdo, até mesmo porque, como todo mundo fica curioso, a turma fica mais atenta.

Com a fala dessa aluna, compreende-se também que as demonstrações não só promovem o interesse pela aula, mas também melhora a atenção da turma durante as explicações. Outro aluno completou (informação verbal) dizendo:

Tem aula que ela não faz o experimento, porque a gente precisa fazer uma tarefa ou um trabalho e também tem as provas. Mas por mim, tinha todo dia.

Durante uma outra conversa realizada na escola B um aluno da 1ª série, que acabara de iniciar as aulas na nova escola, comentou (informação verbal):

Na escola que eu estudava (Ensino Fundamental), o professor de Ciências nunca ‘deu aula’ de Física, ele só ‘dava aula’ de Química e algumas vezes de Biologia. Eu tinha medo de não entender nada de Física, porque aqui nessa escola, eu vi que ia ter um professor para cada matéria. Mas ‘tô’ até gostando das aulas da professora Y, ela sempre faz um experimento interessante na aula que ajuda a entender o que ela explicou.

A fala desse aluno retrata uma realidade muito forte em âmbito nacional, pois mostra que os professores do ensino fundamental, muitas vezes não preparam seus alunos para a inserção da Física no ensino médio, dificultando o processo de aprendizagem nesta etapa e aumentando o índice de rejeição e “medo” por essa disciplina. Isso acontece, geralmente, devido à formação do professor do ensino fundamental ser em outras áreas, como Química e Biologia, causando involuntariamente uma maior dedicação ao ensino dessas disciplinas. Porém, nessa fase o aluno, na aula de Ciências, deveria estar aprendendo a base das três disciplinas das Ciências da Natureza para o ensino médio.

Na escola C havia vários professores de Física diferentes, alguns aderiram ao manual, outros não estavam envolvidos neste trabalho. Porém, achou-se importante envolver todos os alunos na discussão para que fosse possível fazer um comparativo das opiniões de alunos com e sem a vivência dos experimentos demonstrativos. Um aluno do professor Z, que aderiu ao material, comentou (informação verbal):

O meu professor Z não faz isso em toda aula, às vezes ele passa só uma atividade ou só explica mesmo. Mas quando ele leva o experimento para sala a gente já sabe que a aula vai ser legal. No começo do ano ele não fazia esse tipo de coisa, mas agora tá fazendo mais e tá todo mundo gostando.

Uma aluna da terceira série, cujo professor não possuía o material, disse (informação verbal):

Meu professor W, do ano passado, às vezes levava a gente para o laboratório e era bem legal. Pena que esse ano a gente ainda não foi.

Nesses depoimentos foi possível perceber que o manual de demonstrações é um importante aliado no planejamento de aula do professor, visto que o professor Z, que aderiu ao produto, mesmo que não o utilizasse em todas as aulas, passou a realizá-las com experimentos mais frequentemente. Já o professor W, o qual não aderiu ao material, recorria apenas ao uso do LDC como forma de envolver a experimentação em suas aulas. Outro aspecto que vale ressaltar é o fato de que o objetivo do produto não é “obrigar” o professor a realizar uma demonstração em todas as suas aulas e sim possuir um material que facilite esta prática.

Na roda de conversa na escola D um dos depoimentos de um aluno da 2ª série chamou a atenção, pois tratava-se de um aluno que não participava das aulas em geral, nem das demais atividades com a turma. Nas aulas com experimentos no LDC, ele sempre observava, mas não costumava interagir. Ele comentou (informação verbal):

Eu nunca fui muito bom aluno, sempre dormia nas aulas, principalmente nas aulas de Física, Matemática e Filosofia. Achava muito chato. E quando tinha que fazer equipe eu odiava. Mas esse ano, comecei a gostar mais das aulas da professora R, e já melhorei um pouco nas notas. Ela sempre leva ‘umas coisas’ para explicar o conteúdo e a gente fica curioso e prestando atenção e acaba aprendendo mais.

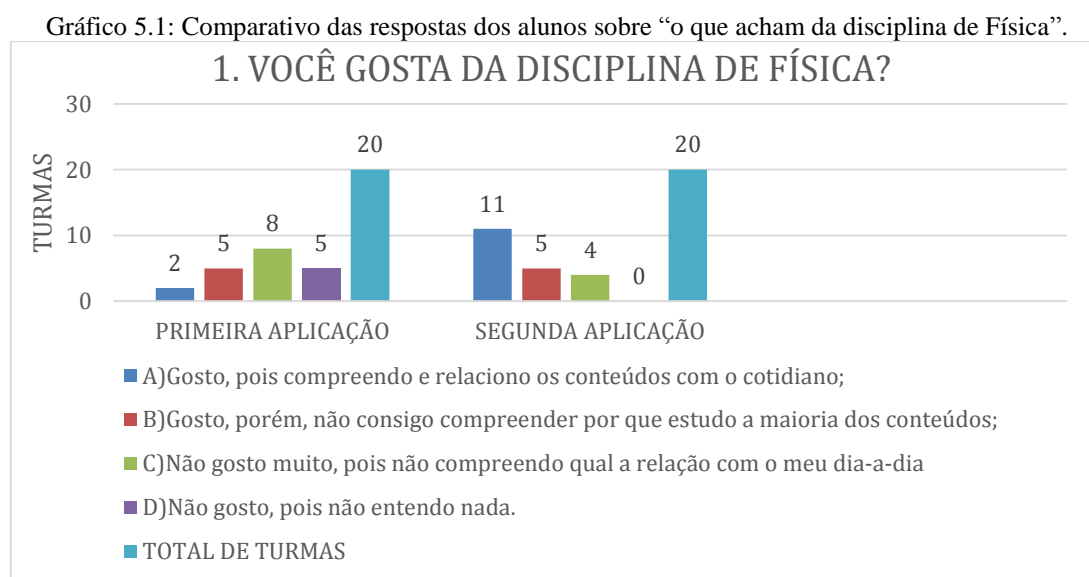
Nesse comentário, um aspecto importante dos experimentos demonstrativos pode ser observado. Um aluno com dificuldades de socialização, provavelmente, terá dificuldades de aprendizagem. E metodologias que envolvam atividade em grupo ou com muita interação, na maioria das vezes não trazem bons resultados pedagógicos para esses estudantes, muitas vezes, resultando em uma desmotivação no aprendizado. Com

os experimentos demonstrativos, o professor provoca a curiosidade e conseqüentemente aumenta a atenção dos alunos, sem precisar “forçá-los” a interagir em grupos ou realizar atividades que não se sintam à vontade em participar.

5.2. Analisando os Resultados da Aplicação do Produto Final (Etapa 8)

A etapa 8 ocorreu nos dias 5 e 6 de agosto de 2019, quando foram realizadas novamente as *enquetes com os alunos* (Apêndice B) aplicadas na primeira etapa. O procedimento da aplicação será o mesmo descrito na subseção 4.2.1: *II - enquete com alunos*. Os gráficos com os dados obtidos na primeira aplicação da enquete foram apresentados no capítulo anterior. Porém, neste capítulo, os gráficos apresentarão os dados referentes à segunda aplicação em comparação aos resultados obtidos na primeira. Em seqüência serão feitas as análises desses resultados. É importante ressaltar que os gráficos apresentam as respostas por turma, visto que a enquete foi aplicada de forma coletiva, ou seja, o professor aplicador da enquete coletou os dados da turma optando pela resposta que mais a representava.

O gráfico 5.1 apresenta o comparativo das respostas dos alunos quanto à 1ª pergunta do questionário da enquete na primeira e segunda aplicação, respectivamente:

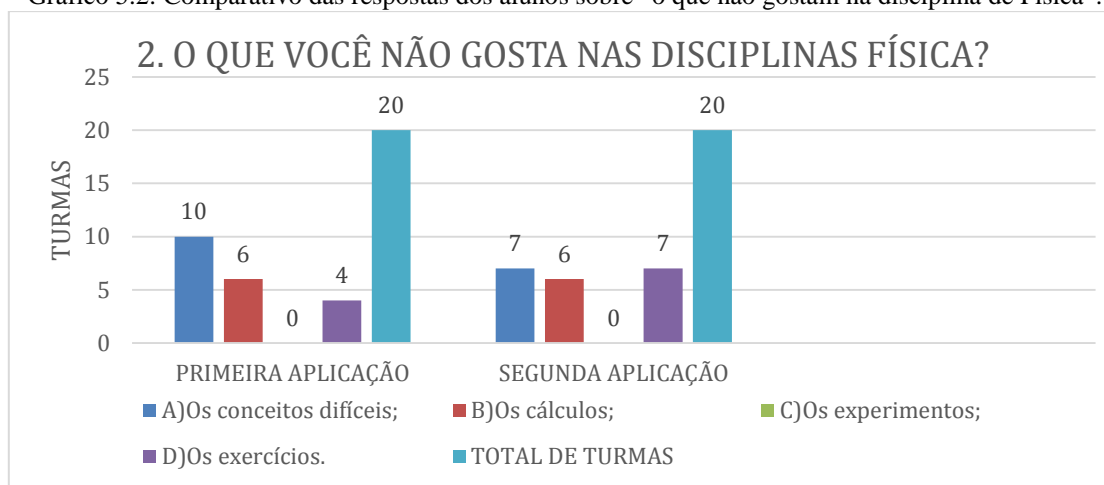


Fonte: Própria autora.

Note que houve um crescimento significativo quanto ao interesse dos alunos pela Física, ou seja, após a aplicação do produto educacional os alunos demonstraram gostar mais da disciplina, pois segundo relatos dos próprios, passaram a compreendê-la melhor. Além disso, observa-se que o número de alunos que não conseguiam relacioná-

la com o seu cotidiano diminuiu. A seguir, o gráfico 5.2 fará o comparativo em relação à 2ª pergunta do questionário:

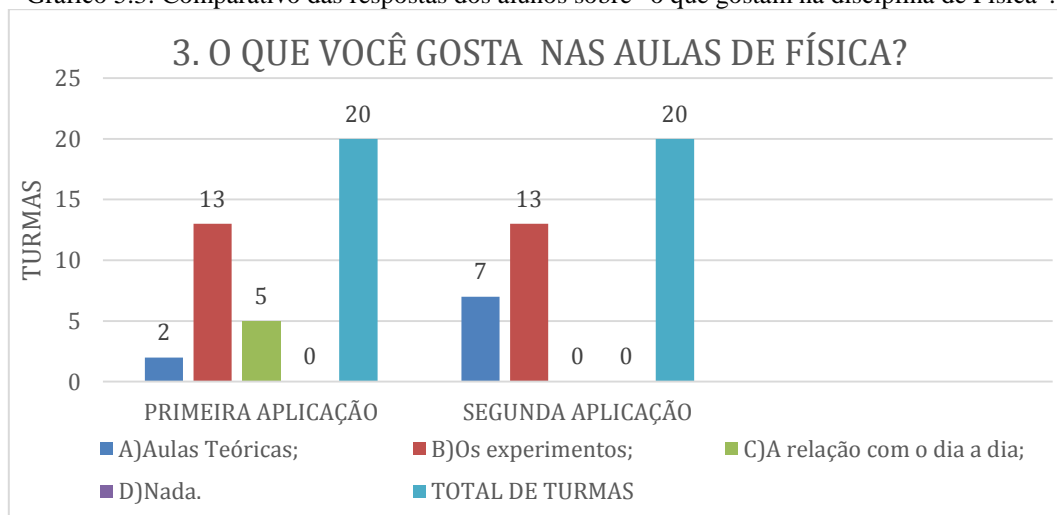
Gráfico 5.2: Comparativo das respostas dos alunos sobre “o que não gostam na disciplina de Física”.



Fonte: Própria.

Com o uso das demonstrações foi percebido que alguns conceitos, antes identificados como “conceitos difíceis”, passaram a ser mais compreendidos pelos alunos. Enquanto a dificuldade com os cálculos permaneceu a mesma. Outro ponto a ressaltar é o interesse pelos experimentos, mesmo quando apresentados em forma de demonstração, continuaram sendo o fator “preferido” dos alunos nas aulas de Física, como pode ser observado no gráfico 5.3 que apresenta o comparativo referente à 3ª pergunta do questionário:

Gráfico 5.3: Comparativo das respostas dos alunos sobre “o que gostam na disciplina de Física”.

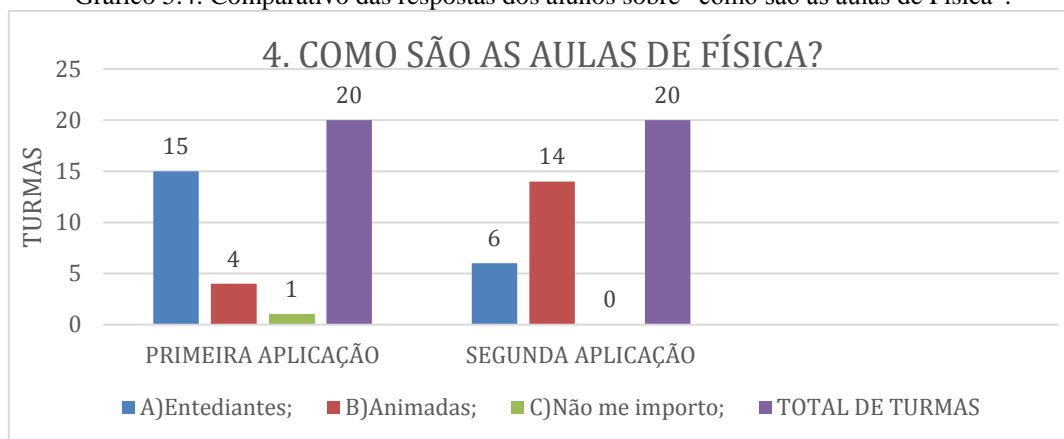


Fonte: Própria.

Em relação ao gráfico 5.3 é notório que antes da aplicação do produto muitos alunos não gostavam das aulas de Física. Com o uso das demonstrações, esses alunos passaram a apreciar mais as aulas de Física, já que estas trazem, agora, um fator novo,

algo que modifica a rotina nas aulas da disciplina, realçando a curiosidade e, dessa forma, melhorando o interesse desse aluno por essas aulas. Também é importante compreender que *a relação da Física com o dia a dia* foi bastante comentada por muitos alunos, porém, em todas as salas, a maioria deles optou por *aulas e experimentos* como aquilo que mais gostam na disciplina. Na sequência, o gráfico 5.4 fará o comparativo às respostas dadas à pergunta 4:

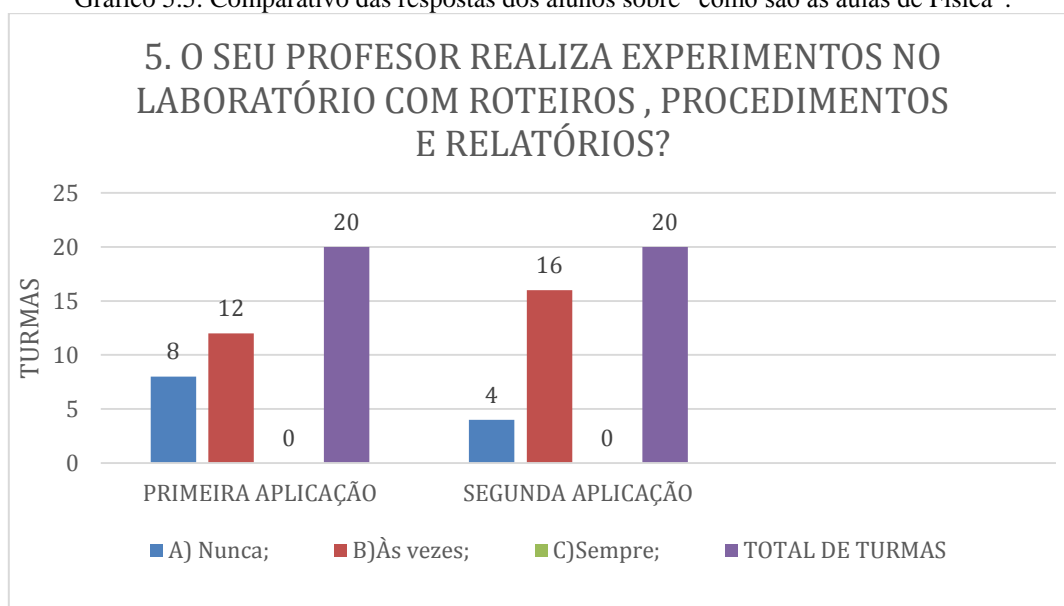
Gráfico 5.4: Comparativo das respostas dos alunos sobre “como são as aulas de Física”.



Fonte: Própria.

Como observado no gráfico 5.3 e 5.4 as aulas, após o uso de demonstrações experimentais, passaram a ser mais bem avaliadas pela maioria dos alunos das turmas envolvidas. O gráfico 5.5 apresentará às respostas à pergunta 5:

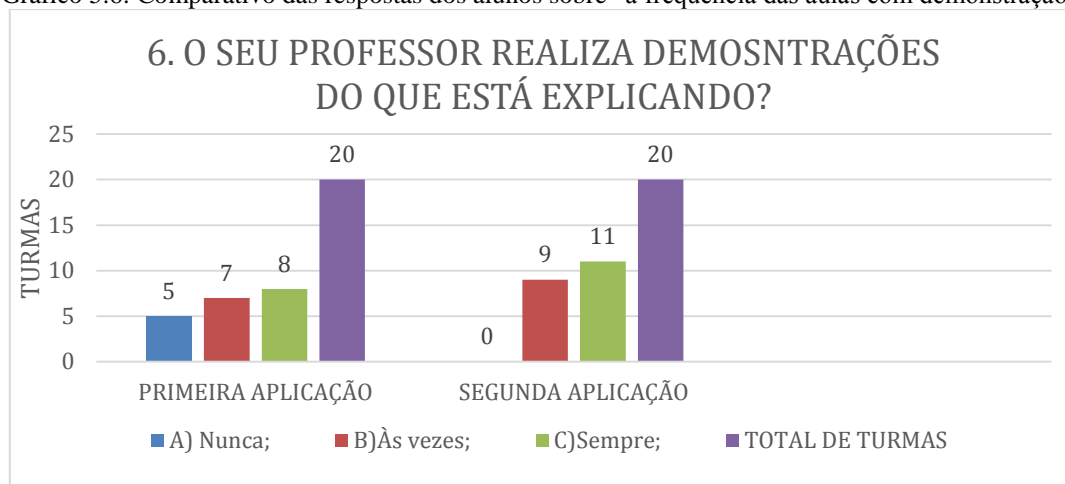
Gráfico 5.5: Comparativo das respostas dos alunos sobre “como são as aulas de Física”.



Fonte: Própria.

Mesmo que o produto apresente apenas experimentos de demonstração, que não necessitam ser realizados em um laboratório nota-se que a quantidade de professores que começaram a utilizar o LDC com mais frequência cresceu. Mas, nenhuma turma afirmou que seus professores usavam o LDC sempre, o que está de acordo com o esperado, já que as dificuldades para se aplicar aulas laboratoriais continuam as mesmas. Mas, talvez, o uso das demonstrações em sala de aula tenha despertado nos professores o desejo de realizar aulas experimentais mais elaboradas, pois estes notaram a melhoria no interesse dos alunos pelas aulas de Física quando se envolve a experimentação, como comentado por alguns professores durante a aplicação do produto. O comparativo das respostas dadas à 6ª pergunta está apresentado no gráfico 5.6:

Gráfico 5.6: Comparativo das respostas dos alunos sobre “a frequência das aulas com demonstração”.

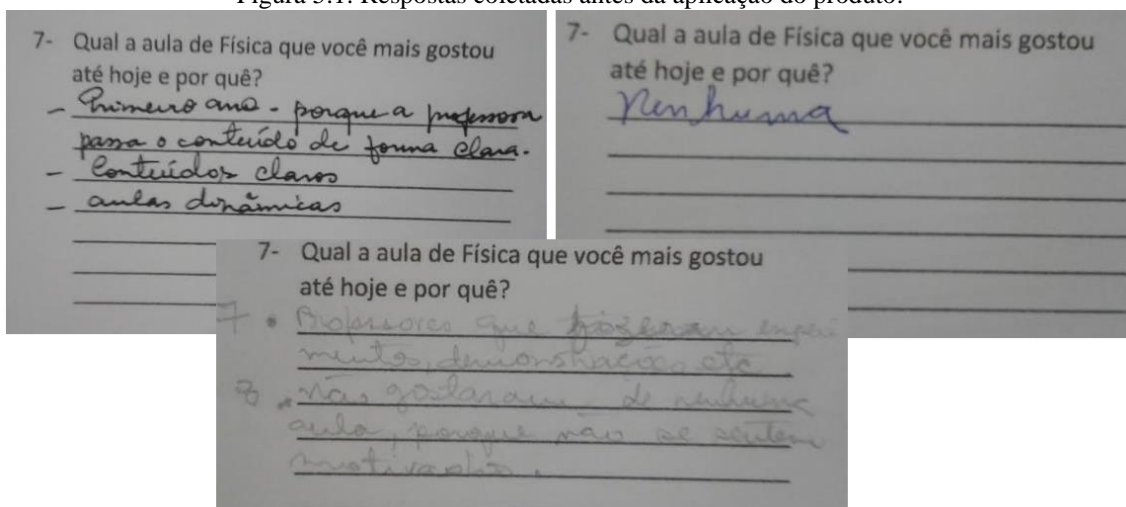


Fonte: Própria.

Com esses dados é possível analisar a aplicabilidade e utilidade do produto. É sabido que muitos professores não realizavam demonstrações por não haver tempo suficiente de planejamento de aulas para sua elaboração (pesquisar, conseguir o material, etc.), como pode ser visto no capítulo anterior. Com o uso do produto, esses professores passaram a aplicar mais vezes à demonstração em sala de aula, zerando a quantidade de professores que não a realizavam.

A última pergunta da enquete refere-se à opinião dos alunos em relação a “qual aula de Física eles mais gostaram em sua vida de estudante”. Por se tratar de um questionamento subjetivo, para o qual as respostas foram obtidas coletivamente, será apresentado a seguir uma amostra dos resultados, referentes 7ª pergunta. A figura 5.1 trata de enquetes realizadas antes da aplicação do produto:

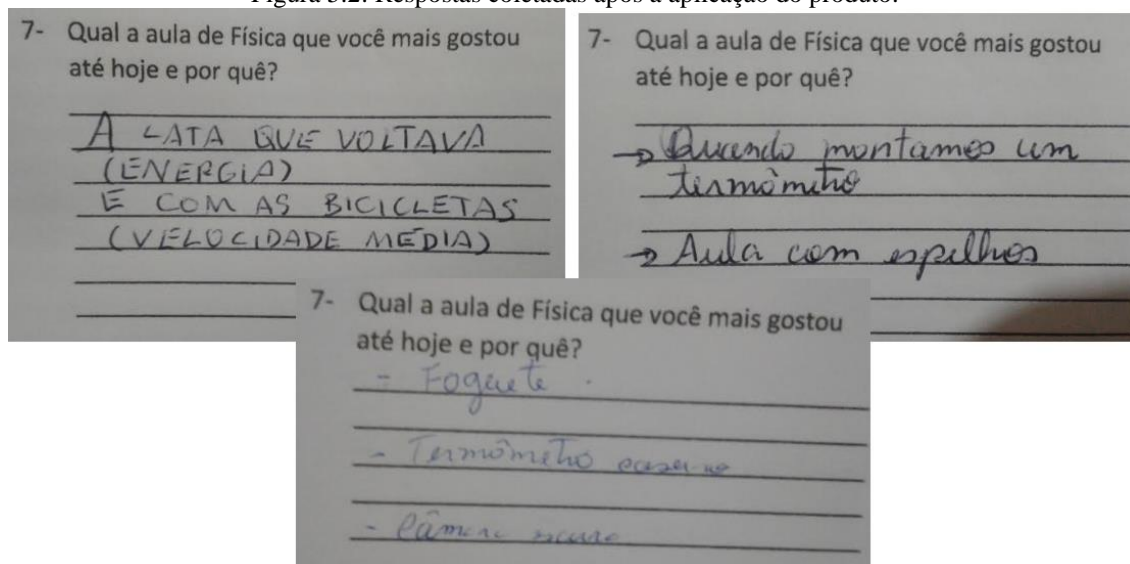
Figura 5.1: Respostas coletadas antes da aplicação do produto.



Fonte: Própria

Como se pode perceber, antes da aplicação do produto, as aulas mais lembradas pelos alunos são aquelas que envolviam algum experimento. Algumas turmas declararam que não houve nenhuma aula de Física da qual gostaram. Na figura 5.2 serão apresentadas algumas respostas dadas a 7ª pergunta após a aplicação do produto:

Figura 5.2: Respostas coletadas após a aplicação do produto.



Fonte: Própria

Após a aplicação do produto, nota-se que muitos alunos comentaram as aulas com o uso de alguma demonstração. O que confirma a eficiência das demonstrações experimentais contidas no *Manual de Demonstrações Experimentais Simples para Aulas de Física* como ferramenta motivacional e pedagógica para o ensino de Física.

Além de promoverem vários dos benefícios obtidos em aulas laboratoriais, o produto apresenta uma forma diferente de realizar os experimentos em sala de aula, sem a necessidade de “equipamentos tecnológicos” ou pouco acessíveis na realidade de muitas escolas. Com os dados desta pesquisa percebeu-se, também, que o produto educacional aqui apresentado, obteve resultados satisfatórios na maioria das turmas e com a maioria dos alunos, aumentando o interesse pela Física e melhorando a compreensão de conceitos físicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas sobre a prática docente e sobre as concepções dos alunos em relação às aulas de Física mostraram as dificuldades encontrada por professores em romperem com paradigma das aulas *tradicionais* espelhando nos alunos uma ideia equivocada da ciência. Vários artigos e depoimentos apresentados nesta dissertação retratam que os alunos, em maioria, se sentem desmotivados com as aulas de Física, pois não há elementos atraentes, nem mesmo que facilitem o aprendizado da disciplina. Paralelamente a isso, os professores, geralmente, não conseguem aderir metodologias inovadoras em suas aulas, capazes de combater o distanciamento do aluno com Física, como as aulas com experimentos. Isso acontece devido à escassez de materiais de laboratório, infraestrutura, material pedagógico, dentre outros. Em contrapartida vários documentos apontam os experimentos como um fator importante para a melhoria da aprendizagem da Física, pois esclarecem conceitos e aumentam o interesse do aluno pela aula.

A construção de um manual de experimentos demonstrativos se fez necessário para que se pudesse diminuir as barreiras encontradas pelos professores para realizar aulas experimentais no LDC, já que estes, normalmente, são mal estruturados, pequenos ou nem existem em algumas escolas, além de que, as aulas laboratoriais requerem várias horas de planejamento e tempo pedagógico em sala. Esse manual trata-se de um produto educacional, que apresenta várias demonstrações experimentais com material de baixo custo (ou custo nenhum) que podem ser aderidas ao plano de aula do professor e realizadas paralelamente a explicação do conteúdo em sala.

Durante a aplicação do produto, nas rodas de conversa com os alunos, nas reuniões com os professores, foi possível perceber o quanto o manual foi eficiente com sua proposta, melhorando efetivamente o interesse dos alunos pelas aulas de Física e aumentando a compreensão dos conteúdos. Facilitou, também, o planejamento das aulas pelos professores, já que estes podiam contar com um material de fácil acesso e com demonstrações práticas que podiam ser realizadas paralelamente a sua aula. Os professores das escolas envolvidas na aplicação do produto afirmaram ser um material útil e prático e que pretendem continuar fazendo uso dele. Outros professores que não fizeram parte da aplicação do produto também concordaram com a utilidade de um material com essa finalidade e solicitaram um exemplar quando estivesse finalizado.

Vale ressaltar o fato de que as aulas com experimentos de demonstração, propostas por este produto educacional, não substituem as aulas com experimentos laboratoriais, pois estas também têm sua importância no processo de ensino e aprendizagem da Física e suas características específicas devem ser contempladas sempre que possível pelo professor. Porém, as demonstrações são uma alternativa para inserir a experimentação e prática científica ao cotidiano da sala de aula.

O *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física* não se trata de um produto “acabado” ou finalizado, e sim, em construção, pois existem muitas outras demonstrações simples que podem e devem ser inseridas nele, e provavelmente serão em versões futuras do material. Deseja-se que este produto educacional, fruto deste trabalho, não se restrinja apenas aos professores e conseqüentemente aos alunos da cidade de Aracati, mas sim, que possa auxiliar e contribuir com a educação e ensino da Física em âmbito nacional, fazendo das aulas de Física um momento agradável, compreensível e de construção de conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola:** um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>>. Acesso em: 06 ago. 2012.

BARROS, Rubem. **A história da LDB.** *Revista Educação*. 235 ed. Dez. 2016. Disponível em: <<https://www.revistaeducacao.com.br/historia-da-ldb/>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s):** mitos, tendências e distorções. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências:** O ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O ensino da Física no Brasil:** problemas e desafios. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2015, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Secretaria da Educação, 2015, p. 10980 - 10989

FERNANDES, Elisângela. **David Ausubel e a aprendizagem significativa.** *Revista Nova Escola*. 248 ed. Dez. 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

FERREIRA, A. B.; SOARES, C. dos S.; SILVA, O. da. **A prática docente.** Disponível em: <https://www2.faccat.br/portal/sites/default/files/ferreira_soares_silva.pdf>. Acesso em 23 de agosto de 2019.

FONSECA, J. J. S. da; FONSECA, S. da. **Didática Geral.** 1ed. Sobral: INTA, 2016.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes necessários à prática educativa: 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de Física:** Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: XV ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE. Natal, 1997. *Anais... SBF:* Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3360182/mod_resource/content/0/CINQ%20%9CENTA%20ANOS%20DE%20ENSINO%20DE%20F%20C%8DSICA.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2019.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I.C.C. **Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky.** *Revista IENCI*. Porto Alegre. v.10, n.2, p. 227-254, ago. 2005.

GROSSI, Gabriel Pillar. **Todos perdem quando a pesquisa não é colocada em prática.** *Revista Nova Escola*. 215 ed. Set. 2008. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/960/gerard-vergnaud-todos-perdem-quando-a-pesquisa-nao-e-colocada-em-pratica>>. Acesso em: 24 ago. 2019

GUARDA, P. M. *et al.* **Concepção dos alunos sobre o ensino de Física em escolas públicas do Tocantins x políticas públicas para o ensino.** In: I CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, v.1, 2016, Campina Grande. *Anais...* CONAPESC: Realize, 2016, p.1-12.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Mecânica:** 8 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2008. v. 1.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual:** 9 ed. São Paulo: Bookman, 2002.

IFUSP. **Laboratório de Demonstrações: breve histórico.** Disponível em: <<http://labdemo.if.usp.br/breve-historico/>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio.** Portal MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Resultado do PISA de 2015 é tragédia para o futuro dos jovens brasileiros, afirma ministro.** Portal MEC, 2016. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/42741-resultado-do-pisa-de-2015-e-tragedia-para-o-futuro-dos-jovens-brasileiros-afirma-ministro>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

MOREIRA, A. M. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. In: **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo, 1999. p. 151-165.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas.** Revista Brasileira de Ensino de Física-RBEF. São Paulo. v. 22, n. 1, p.94-99, mar. 2000.

MOREIRA, M. A. **Grandes Desafios Para O Ensino Da Física Nas Escolas Contemporâneas.** Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2019

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências/Física.** Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v26_n6.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área.** Porto Alegre. v.7, n.1, p. 7-29, mar. 2002.

NARDI, R. **Pesquisas em Ensino de Física:** 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2004

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. **Teorias de Aprendizagem.** Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PRASS, A. R. **Teorias de Aprendizagem.** ScriniaLibris.com, 2012. Disponível em: <https://www.fisica.net/monografias/Teorias_de_Aprendizagem.pdf>. Acesso em: 23 de ago. 2019.

SAAD, F. D. *Análise do Projeto FAI - Uma Proposta de um Curso de Física Auto Instrutivo para o 2º grau*. 1977. In: GAMA, H. U.; HAMBURGUER, E. W. **Pesquisas sobre o ensino de Física**. Edição preliminar. São Paulo: IFUSP, 1990. p.55-64.

SANTOMAURO, Beatriz. **O Que Ensinar Em Ciências?** Revista Nova Escola. 219 ed. Jan. 2009. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/48/o-que-ensinar-em-ciencias>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

SANTOS, C. A. dos; BOTTON, J. P. Fontes de Energia e Tecnologias de Transformação. In: **Energia e Matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015, p.5-49

SANTOS, J. C.; GOMES, A. A.; PRAXEDES, A. P. P. **O ensino de Física: da metodologia de ensino às condições de aprendizagem**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/15842149-O-ensino-de-fisica-da-metodologia-de-ensino-as-condicoes-de-aprendizagem.html>>. Acesso em 24 de agosto de 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2019.

SOUSA, A. J. de. *A importância da Física Experimental no processo de ensino e aprendizagem*. Uberlândia 2010. 41f. Monografia de Licenciatura em Física. Instituto de Física da Universidade Federal – Uberlândia, 2010.

VIOLIN, A. G. *O Projeto de Ensino de Física (PEF) - Mecânica I em um Curso Programado Individualizado*. 1977. In: GAMA, H. U.; HAMBURGUER, E. W. **Pesquisas sobre o ensino de Física**. Edição preliminar. São Paulo: IFUSP, 1990. p.2-14

WIKIPEDIA. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Diretrizes_e_Bases_da_Educa%C3%A7%C3%A3o_Nacional>. Acesso em: 24 ago. 2019

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: Mecânica**: 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

ZOTTI, Solange Aparecida. **O ensino secundário no Império brasileiro: considerações sobre a função social e o currículo do colégio D. Pedro II**. HistedBR. Campinas, n.18, p. 29-44, jun. 2005.



APÊNDICE A

ENQUETE: PROFESSORES

ESTE QUESTIONÁRIO SERVIRÁ COMO PARTE DE UMA PESQUISA SOBRE OS CONTEÚDOS LECIONADOS NA DISCIPLINA DE FÍSICA EM ESCOLAS DE ARACATI E QUAIS AS DIFICULDADES ENCONTRADAS NO EXERCÍCIO DE DOCÊNCIA. TAL PESQUISA SERÁ MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL E DISSERTAÇÃO COMO ÚLTIMA ETAPA PARA CONCLUSÃO DE MESTRADO.

Aos professores de Física da 1ª, 2ª e 3ª série do Ensino Médio:

NOME (OPCIONAL): _____

INSTITUIÇÃO: () Pública () Privada

Marque os conteúdos que você REALMENTE e EFETIVAMENTE conclui até o final do ano letivo ou do Ensino Médio. Marque também a(s) série(s) em que leciona.

() 1ª Série

() 2ª Série

() 3ª Série

- Introdução à Física (medidas, SI, notação científica, velocidade média, etc.)
- Introdução à Física
- Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado
- Vetores
- Movimento circular
- Composição de Movimentos Lançamento Vertical, Oblíquo e Horizontal
- Introdução a Dinâmica (forças, Leis de Newton, etc.)
- Aplicações dos princípios de Dinâmica (atrito, peso aparente, planos inclinados, etc.)

- Trabalho e Potência
- Energia
- Quantidade de movimento e Impulso
- Gravitação
- Estática dos corpos rígidos
- Estática dos fluidos
- Hidrodinâmica
- Termometria
- Dilatação térmica dos sólidos
- Dilatação térmica dos líquidos
- Calorimetria (Calor específico e Capacidade térmica)
- Calorimetria (Calor sensível e latente)
- Mudanças de fase

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Diagramas de fase | <input type="checkbox"/> Princípios da Eletrostática |
| <input type="checkbox"/> Propagação do calor | <input type="checkbox"/> Força elétrica |
| <input type="checkbox"/> Estudo dos gases | <input type="checkbox"/> Campo elétrico |
| <input type="checkbox"/> Primeira Lei da Termodinâmica | <input type="checkbox"/> Potencial elétrico |
| <input type="checkbox"/> Segunda Lei da Termodinâmica | <input type="checkbox"/> Trabalho da força elétrica |
| <input type="checkbox"/> Ciclo de Carnot | <input type="checkbox"/> Condutores em equilíbrio eletrostático |
| <input type="checkbox"/> Introdução a Óptica Geométrica (meios, fenômenos e princípios ópticos) | <input type="checkbox"/> Capacitores |
| <input type="checkbox"/> Reflexão da Luz | <input type="checkbox"/> Corrente elétrica |
| <input type="checkbox"/> Refração da Luz | <input type="checkbox"/> Resistores elétricos |
| <input type="checkbox"/> Espelhos esféricos | <input type="checkbox"/> Aparelhos de medição elétrica |
| <input type="checkbox"/> Lentes esféricas delgadas | <input type="checkbox"/> Geradores e receptores elétricos |
| <input type="checkbox"/> Instrumentos ópticos | <input type="checkbox"/> Leis de Kirchhoff |
| <input type="checkbox"/> Movimento Harmônico Simples | <input type="checkbox"/> Campo Magnético |
| <input type="checkbox"/> Introdução a Ondas (conceitos, classificação, velocidade, características) | <input type="checkbox"/> Força Magnética |
| <input type="checkbox"/> Fenômenos ondulatórios | <input type="checkbox"/> Indução Magnética |
| <input type="checkbox"/> Acústica | <input type="checkbox"/> Corrente Alternada |
| | <input type="checkbox"/> Teorias da relatividade |
| | <input type="checkbox"/> Teoria Quântica |
| | <input type="checkbox"/> Física Nuclear |

Responda o questionário:

1- Sobre os **conteúdos do livro didático** usado na escola em que trabalha durante ano letivo.

- A) São demasiados e não dá tempo de explicar todos durante o ano letivo;
- B) São suficientes e sempre consigo explicar todos até o final do ano letivo;
- C) São poucos e sempre tenho que completar com outros conteúdos;

Justifique: _____

2- Sobre o **interesse da maioria** dos alunos.

- A) Geralmente entediados e reclamando da disciplina;

B) Geralmente envolvidos na aula e elogiando o modo que a disciplina lhes é apresentada;

C) Não expressam entusiasmo, porém não reclamam;

Justifique: _____

3- Sobre as aulas experimentais:

A) Nunca as faço, ou faço raramente, pois não há tempo em sala, ou para planejá-las.

B) Sempre as faço, pois acho importante e a escola me oferece todos os recursos;

C) Sempre as faço, pois acho importante, mas tenho que arcar com a maioria dos recursos;

D) Faço algumas vezes, pois acho importante no aprendizado, mas não tenho recursos tanto de pesquisa quanto de material de laboratório na escola;

E) Faço algumas vezes, mas acho perca de tempo, já que o importante é o treino de exercícios.

Justifique: _____

4- O que acha de aulas com experimentos simples e demonstrativos, sem a obrigatoriedade de preenchimento de roteiro e procedimentos, podendo ser feito apenas pelo professor para exemplificar um conceito ou pelos alunos como fechamento de um conteúdo:

A) Nunca fiz, pois não conheço essa técnica;

B) Nunca fiz, pois não acredito nos resultados;

C) Sempre faço, pois acredito nos resultados;

D) Faço algumas vezes, pois nem sempre disponho de ideias ou materiais que possa realizá-los;

E) Faço algumas vezes, pois nem sempre o conteúdo permite uma demonstração.

Justifique: _____



APÊNDICE B

ENQUETE: ALUNOS

ESTE QUESTIONÁRIO SERVIRÁ COMO PARTE DE UMA PESQUISA SOBRE OS AS AULAS DE FÍSICA NAS ESCOLAS DE ARACATI. TAL PESQUISA SERÁ MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL E DISSERTAÇÃO COMO ÚLTIMA ETAPA PARA CONCLUSÃO DE MESTRADO.

Aos Alunos de Física da 1ª, 2ª e 3ª série do Ensino Médio:

NOME (OPCIONAL): _____

INSTITUIÇÃO: () Pública () Privada

() 1ª Série

() 2ª Série

() 3ª Série

Responda o questionário:

1- Você gosta da disciplina de Física?

- A) Gosto, pois compreendo e relaciono os conteúdos com o cotidiano;
- B) Gosto, porém, não consigo compreender por que estudo a maioria dos conteúdos;
- C) Não gosto muito, pois não compreendo qual a relação com o meu dia-a-dia;
- D) Não gosto, pois não entendo nada.

2- O que você não gosta em Física?

- A) Os conceitos difíceis;
- B) Os cálculos
- C) Os experimentos
- D) Os exercícios

3- O que você gosta das AULAS de Física?

- A) Das aulas teóricas
- B) Os experimentos
- C) A relação com o dia-a-dia
- D) Nada

4- Como são as aulas de Física?

- A) Entediantes
- B) Animadas

C) Não me importo

5- Seu professor realiza experimentos no laboratório com roteiros, procedimentos e relatório?

- A) Nunca
- B) Às vezes
- C) Sempre

6- Seu professor realiza demonstrações do que está explicando?

- A) Nunca
- B) Às vezes
- C) Sempre

7- Qual a aula de Física que você mais gostou até hoje e por quê?



**USO DE UM MANUAL DIDÁTICO COM DEMONSTRAÇÕES
EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA AULAS DE FÍSICA**

APÊNDICE C

MATERIAL INSTRUCIONAL

**MOSSORÓ – RN
2019**

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	93
2- PRÁTICAS EXPERIMENTAIS.....	94
3- METODOLOGIA.....	97
4- COMO USAR O MANUAL.....	100
5- CONCLUSÃO.....	102

1- INTRODUÇÃO

O ensino de Física há bastante tempo não está atingindo suas expectativas em sala de aula, existem vários estudos constatando que o processo ensino-aprendizagem nas disciplinas de física é complexo e difícil. Na concepção dos alunos, a forma como as aulas são expostas, quase sem relação entre teoria e prática, o aspecto muito conteudista, baseado em memorizar fórmulas matemática, a pouca relação com eventos ao nosso redor tendem a desestimulá-los gerando desinteresse pela Física (GUARDA et. al., 2016, p.10). Para o professor, muitos fatores contribuem para que isso ocorra, como a maneira em que a disciplina vem sendo apresentada nos livros didáticos, focada em resolução de exercícios de memorização de conceitos e fórmulas; o aspecto preparatório para vestibular (como o ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio), desvinculando a Física do caráter investigativo e interligado ao cotidiano como proposto pelos PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais/Ensino Médio); a falta de recursos material e profissional, como LDC's (Laboratórios de Ciência) e formação para o professor aperfeiçoar suas técnicas de ensino; a densa grade curricular para uma disciplina que normalmente dispõe apenas de duas à três aulas semanais.

É sabido que as aulas práticas e experimentais para Física trazem uma imensa carga de benefícios à aprendizagem do aluno, como laços entre o conceito, a realidade e a motivação à pesquisa, entre diversos outros aspectos pedagógicos. Porém, essas aulas encontram uma grande barreira dentro do contexto escolar. Partindo do problema estrutural, como falta de LDC's e materiais para sua realização, passando pelas condições de trabalho e tempo pedagógico dos educadores.

Esse trabalho, realizado na cidade de Aracati, tem como objetivo contribuir para a melhoria do ensino de Física, propondo algo que motive e auxilie no planejamento de aulas mais estimulantes, conectando o ensino de física ao mundo ao nosso redor para que assim, surja no aluno um maior interesse pelas aulas de Física e conseqüentemente um melhor aprendizado. Inicialmente foram realizando rodas de conversa, reuniões e enquetes com alunos e professores de cinco escolas da cidade – envolvendo as primeiras, segundas e terceiras séries do ensino médio – os quais expuseram as mesmas dificuldades citadas aqui. Ao fim dessa pesquisa, notou-se a necessidade de criar um produto educacional que, além de ajudar no planejamento das aulas de Física, servisse como ferramenta pedagógica, como um fator motivador para o envolvimento do aluno

em sala de aula. Porém, o principal desafio seria criar uma ferramenta que possibilitasse o uso da experimentação, mas que pudesse driblar as dificuldades inerentes a ela.

Em todas as escolas da cidade de Aracati envolvidas na pesquisa deste trabalho, os LDC's ou não existem ou são precários. O professor de Física, normalmente, usa apenas o livro didático como ferramenta pedagógica, pois, para realizar uma aula experimental precisa verificar se o material está disponível no LDC (muitas vezes não está) além de necessitar de um planejamento logístico muito complicado para levar seus alunos em grupos menores ao laboratório, já que estes são pequenos e não dispõem de espaço suficiente para todos da turma. Muitas vezes o professor precisa estar atento aos experimentos e, ao mesmo tempo, aos alunos que ficaram em sala de aula com outra atividade. Esse é um dos maiores problemas encontrados para a realização de aulas experimentais, uma vez que já foi citado anteriormente, o pouco tempo pedagógico disponível para os professores abordarem a grande quantidade de conteúdo de Física proposto no plano anual dessas escolas.

O produto desta pesquisa trata-se de um manual com 20 demonstrações experimentais simples, todas elas com materiais facilmente encontrados em casa ou na escola que podem ser usadas pelo professor e adequadas a seu plano de aula de acordo com a sua metodologia e suas condições de trabalho. Os conteúdos de Física abordados no manual vão desde a Mecânica até o eletromagnetismo e os assuntos de cada demonstração foram escolhidos por meio de pesquisa com os professores, os quais elencaram os mais abordados em sala de aula. Cada demonstração apresenta quais os objetivos almejados, uma breve fundamentação teórica, a lista de materiais necessários para sua realização, uma proposta de uso e um questionário.

A proposta das demonstrações é deixar a aula mais dinâmica e atrair a atenção do aluno, promovendo assim um aprendizado mais prazeroso e significativo envolvendo a experimentação. Além disso, os experimentos de demonstração possuem a vantagem de poder serem realizados na própria sala de aula durante a explicação do conteúdo, ou mesmo serem feitos juntos com os alunos (caso deseje o professor).

2 - PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

A permanência do método tradicional nas escolas, muitas vezes acontece devido à falta de capacitação dos professores e a precariedade ou falta de LDC's nas escolas de

ensino médio, como já foi citado no primeiro capítulo. Outro desafio que pode ser citado é o desinteresse do aluno pelas aulas em geral. Essa geração traz consigo a tecnologia, a informação em grande escala e em tempo real, os jogos de alta definição, e fica difícil atrair a atenção desses alunos para aulas comuns apenas com conceitos, definições, fórmulas e resolução de atividades. Além disso, a diversidade do público discente é enorme, sendo muito diferente de uma escola para outra, ou mesmo de uma turma para outra dentro de uma mesma escola.

Uma forma de motivar a aprendizagem é a inserção de aulas experimentais nas aulas de Física. É sabido que tais aulas conseguem prender a atenção do aluno, sem contar que, realizadas de maneira não sistemática e metódica, constroem o conhecimento, ou seja, não promovem a chamada “educação bancária”, denominada por Paulo Freire, onde o conhecimento é simplesmente *depositado* no aluno, sem fazer o menor sentido na sua vida.

Porém, as aulas experimentais, assim como muitas das soluções para os desafios citados aqui, também apresentam muitas dificuldades, como a falta de espaço físico e de recursos para a realização das práticas nas escolas e a falta de tempo pedagógico para a sua realização (ANDRADE E MASSABNI, 2011). Na maioria das vezes os laboratórios não comportam todos os alunos ao mesmo tempo, então a turma precisa ser dividida em turmas menores para tornar possível a visita a estes espaços. Normalmente, em escolas públicas, o número de alunos por sala varia entre 30 a 50. Assim, uma aula experimental requer um tempo bem maior, visto a necessidade de fracionar a turma para a visita ao LDC. Em escolas públicas, as quais adotam somente 2 horas-aula de Física por semana, quando comparadas às escolas particulares, que adotam 3 ou mais. Se considerarmos o turno noturno, esse número de horas-aula reduz mais ainda, sendo que em muitas escolas, é de apenas 1 hora-aula semanal para a disciplina. Além, é claro, de o planejamento de uma aula prática requerer um tempo bem maior para sua preparação, pois é necessário realizar os experimentos com antecedência, testar aparelhos, verificar e separar materiais, construir relatórios e organizar uma segunda atividade que deverá ser realizada pelo grupo de alunos que ficará em sala durante a ida de uma parte da sala ao LDC – lembrando que a maioria dos LDC’s não comporta uma turma completa, precisando, o professor, fracionar a turma para usá-lo.

Outro ponto importante é o fato de que para executar aulas experimentais o professor necessita de um mínimo de destreza ao realizá-la, seja para a construção de um aparato experimental ou mesmo para o manejo de itens de um laboratório. Porém, mesmo o docente reconhecendo a atividade prática como um fator importantíssimo, nem sempre ele possui essa habilidade, vezes por não ter tido uma capacitação adequada no curso de licenciatura, ou mesmo por não ter a prática de realizar experimentos (BASSOLI, 2014). Portanto, é preciso frisar que em qualquer aula que envolva experimentação é necessário um planejamento e “treino” do que se deseja apresentar, mesmo em se tratando de mecanismos simples.

Muitos trabalhos apontam as aulas práticas como um fator de extrema importância para o processo de aprendizagem dos alunos por serem motivadoras e conectarem a teoria com a realidade. Existem várias vertentes e definições para atividades práticas, assim como existem diferentes tipos de laboratórios de ciências, como os laboratórios virtuais, os de simulação, os demonstrativos, dentre outros. Andrade e Massabni (2011) define atividade prática como sendo “aquelas tarefas educativas que requerem do estudante a experiência direta com o material presente fisicamente, com o fenômeno e/ou com dados brutos obtidos do mundo natural ou social”. Assim, as atividades práticas podem ser classificadas como: *experimentos ilustrativos*, *experimentos descritivos*, *experimentos investigativos* e *demonstrações práticas* (ANDRADE E MASSABNI, 2011).

De acordo com Campos e Nigro (1999), um experimento não pode ser confundido com uma atividade demonstrativa. O experimento é usado para verificar ou testar a veracidade de hipóteses, fórmulas e conceitos. Já a demonstração é utilizada para possibilitar o aluno de visualizar e presenciar um fenômeno até então visto apenas teoricamente.

Os experimentos *ilustrativos* tem a função de provar algum conceito ou teoria. São realizados pelos alunos em grupos, possibilitando a interatividade física e social. Os experimentos *descritivos* tem como ponto chave o “descobrimento” de fenômenos por parte dos alunos, que deverão descrevê-los por meio da experimentação e observação (ANDRADE E MASSABNI, 2011). Na experimentação investigativa, os alunos são estimulados a discutir e a elaborar hipóteses, além de participarem intensamente na execução do experimento (ANDRADE E MASSABNI, 2011).

As demonstrações experimentais são aquelas realizadas pelo professor, com o intuito de mostrar na prática algum conceito ou fenômeno visto até então apenas na teoria. Nesta modalidade o aluno não interage com o material do experimento, o qual será manipulado somente pelo professor. Porém, dependendo da forma como o professor organiza e planeja sua aula, pode formar grupos de discussão entre os alunos sobre o fenômeno observado. As atividades demonstrativas podem proporcionar interação emocional por meio da curiosidade, uma vez que os experimentos sejam atraentes e interessantes (ANDRADE E MASSABNI, 2011).

As demonstrações práticas são bastante úteis para situações na qual o professor não dispõe de material suficiente para todos os alunos (CAMPOS E NIGRO, 1999). Outra forma de usar a demonstração é como ilustração de algum conceito que está sendo abordado em sala de aula, paralelamente a sua explicação. Porém, vale ressaltar que a demonstração não deve ser encarada como o único método didático para aulas de Física, como explica Campos e Nigro (1999):

É importante salientar que as demonstrações práticas podem e devem ser utilizadas pelos professores somente para atender finalidades muito bem definidas. Isto é, não devem ser o único instrumento didático para viabilizar a aprendizagem de determinado conteúdo e, assim, colocar-se no lugar de ou substituir todas as possíveis estratégias de ensino em uma unidade didática.

Ainda com o processo de transformação e desenvolvimento do ensino da Física no Brasil, No final dos anos 70, alguns pesquisadores do *Departamento de Física Experimental* da IFUSP, junto com o professor Ernst Wolfgang Hamburger, criaram o *Laboratório de Demonstrações*, que ficou conhecido como *Prateleira de Demonstrações*. Trata-se de um espaço físico no qual pode ser encontrado uma grande diversidade de equipamentos e kits de experimentos de demonstração que servem como apoio pedagógico para os professores em sala de aula (IFUSP-LD, 2019). O LD possuía experimentos de demonstração que contemplam conteúdos de Mecânica, Eletricidade e Magnetismo, Oscilações e Ondas, Óptica, Fluidos e Termodinâmica, contando hoje com mais de 400 equipamentos. Tais experimentos podem ser procurados por tema ou por disciplina. Nele, os experimentos são apenas para demonstração, possibilitando um número maior de kits experimentais, já que só é necessário um kit por prática. Além disso, permite ao professor maior mobilidade com o material, podendo levá-lo para sua sala de aula ou outro ambiente de seu interesse (IFUSP-LD, 2019).

3 - METODOLOGIA

O produto educacional proposto é uma ferramenta pedagógica com o intuito de auxiliar no planejamento de aulas de Física mais dinâmicas e interessantes. Para conseguir produzi-lo foram necessárias algumas reflexões sobre os problemas enfrentados pelos educadores ao prepararem suas aulas e como elas são realizadas na sala de aula.

Foram realizadas duas enquetes, uma com professores e outra com alunos. Na primeira, com os professores, foi feito um levantamento dos conteúdos de Física, que são abordados durante o ano letivo e o currículo escolar. Eles também foram questionados sobre assuntos referentes às aulas, como: o que acham da quantidade de conteúdo trazida pelo livro didático ou proposta pelo currículo da escola; qual o nível de interesse dos alunos pelas aulas de Física; qual a frequência das aulas experimentais; como planejam suas aulas experimentais; e o que sabem sobre aulas demonstrativas. Já com os alunos, foram abordadas questões sobre o que eles acham da disciplina de Física: o que eles gostam e o que não gostam na disciplina; como são as aulas; como são as aulas experimentais e qual ou quais as aulas da disciplina que eles mais gostaram em toda sua vivência no ensino médio.

Os conteúdos apresentados pelos professores na enquete 1, desde a Mecânica até o Eletromagnetismo, foram o ponto de partida para definir quais assuntos seriam abordados no produto. Foi percebido também, a necessidade de um produto que, além de focar no pedagógico ajudasse o docente no momento do planejamento de suas aulas, algo que servisse como ferramenta de planejamento de fácil acesso para dinamizar as aulas de Física.

Pensou-se em um “manual” que contivesse uma lista de diversos experimentos simples e demonstrativos. Essa primeira versão continha 22 experimentos demonstrativos, indo da mecânica clássica ao eletromagnetismo. Isso proporcionaria ao professor um leque de ideias e possibilidades de inovar e dinamizar suas aulas, seja ela do primeiro semestre da 1ª série do ensino médio até o último semestre da 3ª série. Além disso, os experimentos poderiam ser realizados com materiais que normalmente são encontrados em casa.

Não é proposta deste material impor ou apresentar um plano de aula pronto, mas sim um elemento (experimento demonstrativo) a ser somado à aula que o professor

planejou. Nele, encontram-se fundamentos teóricos e uma proposta de uso, contendo questionamentos que podem ser veiculados pelo professor e modificados de acordo com a realidade de sua turma.

Na versão inicial do manual, procurou-se colocar apenas experimentos que possam servir como demonstração de um fenômeno ou que possam realçar algo que foi teorizado numa aula, dessa forma, podem ser realizados pelo professor como ele achar mais conveniente, sendo no início de uma aula, ou no meio, ou no final ou durante a aula toda, o professor é quem decide.

Após o término da primeira versão do produto, que foi intitulado por *Manual de demonstrações simples para aulas de Física*, foi realizado um encontro com professores da rede pública e privada para que o produto fosse exposto. Nesse momento, os professores receberam o manual e lhes foram apresentados os seus objetivos, sua estrutura, como poderia ser usado e como este material poderia ajudá-los em seu planejamento de aula. Foi proposto que os professores usassem o material sempre que possível para analisar os pontos positivos e negativos do produto.

No período, de junho a agosto de 2018, no qual os professores estavam utilizando o material, foram realizadas algumas conversas com os alunos, de modo informal, com a finalidade de obter opiniões sobre: como o material estava sendo usado em sala de aula; se os professores realmente conseguiam realizar as demonstrações em suas aulas e qual a frequência que o faziam; quais as suas opiniões sobre as aulas com demonstração; o que mudou em relação ao seu interesse pelas aulas de Física. Os resultados foram em geral satisfatórios. Muitos descreveram as aulas com o uso da demonstração como *bem mais interessantes e animadas*. Outros incluíram o fato de *ficar mais fácil entender alguns conceitos quando são observados na prática*, ou mesmo *que seu professor fez vários experimentos e não só como demonstração, mas como aula prática onde todos participaram*.

No segundo encontro com os professores, estes apresentaram suas opiniões sobre o produto e fizeram algumas observações. Todos os professores presentes neste segundo encontro (10 professores) concordaram com a importância do material e afirmaram ser algo que ajudou bastante tanto no planejamento de suas aulas como no interesse e compreensão dos conteúdos pelos alunos. Eles citaram alguns pontos a

melhorar como: melhoria de alguns experimentos, incluir outras demonstrações, corrigir alguns erros de digitação, dentre outros. Todas as críticas foram ouvidas, registradas e analisadas de forma que os pontos citados foram revistos e modificados no produto final.

Após a análise dos pontos positivos e negativos expostos pelos professores, que usaram o manual em suas aulas, o produto final foi elaborado. Esta versão é bastante parecida com a inicial, porém, com algumas modificações: duas novas demonstrações inseridas, quatro demonstrações retiradas, melhoria nos fundamentos teóricos de alguns experimentos, modificações na proposta de uso e algumas modificações na estrutura do manual (sumário, capa, correção de páginas etc.).

Assim que a nova versão foi concluída todos os professores envolvidos na pesquisa receberam o arquivo em formato PDF para que pudessem analisar e utilizá-lo em suas aulas. A aplicação da versão final do produto ocorreu durante o 2º semestre de 2018 e o 1º semestre de 2019 nas escolas de Aracati onde trabalham os professores envolvidos com o projeto. Durante esse período os alunos foram consultados sobre as aulas com o uso das demonstrações. Vale salientar que as perguntas não foram realizadas pelo professor de Física da turma, mas sim, por um outro docente da turma.

Em agosto de 2019 foi realizada novamente a *enquete com os alunos* a fim de obter dados quanto as mudanças em relação ao aprendizado da Física e ao interesse dos alunos pelas aulas quando inseridos os experimentos de demonstração. Notou-se que houve um crescimento significativo quanto ao interesse dos alunos pela Física, alguns conceitos passaram a ser melhor compreendidos pelos alunos e muitos alunos apontaram as aulas com o uso de alguma demonstração como sendo *a aula de Física que mais gostaram*.

4 - COMO USAR O MANUAL

O produto educacional denominado *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física* trata-se de manual que contém 20 demonstrações experimentais simples, organizados por conteúdo no sumário do manual, de fenômenos físicos usando materiais de baixo ou nenhum custo, encontrados facilmente em casa ou na escola.

Por se tratar de uma demonstração, os alunos não precisam necessariamente realizar o experimento, eles podem simplesmente observar o professor que o realiza e acompanhar sua explicação. Isso não impede que os estudantes também realizem o experimento junto ao professor, caso ele prefira. Porém a participação dos alunos será indispensável no momento de análise e questionamentos da demonstração.

Nesta modalidade (experimentos de demonstração) não são necessários relatórios ou procedimentos formais, pois tudo é feito apenas como demonstração para o assunto abordado, de forma que o professor expõe o conteúdo usando sua metodologia junto com a *demonstração* correspondente.

As demonstrações deste manual são constituídas com os objetivos esperados para aquele experimento, a fundamentação teórica para o determinado assunto, os materiais utilizados (sempre muito simples e de fácil acesso) e as propostas de uso em sala de aula contando com alguns questionamentos que podem ser abordados pelo professor. As demonstrações estão dispostas por conteúdo, assim será mais prático encontrá-las facilmente pelo assunto desejado.

Em algumas demonstrações é sugerido o momento em que ficaria melhor apresentá-la na sua aula, por exemplo: antes da explicação do assunto (para instigar a curiosidade), durante a explicação ou após o término da explicação do conteúdo (como forma de verificar ou fixar o mesmo).

Entenda como utilizá-lo:

- ✓ Escolha um conteúdo e procure no sumário do manual de demonstrações um experimento demonstrativo que o represente;
- ✓ Observe nos objetivos e na fundamentação da demonstração se esta contempla suas metas para aula em planejamento;
- ✓ Encontre o material utilizado e observe a montagem e modo de uso da demonstração. Caso necessário, monte o equipamento antes da aula.;
- ✓ Ao planejar sua aula, agregue a demonstração escolhida em algum momento de sua aula, podendo ser realizada antes, durante ou após a explicação do conteúdo;
- ✓ Na proposta de uso da demonstração encontram-se alguns questionamentos que podem servir de base para uma proposta investigativa e interativa com os alunos.

- ✓ Caso prefira, os experimentos demonstrativos podem ser realizados juntos aos alunos fazendo parte de uma aula prática ou trabalho em equipe por exemplo.

5 - CONCLUSÃO

A construção de um manual de experimentos demonstrativos se fez necessário para que se pudesse diminuir as barreiras encontradas pelos professores para realizar aulas experimentais no LDC, já que estes, normalmente, são mal estruturados, pequenos ou nem existem em algumas escolas, além de que, as aulas laboratoriais requerem várias horas de planejamento e tempo pedagógico em sala.

Durante a aplicação do produto, nas rodas de conversa com os alunos, nas reuniões com os professores, foi possível perceber o quanto o manual foi eficiente com sua proposta, melhorando efetivamente o interesse dos alunos pelas aulas de Física e aumentando a compreensão dos conteúdos. Facilitou, também, o planejamento das aulas pelos professores, já que estes podiam contar com um material de fácil acesso e com demonstrações práticas que podiam ser realizadas paralelamente a sua aula. Os professores das escolas envolvidas na aplicação do produto afirmaram ser um material útil e prático e que pretendem continuar fazendo uso dele. Outros professores que não fizeram parte da aplicação do produto também concordaram com a utilidade de um material com essa finalidade e solicitaram um exemplar quando estivesse finalizado.

Vale ressaltar o fato de que as aulas com experimentos de demonstração, propostas por este produto educacional, não substituem as aulas com experimentos laboratoriais, pois estas também têm sua importância no processo de ensino e aprendizagem da Física e suas características específicas devem ser contempladas sempre que possível pelo professor. Porém, as demonstrações são uma alternativa para inserir a experimentação e prática científica ao cotidiano da sala de aula.

O *Manual de Demonstrações Experimentais Simples Para Aulas de Física* não se trata de um produto “acabado” ou finalizado, e sim, em construção, pois existem muitas outras demonstrações simples que podem e devem ser inseridas nele, e provavelmente serão em versões futuras do material. Deseja-se que este produto educacional, fruto deste trabalho, não se restrinja apenas aos professores e conseqüentemente aos alunos da cidade de Aracati, mas sim, que possa auxiliar e

contribuir com a educação e ensino da Física em âmbito nacional, fazendo das aulas de Física um momento agradável, compreensível e de construção de conhecimentos.



**MANUAL DE DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA
AULAS DE FÍSICA**

APÊNDICE D

PRODUTO EDUCACIONAL

**MOSSORÓ – RN
2019**



Universidade Federal Rural do
Semiárido

MANUAL DE DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA AULAS DE FÍSICA

BÁRBARA NICELLE M. FARIAS
ORIENTADORA: JUSCIANE DA C. E SILVA

2019

**MANUAL DE
DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS SIMPLES PARA
AULAS DE FÍSICA**

**BÁRBARA NICELLE M. FARIAS
ORIENTADORA: JUSCIANE DA C. E SILVA
UFERSA - 2019**

BÁRBARA NICELLE M. FARIAS
ORIENTADORA: JUSCIANE DA C. E SILVA
UFERSA - 2019

SUMÁRIO

<u>INTRODUÇÃO</u>	4
 <u>CINEMÁTICA E DINÂMICA</u>	
A CIÊNCIA DAS MEDIDAS.....	6
VELOCIDADE E TRAJETÓRIA.....	9
QUEDA DOS CORPOS.....	13
1ª E 2ª LEIS DE NEWTON: A INÉRCIA E O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....	15
3ª LEI DE NEWTON: AÇÃO E REAÇÃO.....	18
LATA ENERGÉTICA.....	21
<i>MOMENTUM COM BOLAS</i>	24
 <u>HIDROSTÁTICA</u>	
OVO FLUTUANTE.....	27
GARRAFA FURADA.....	30
 <u>TERMOLOGIA E TERMODINÂMICA</u>	
TERMÔMETRO CASEIRO.....	33
DILATAÇÃO E CONTRAÇÃO TÉRMICA.....	37
LÂMINA BIMETÁLICA.....	40

BEXIGA DENTRO DA GARRAFA.....43

ONDAS

VIBRAÇÃO DAS ONDAS.....46

COPOS MÚSICAIS.....48

ÓPTICA GEOMÉTRICA

CÂMERA ESCURA DE ORIFÍCIO.....50

ESPELHOS PLANOS.....53

ESPELHOS ESFÉRICOS.....55

ELETROMAGNETISMO

CABO DE GUERRA ELETROSTÁTICO.....58

CAMPO MAGNÉTICO.....61

LISTA DE IMAGENS.....63

REFERÊNCIAS.....67

INTRODUÇÃO

Apresentação

Este manual contém 20 demonstrações experimentais simples de fenômenos físicos usando materiais encontrados facilmente em sua casa ou no laboratório da escola, capazes de transformar uma aula de Física meramente expositiva em algo mais interessante e motivador para você, professor, e seu aluno, instigando a curiosidade e estreitando os laços entre conteúdo e realidade, além de deixar a aula mais dinâmica.

É comum encontrar cada vez menos alunos encantados pela Física. A aula tradicional não os entusiasma mais, com seus fenômenos físicos apenas vistos nos livros didáticos ou contados pelo professor. Mesmo as aulas práticas no laboratório se tornam pouco atraentes quando são realizadas de forma mecânica e, muitas vezes, com materiais que só serão vistos pelo aluno naquele momento. Sem falar que aulas em laboratório ou de campo, apesar de importantíssimas no processo de ensino e aprendizagem, requerem bastante tempo e planejamento, o que as tornam raras durante o ano letivo. Uma aula sem novidade não desperta a atenção dos alunos. O desafio é fazer com que a maioria das aulas tenham algum fator motivante que desperte a curiosidade dos alunos diariamente.

A *Teoria dos Campos Conceituais* de Vergnaud fala sobre o quanto é preciso ensinar ciências mostrando ao aluno o maior número de *situações* possíveis em que ele pode detectar um conceito, para que este realmente faça parte de seu acervo de conhecimentos. Dessa forma, buscamos a realização de uma aprendizagem significativa, definida por Ausubel.

Uma pesquisa feita em várias escolas da cidade de Aracati, Ceará, mostrou que grande parte dos alunos não gosta de física, pois não sabem a relação que certos fenômenos têm com o dia-a-dia. Outros disseram que até gostam, mas acham as aulas entediantes e é difícil compreender muitos conceitos. Sem falar que a maioria declarou que as aulas de Física das quais mais gostaram foram aulas que envolviam experimentos e práticas, ou como dizem, "*as aulas diferentes*". Mas esta não é uma realidade apenas nesta cidade do Ceará, mas sim de várias outras pelo país, pelo menos é o que mostram outras pesquisas.

Apesar das declarações dos alunos e dos resultados de várias pesquisas é sabido que muitas escolas não dispõem de laboratórios de ciências ou não têm materiais suficientes para realizá-los. Além disso, os professores dificilmente têm tempo para planejarem suas aulas experimentais ou tempo pedagógico em sala para aplicá-las devido à quantidade demasiada de conteúdos no currículo para poucas aulas semanais. Pensando nessa problemática, este manual tem como objetivo ajudar no seu desafio diário com professor de Física, trazendo 20 *ideias* para demonstrações que podem alçar sua aula de Física.

Para que serve o manual

Este manual organiza experimentos simples para demonstrações que podem ser realizadas pelo professor e por seus alunos (se preferir fazer junto a eles) em sala de aula durante a exposição do conteúdo. A demonstração em sala de aula aumenta a curiosidade e motiva o aluno a compreender os fenômenos e conceitos abordados, sem contar que deixa a aula mais interessante e animada.

Nesta modalidade (experimentos de demonstração) não são necessários relatórios ou procedimentos formais, pois tudo é feito apenas como demonstração para o assunto abordado, de forma que você expõe o conteúdo a sua maneira junto com a *demonstração* correspondente.

Por se tratar de uma demonstração, os alunos não precisam necessariamente realizar o experimento junto a você (a não ser que assim deseje), eles podem simplesmente observá-lo acompanhando a explicação do professor. Porém a participação dos alunos será indispensável no momento de análise e questionamentos da demonstração.

É importante salientar que a demonstração não substitui o aprendizado e os benefícios educacionais no processo de ensino e aprendizagem que as aulas práticas e experimentais no laboratório podem proporcionar. As demonstrações servem como suporte para as aulas expositivas de Física ou para aquele momento de estudo domiciliar do aluno.

Como usar o manual

As demonstrações deste manual são constituídas com os objetivos esperados para aquele experimento, a fundamentação teórica para o determinado assunto, os materiais utilizados (sempre muito simples e de fácil acesso) e as propostas de uso em sala de aula contando com alguns questionamentos que podem ser abordados pelo professor. As demonstrações estão dispostas por conteúdo, assim você poderá encontrá-las facilmente pelo assunto desejado, utilizando o sumário.

Aqui não serão encontrados planos de aula ou sequências didáticas, pois a proposta é algo para *somar* ao que você já realiza. Portanto o plano de aula será seu, podendo ser aquele que sempre usou para determinado assunto, mas agora integrando uma demonstração.

Em algumas demonstrações é sugerido o momento em que ficaria melhor apresentá-la na sua aula, por exemplo: antes da explicação do assunto (para instigar a curiosidade), durante a explicação ou após o término da explicação do conteúdo (como forma de verificar ou fixar o mesmo). Mas a escolha é sua, de como irá utilizar a demonstração.

Faça bom proveito do material e bom planejamento de aula.

A CIÊNCIA DAS MEDIDAS

Conteúdo: Introdução à Física
Assunto: Grandezas e Unidades

OBJETIVOS:

- 1) Conhecer e identificar algumas grandezas e unidades;
- 2) Demonstrar a transformação de unidade de tempo e comprimento.

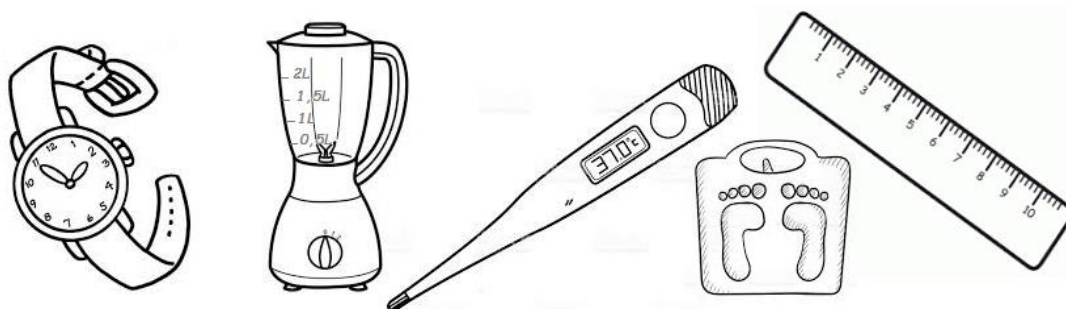


Figura 1: representação de alguns aparelhos que podem ser utilizados para fazer medidas (relógio, copo do liquidificador, termômetro, balança e régua, respectivamente).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

A física é responsável por estudar os fenômenos da natureza e por medi-los. São "grandezas" físicas tudo aquilo que se pode medir. Chama-se de "unidade de medida" uma quantidade (unitária) de certa grandeza, que será padrão para outras medidas da mesma grandeza. As medidas podem ser feitas usando aparelhos específicos, bem como, por vários aparelhos ao nosso redor, como os da figura 1.

MATERIAL UTILIZADO:

- Réguas;
- Trenas;
- Relógios;
- Balança;
- Termômetro;
- Copo de liquidificador (para medir volume);
- Voltímetro (para medir voltagem);
- Dentre outros instrumentos que possam medir alguma grandeza que você possua em casa ou tenha no laboratório da escola.

Obs: Use o máximo de instrumentos de medição que tiver disponível em sua casa ou no laboratório da escola.

PROPOSTA DE USO:

- Deixe a turma, de preferência, em um semicírculo para melhor visualização da aula;
- Diferencie e explique o que são grandezas e unidades, assim como os diferentes aparelhos que realizam tais medições podem exigir o uso de diferentes unidades;
- Com estes materiais faça a demonstração de medidas (usando cada item levado para sala de aula). Ex: coloque uma quantidade de água no copo do liquidificador e mostre que a grandeza que pode ser medida naquele recipiente é o volume (V) e que a unidade dessa grandeza pode ser dada em mililitros (ml) ou o litro (L), por exemplo. Use a balança para medir a massa de um dos alunos ou de um livro e explique que a grandeza medida neste caso é a massa (m) e a unidade pode ser o quilograma (kg) ou grama (g). Use os demais objetos que tenha levado para sala da mesma forma.
- Com a fita métrica (ou trena), meça a altura de algum aluno da classe como na figura

2;



Figura 2: A professora faz a medida da altura do aluno com uma trena.

- **ATENÇÃO:** Peça para que os alunos anotem no caderno os valores e as unidades das medidas realizadas na demonstração;
- Explique sobre as transformações de unidades. Ex: de quilômetro (km) para metro (m) e de metro para centímetro ou polegadas; de minutos em horas ou em segundos,

de litro (L) para mililitro (ml), enfim, use algumas das unidades das grandezas utilizadas na demonstração;

DICA: apresente as relações métricas, múltiplos e submúltiplos do metro.

- Use uma tabela do SI para mostrá-los as Unidades do Sistema Internacional de Unidades. Pode ser feita no quadro, usando as grandezas demonstradas em aula e algumas outras, como na Tabela 1;

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
Comprimento	Metro	m
Tempo	Segundo	s
Volume	metro cúbico	m ³
Massa	Quilograma	kg
Temperatura	Kelvin	K

Tabela 1: Sistema Internacional de Unidades

- Pergunte aos alunos:

- Qual a altura do colega de vocês em centímetros? E em polegadas?
- Qual o valor do volume do líquido colocado no liquidificador? Qual seria esse volume em outra unidade?

R = Caso a unidade utilizada tenha sido o litro, peça para que transformem em mililitro. Caso tenha sido o mililitro, peça para que transformem em litro.

- Qual o tempo da aula de Física?
- Como seria o tempo dessa aula em unidades do SI?

R = (por exemplo)

50 minutos = 50×60 segundos = 3000 segundos.

1 hora e 40 minutos = 60 min + 40 min = 100 min = 100×60 segundos = 6000 segundos

- Qual a massa do livro colocado na balança? Caso esteja em quilogramas, quanto seria em gramas? Caso esteja em gramas, quanto seria em quilogramas?
- A quantos quilômetros a escola está de sua casa? Quanto seria isso em metros?

VELOCIDADE E TRAJETÓRIA

Conteúdo: Movimento Uniforme
Assunto: Velocidade e a função horária

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar o conceito de velocidade média e sua relação com tempo e o espaço;
- 2) Fazer conversões das unidades de velocidade.



Figura 1: Ao andar de bicicleta, a velocidade mante-se praticamente constante.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O Movimento Uniforme (MU) é o movimento cujo módulo da velocidade se mantém constante. Percebemos o MU, por exemplo, no movimento de um elevador, da escada rolante, ou mesmo ao andar de bicicleta, como na figura 1, pois a velocidade mantém-se praticamente a mesma. Na partida de um carro, ou em sua frenagem, os movimentos não são uniformes, pois necessitaram de uma mudança na velocidade.

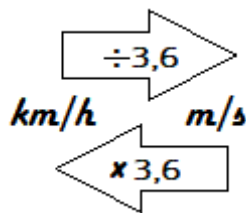
A trajetória de um movimento é o caminho percorrido pelo móvel ao se deslocar. Chamaremos de posição (S) cada ponto dessa trajetória. Quando o móvel vai de uma posição para outra, a variação dessa posição é interpretada como *deslocamento* (ΔS), ou seja, o deslocamento é dado pela diferença entre a posição final (S_F) e a posição inicial (S_I). Neste caso será considerada as direções e sentidos do movimento, logo se um móvel sai de uma posição A e retorna para a mesma posição no final, ele não terá sofrido um "deslocamento" no final das contas, pois o $S_F = S_I$. A "velocidade média" de um corpo é dada pela razão entre o seu deslocamento e o tempo gasto no percurso. A relação entre essas duas grandezas é dada pela equação (eq.1):

$$v = \frac{\text{Deslocamento}(\Delta S)}{\text{Tempo}(\Delta t)} \quad (\text{eq.1})$$

Em algumas situações, o cálculo dessa velocidade é feito sem considerar as direções e sentidos do movimento, levando-se em conta apenas a "distância percorrida" pelo móvel. Por exemplo, se você anda de bicicleta em uma praça circular e deseja medir sua velocidade em uma volta completa, você não vai levar em consideração o "deslocamento", pois sua velocidade será **zero**, já que sua posição final será igual à inicial. Neste caso você usará a "distância percorrida" em uma volta. Portanto, a velocidade pode ser interpretada como uma "taxa de distâncias pelo tempo" (eq.2):

$$V = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{intervalo de tempo}} \quad (\text{eq.2})$$

As unidades de velocidade serão adotadas de acordo com as unidades utilizadas para o espaço e tempo em cada situação. No SI, a unidade adotada será o *m/s*, enquanto no dia-a-dia é mais comum a unidade *Km/h*. Para se converter de *m/s* em *Km/h*, ou verse e versa, pode-se utilizar um método simples, observado abaixo:



Por exemplo:

Para transformar 90 km/h em m/s, basta dividir 90 por 3,6. Logo 90 km/h = 25 m/s.

MATERIAL UTILIZADO:

- Uma trena (ou várias);
- Uma bicicleta (pode ser pedida à um aluno no momento da aula);
- Um cronômetro (pode ser o usado o cronômetro do celular).

PROPOSTA DE USO:

- Divida a turma em trios e garanta que cada grupo possua o formulário 1 (anexo no final dessa demonstração), copiado ou uma cópia entregue com antecedência;

- Após concluir os conceitos de velocidade média e conversão de unidade de velocidade, leve a turma para um ambiente espaçoso da escola (Ex: A quadra esportiva) e divida-a em trios;
- Neste local o professor divide e determina quais as trajetórias cada grupo deve percorrer e como irá percorrer. Por exemplo: a equipe 1 deve usar a trajetória retangular em volta da quadra e deve percorrê-la de bicicleta; a equipe 2 deve usar o círculo central da quadra como trajetória e deve percorrê-lo pulando com uma perna; etc.;
- Cada grupo deverá preencher o formulário com as informações pedidas, tais como: desenho e distância da sua trajetória;
- Cada integrante do grupo fará o percurso uma vez anotando os devidos intervalos de tempo na tabela 1 do formulário.
- Calcule a velocidade média de cada integrante do grupo e anote na tabela 2;
- Preencha os outros dados do formulário.
- Questione-os:
 - Qual a equipe que desempenhou a maior velocidade?
 - O deslocamento realizado na sua trajetória é igual a distância percorrida? Explique.
R = No caso das equipes que utilizaram uma trajetória circular ou retangular, por exemplo, na qual os integrantes terminavam o percurso onde haviam iniciado, o deslocamento seria igual à zero. Mas nos casos, onde os integrantes iniciavam num ponto da trajetória e finalizava em outro ponto (posição), o deslocamento seria diferente de zero, podendo ser igual à distância percorrida.
 - Para calcular a velocidade dos integrantes da sua equipe foi utilizado a fórmula da velocidade com o conceito de "deslocamento" ou de "distância percorrida"? Por quê?
R = Distância percorrida, pelo mesmo motivo explicado anteriormente.

ANEXO 1:

FORMULÁRIO DA VELOCIDADE

1- Desenhe a trajetória do seu grupo (ex.: linha reta, círculo, retângulo, etc.):

2- Qual a distância (tamanho) dessa trajetória? (Use uma trena)

3- Escolha 3 integrantes do seu grupo para percorrer a trajetória da forma indicada pelo professor.

4- Marque o tempo em segundos que cada colega gastou e escreva-os na tabela 1 abaixo:

T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)

5- Calcule a velocidade de cada colega e escreva na tabela 2 abaixo: (Use: $V = S/t$)

V1 (m/s)	V2 (m/s)	V3 (m/s)

6- Faça a média aritmética das velocidades obtidas:

7- Qual o valor dessa velocidade em Km/h?

QUEDA DOS CORPOS

Conteúdo: Mecânica
Assunto: Movimento Vertical

OBJETIVO:

- 1) Identificar as características de um movimento de queda livre;
- 2) Compreender quais os fatores de uma queda livre influenciam na rapidez da descida.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O movimento de **queda livre** é aquele no qual o corpo é *abandonado* - inicialmente está em repouso - de uma certa altura em relação ao solo. A força que atua neste corpo é a força da gravidade, ou seja, o **peso do corpo**. Neste movimento é necessário desprezar as forças de resistência.



Figura 1: paraquedistas em queda livre

É muito comum as pessoas presenciarem situações com queda de corpos. E por ser algo tão corriqueiro que todos fazem análises intuitivas a respeito desse movimento. Mas foi Galileu quem realizou simples experimentos, porém, com um olhar mais crítico, que mudaram esse pensamento intuitivo sobre a **queda de corpos**. Ao abandonar, do alto de uma torre, duas pedras de tamanhos e massas bem diferentes (uma leve e outra bem mais pesada) simultaneamente, ele verificou que as duas atingiam o solo ao mesmo tempo. Usando outros materiais, Galileu percebeu que alguns sofriam uma pequena diferença de tempo de descida em relação a outros, mas que não havia relação com seu *peso*, e sim com o formato e conseqüentemente com a influência da resistência do ar. Por exemplo, um paraquedista com seu paraquedas aberto ou fechado (figura 1) possuem a mesma massa, porém, ao abrir o paraquedas a velocidade de descida diminui bastante.

MATERIAL UTILIZADO:

- Folha de papel;
- Livro.

PROPOSTA DE USO:

- Deixe cair um livro e uma folha de papel simultaneamente da mesma altura. Verifique qual desses objetos atinge o solo primeiro;
- Questione os alunos:
 - Por que isso aconteceu?
R = Provavelmente os alunos iram responder que o livro caiu primeiro por ser mais pesado.
- Coloque a folha de papel sobre o livro e deixe-os cair novamente e questione-os:
 - Como podemos explicar isso (os dois caíram simultaneamente)?
R = Escute as respostas. Alguns alunos poderão começar a compreender o fenômeno.
- Agora, amasse o papel até moldá-lo em uma bola bem apertada e, novamente, deixe-o cair junto com o livro, como mostra a figura 2. Em seguida questione os alunos:
 - Como podemos explicar isso (os dois caíram simultaneamente)?
R = Escute as respostas. Alguns alunos poderão começar a compreender o fenômeno.
 - Vocês notaram quais os fatores que influenciam no tempo da queda dos corpos?
R = Formato do objeto e a resistência do ar.
 - Em que condições esses fatores não influenciariam no tempo de queda de um corpo?
R = No vácuo.



Figura 2: O livro e a bolinha de papel são abandonados simultaneamente.

1ª E 2ª LEIS DE NEWTON: INÉRCIA E O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Conteúdo: Mecânica
Assunto: Leis de Newton

OBJETIVO:

- 3) Demonstrar a 1ª lei de Newton;
- 4) Demonstrar a 2ª lei de Newton.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

As leis de Newton fundamentam os estudos do comportamento estático e dinâmico dos corpos materiais. São três: *O princípio fundamental da Inércia; O princípio fundamental da dinâmica; e o princípio da Ação e Reação.* A primeira lei, conhecida como Lei da Inércia, pode ser enunciada da seguinte forma:

"Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula, esse corpo permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme"

Nessa lei, Newton explica que os corpos tendem a permanecer em um estado

"natural" infinitamente, até que uma força resultante não nula atue nesse corpo forçando-o a mudar esse estado. O estado "natural" é denominado *estado inercial*, podendo ser o *repouso* ou o *movimento retilíneo e uniforme (MRUV)*.



Figura 1: Demonstração da 1ª Lei de Newton.

A 2ª lei de Newton diz que a Força é sempre diretamente proporcional ao produto da aceleração de um corpo pela sua massa, ou seja:

$$F = m \cdot a \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

F = é força resultante de todas as forças que agem sobre o corpo;

m = é a massa do corpo a qual as forças atuam;

a = é a aceleração adquirida.

A unidade de força, no sistema internacional, é o N (Newton), que equivale a kg.m/s^2 (quilograma metro por segundo ao quadrado).

Quando aplicamos uma mesma força em dois corpos de massas diferentes observamos que elas não produzem aceleração igual. Por exemplo na figura 2, se o homem não estivesse dentro do carro a força que a mulher e o menino exercem sobre ele causaria uma aceleração maior.



Figura 2: A força resultante do garoto e da mãe empurrando o carro.

MATERIAL UTILIZADO:

- Uma garrafa cheia de água;
- Um pano de prato.
- Uma cadeira com rodinhas;
- 2 alunos (com "pesos" bem diferentes);
- 1 aluno para empurrar.

PROPOSTA DE USO:

- A primeira demonstração deve ser feita antes da explicação das Leis, instigando a curiosidade do aluno;
- Coloque o pano esticado sobre a mesa e a garrafa sobre o pano como mostra a figura 1;
- Peça para que os alunos observem atentamente e puxe o pano rapidamente;
- A garrafa não sairá do lugar onde foi colocada mesmo com a retirada do pano;
- Questione os seus alunos sobre: (as respostas podem estar erradas, mas deixe-os comentar o que acham. Durante a explicação na sua aula use o exemplo da demonstração e pós a explicação faça comparações e refaça as perguntas);
 - Por que a garrafa não saiu do canto?
R = (as respostas dadas pelos alunos podem ser diversas) Inércia.
 - Se a garrafa estivesse vazia, o resultado seria o mesmo?

R = Poderá sim, porém a garrafa vazia exerce menos força sobre a mesa, e assim terá menos atrito, o que faz com que ela reaja a forças menores, podendo mexer-se com mais facilidade.

- Onde mais percebemos algo parecido no cotidiano?

R = Exemplo: arrancadas de carro, moto, etc., onde ao partir nosso corpo tende a permanecer em repouso e temos a sensação de que fomos puxados para trás.

- Após a demonstração e a exposição da Lei da Inércia, use exemplos que demonstrem que um corpo em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme como na figura 3, ou quando o carro freia e nosso corpo é lançado para frente, daí a importância do uso do cinto de segurança.



Figura 3: Quando o cavalo breca o homem é lançado para frente.

- A segunda demonstração deve ser feita após a explicação da segunda lei de Newton;
- Peça para que o aluno menor sente na cadeira de rodinhas;
- Um dos alunos empurrará a cadeira;
- Coloque a cadeira no mesmo local e peça para que o aluno maior se sente nela;
- Novamente, o mesmo aluno deverá empurrar a cadeira tentando fazer com que ela chegue ao mesmo local da primeira;
- Questione os seus alunos sobre:
 - Em qual das situações ele precisou exercer mais força? Por quê?
R = Na segunda, pois quanto mais massa, maior a força.
 - Se a força exercida tivesse sido igual, qual das duas situações aumentaria a velocidade mais rápido, ou seja, em qual das situações haveria maior aceleração?
R = Na primeira, pois quanto menor a massa, sendo a mesma força, maior a aceleração.

Obs: Se poder utilizar duas cadeiras de rodinhas ao mesmo tempo, peça para que os alunos sejam empurrados ao mesmo tempo.

3ª LEI DE NEWTON: AÇÃO E REAÇÃO

Conteúdo: Mecânica
Assunto: Leis de Newton

OBJETIVO:

Demonstrar a aplicação da 3ª lei de Newton.



Figura 1: Carrinho movido a ação e reação.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Toda força (ação) que atua sobre um corpo, faz surgir uma outra força (reação) com a mesma intensidade e direção, porém em sentido contrário. Essas forças não se anulam, ou seja, não se equilibram, pois são aplicadas em corpos diferentes. Por exemplo, com se pode ver na figura 2, o jatinho empurra o ar para trás e o ar empurra o jatinho para frente.



Figura 2: O jatinho empurra o ar para trás com o motor e o ar empurra o jatinho para frente como reação.

MATERIAL:

- 5 tampas de garrafa;
- 2 canudos;
- 2 canetas;
- Cola quente ou cola branca;
- Papelão;
- Fita adesiva;
- Balão;
- Elástico.

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, acompanhando a montagem junto com o professor.

MONTAGEM:

1. Retire o tubinho interno das canetas (parte que fica a tinta), eles serão os eixos das rodas do carrinho;
2. Corte os canudos de forma que fiquem menores que tubinho da caneta em 4 cm, eles serão os suportes dos eixos;
3. Coloque cada tubinho dentro de um canudo, de forma que fique 2 cm para cada lado;
4. Recorte um chassi para o carrinho com papelão, e envolva com fita adesiva para não rasgar. Faça-o com uma largura de uns 2 cm menor que o tamanho do canudo, e fixe os suportes das rodas (canudos) no chassi com a fita, como mostra a figura 3;



Figura 3: Chassi de papelão envolvido com fita adesiva e suportes fixados.

5. Faça um pequeno furo no centro de 4 das tampas de garrafa e encaixe o eixo. Se achar necessário fixe-as com cola;
6. Cole a outra tampa no chassi, como na figura 4;



Figura 4: Tampa para apoiar o balão colada.

7. Usando um dos tubos externos da caneta, encaixe a boca do balão na ponta do tubo e fixe-o com o elástico, como na figura 5;



Figura 5: chassi de papelão envolvido com fita adesiva e eixos fixados.

8. Cole a outra extremidade do tubo da caneta na tampa de modo que fique uma parte para fora do carrinho, como mostra o carrinho pronto na figura 1;

PROPOSTA DE USO:

- Encha o balão, assoprando pelo tubo da caneta;
- Pergunte aos seus alunos:
 - Após soltar o carrinho, ele irá andar?
 - Para qual direção? Por quê?
- Solte-o e veja que ele se moverá.
- Questione os alunos sobre:
 - O que fez o carrinho se mover nesta direção?

R = O carrinho se moveu para o lado em que se encontra o balão, pois o ar que é lançado pelo tubo da caneta exerce uma força contrária, empurrando o carrinho para frente

LATA ENERGÉTICA

Conteúdo: Mecânica

Assunto: Conservação da Energia Mecânica

OBJETIVO:

5) Identificar um sistema de armazenamento de energia mecânica.



Figura 1: Carrinho de fricção movido a transformação da energia elástica em cinética.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Num sistema isolado a soma das energias potencial e cinética dos corpos que o compõem são conservadas, já que toda a energia existente está se transformando de uma modalidade em outra, como ocorre nos carrinhos de fricção (figura 1), onde a energia elástica é acumulada e transformada em energia cinética. Essa soma das energias do sistema isolado é chamada de *energia mecânica* (E_{mec}). Sendo assim, num sistema isolado, onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a potencial podem variar, mas sua soma, a energia mecânica E_{mec} do sistema, não variam".

MATERIAL UTILIZADO:

- Uma lata com tampa;
- Um elástico (do tipo comum de borracha);
- Um parafuso grosso e bastante pesado, com porca, ou qualquer objeto pequeno e pesado;
- Dois palitos de fósforo;
- Fita adesiva.

MONTAGEM:

1. Faça um furo bem no meio da tampa da lata e outro no fundo.
2. Rosqueie a porca por completo no parafuso, caso use o parafuso;
3. Faça um laço no meio do elástico e prenda o "pé" do parafuso nesse laço, como mostra a figura 2. Caso use um outro objeto pesado, prenda-o de forma que fique pendurado como o parafuso da figura 2. A intenção é deixar um objeto de peso razoável pendurado no centro da lata pelo elástico.
4. Passe uma extremidade do elástico em um dos furos da lata e a outra extremidade no outro furo e prenda o elástico com os palitos de fósforo, ficando o parafuso com a porca no centro da lata, como na figura 2.
5. Prenda os palitos de fósforo com a fita adesiva.

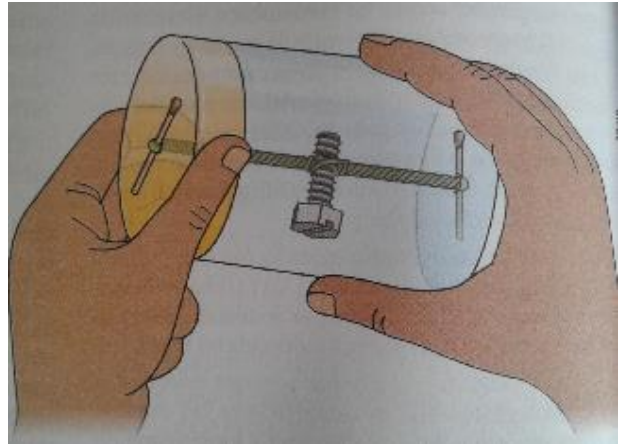


Figura 2: interior da lata com o parafuso preso no elástico

PROPOSTA DE USO:

- Coloque a lata em uma superfície horizontal e empurre-a, para que role;
- Observe o que acontece e questione os alunos:
 - Por que isso aconteceu?
R = As respostas podem ser variadas (dependerá do momento de realização da demonstração, se antes, depois ou durante a explicação do conteúdo. A lata voltará, pois ao rolar para frente, o peso do parafuso faz com que ele permaneça voltado para baixo, assim, o elástico enrola e acumula energia elástica. Quando a lata para de rolar para frente o elástico voltará para sua posição de equilíbrio (desenrolará) fazendo com que a lata role de volta para trás.
 - Quais os tipos de transformação de energia envolvidos nessa situação?
R = Energia cinética em potencial elástica e potencial elástica em cinética.
- Agora, coloque a lata em uma superfície um pouco inclinada, sem empurrar, apenas solte e observe.
- Questione os alunos:
 - Como podemos explicar dessa vez (a lata desce pela rampa e depois sobe novamente)?

R = Escute as respostas. Mais uma vez o que ocorre é a conservação de energia.

- Dessa vez, quais as transformações de energia ocorrem nessa situação, já que a lata não foi impulsionada?

R = Nesse caso, a energia gravitacional se transforma em energia cinética que se acumula em forma de energia elástica. Em seguida, a energia elástica se transforma em cinética para que a lata suba, até se transformar e se acumular novamente em forma de energia gravitacional.

MOMENTUM DAS BOLAS

Conteúdo: Mecânica
Assunto: Momento Linear

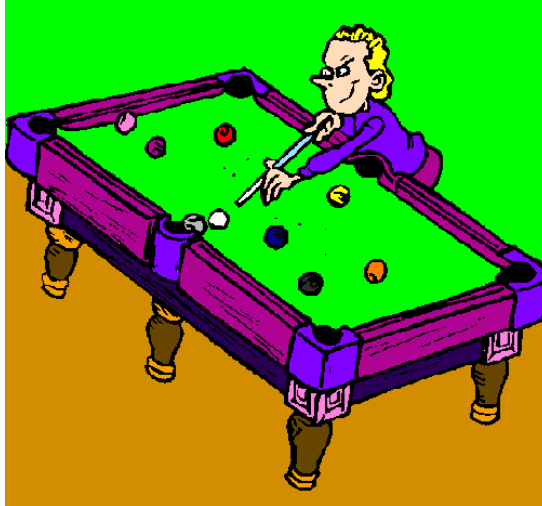


Figura 1: No jogo de bilhar a bola branca é usada para transferir movimento para as outras bolas.

OBJETIVOS:

Demonstrar a conservação do momento linear e a relação entre massa e velocidade.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O *momento linear*, ou simplesmente *Momentum* (\vec{p}), é uma grandeza vetorial que relaciona a massa (m) de uma partícula com sua velocidade (\vec{v}), de acordo com a relação abaixo:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (\text{eq. 1})$$

Essa grandeza física torna possível estudar as transferências de movimento de um corpo para outro, como num jogo de bilhar, mostrado na figura 1. Em um sistema fechado a quantidade de movimento (momento linear) se conserva.

MATERIAL:

- Duas bolas de tamanhos e massas bem diferentes (Ex.: Uma bola de basquete e outra de tênis; uma bola de futebol e outra de ping-pong, etc.)

PROPOSTA DE USO:

- Coloque a bola de tênis (mais leve) sobre a bola de basquete (mais pesada) e segurando as duas na altura do peito, solte-as juntas, como mostra a figura 2;



Figura 2: Bola de tênis sobre a bola de basquete na altura do peito.

- Veja o que acontece ao soltar o conjunto na figura 3;

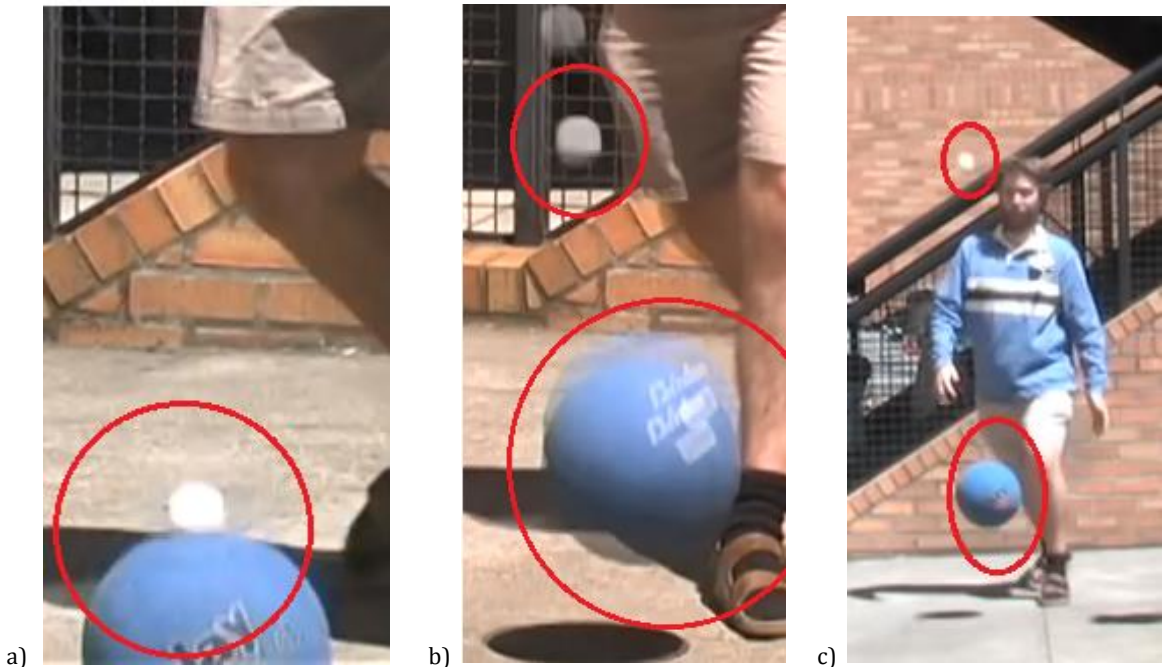


Figura 3: (a) Momento em que a bola de basquete toca o solo. (b) Momento em que as bolas iniciam sua subida. (c) Momento em que a bola de tênis atinge uma altura bem maior que a de basquete.

- Questione seus alunos sobre:

- Por que a bola de tênis atinge uma altura bem maior que a de basquete?

R = O momento linear de um sistema é uma grandeza física que se conserva. Portanto, se deixarmos colidir uma bola de basquete (massa grande) com uma bola de tênis (massa pequena) após a colisão a velocidade da bola de tênis será muito maior que a velocidade da bola de basquete.

- Podemos relacionar esta situação com uma batida entre automóveis? Por exemplo, entre dois carros ou entre um carro e uma moto.

R = Sim. Numa colisão entre dois carros, como as massas são aproximadamente iguais eles devem atingir velocidades parecidas após a colisão. Sendo uma moto e um carro, como a moto tem massa bem menor deverá atingir uma velocidade maior após a colisão.

- Como a perícia pode utilizar essa grandeza para desvendar os momentos cruciais de um acidente?

R = Usando os conhecimentos de relação entre massa e velocidade, entre outros fatores importantes, a perícia pode chegar a conclusões sobre quem estava acima da velocidade no momento da colisão, ou quem estava na mão correta, ou mesmo quem capotou mais vezes, etc.

OVO FLUTUANTE

Conteúdo: Hidrostática

Assunto: Densidade

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar a relação da densidade com o fato de afundar ou flutuar (figura 1);
- 2) Demonstrar as diferentes densidades dos líquidos;
- 3) Demonstrar a relação da densidade com a massa e o volume.

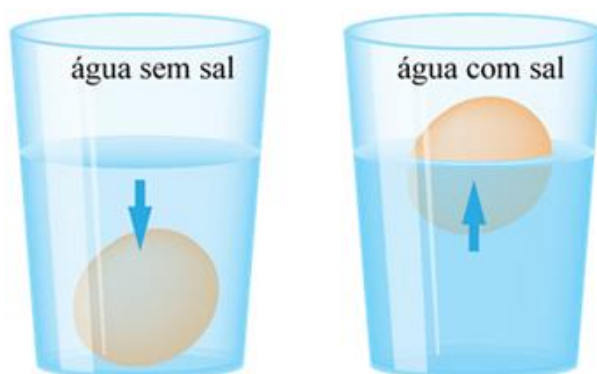


Figura 1: Representação do ovo imerso em água sem sal (à esquerda) e em água com sal (à direita).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Densidade é a relação entre a **massa** e **volume** de uma substância. O cálculo da densidade é feito pela divisão da massa do objeto por seu volume.

$$d = \frac{m}{v} \quad (\text{eq.1})$$

A densidade da água doce é de **1,0 g/cm³** (uma grama por centímetro cúbico). Cada substância tem certa densidade. Por exemplo: Ao colocarmos um material dentro de um recipiente contendo água, sendo que esse material possua densidade maior do que a da água, o material afunda. Caso contrário ele flutuará.

MATERIAL:

- Garrafa com água;
- Óleo;
- 1 ovo cru;
- Álcool;
- Sal;
- 3 copos grandes.

PROPOSTA DE USO:

- Para explicar o que representa a densidade, coloque água no copo quase até a metade;

- Depois despeje álcool lentamente pelas laterais, de modo que não se misture com a água;

- Goteje lentamente o óleo no recipiente;
- O óleo ficará flutuando no meio do copo, entre a água e o álcool, como na figura 2;



Figura 2: Representação das bolhas de óleo entre a água e o álcool.

- Questione os alunos sobre:

- Por que o álcool ficará no meio do copo?

R = A água, por ser a mais densa entre os três, ficará no nível mais baixo da garrafa, já o álcool, por ser o menos denso, ficará acima do nível da água (flutuando), já o óleo, por ser mais denso que o álcool e menos denso que a água ficará entre os dois. Como a água e o álcool são transparentes, tem-se a impressão de que ele está flutuando no meio da garrafa.

- Em seguida, para explicar a relação entre massa e volume, mergulhe o ovo no copo com água, mas antes de fazê-lo, pergunte aos alunos se o ovo irá afundar ou flutuar e por quê;

- Coloque o ovo dentro do copo com água, e questione os alunos sobre:

- Por que o ovo afundou?

R = O ovo afunda pois ele é mais denso que a água (por volta de $1,2\text{g/cm}^3$)

- O que se pode fazer para que o ovo flutue?

Obs: a resposta virá com o restante da demonstração.

- Adicione sal aos poucos e mostre aos alunos que o ovo vai mudando sua posição e começa a flutuar, como visto anteriormente na figura 1;

- Questione-os:

- Por que isso acontece?

R = isso acontece devido ao aumento da densidade da água. Quando misturada com sal sua massa aumenta tornando sua densidade maior.

- Use o exemplo: O *Mar Morto*, que na verdade é um grande lago na região do Oriente Médio, é famoso, além de outros aspectos, por ser fácil flutuar sobre suas águas devido à alta concentração de sal, chegando a ser 10 vezes maior que nos demais oceanos. Veja na figura 3, a mulher ler seu livro flutuando sem esforço sobre as águas do *Mar Morto*.



Figura 3: Turista flutuando tranquilamente nas águas do Mar Morto.

GARRAFA FURADA

Conteúdo: Hidrostática
Assunto: Pressão nos líquidos

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar a relação da pressão exercida por um líquido com a profundidade;
- 2) Compreender as grandezas envolvidas para determinar a pressão num ponto de um líquido;
- 3) Perceber o assunto em diferentes situações.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Quando um líquido contido em um recipiente aberto está em repouso, um ponto localizado em seu interior é pressionado pela coluna líquida acima dele, que também é pressionado pela atmosfera, como podemos ver na figura 1. A soma dessas duas pressões (P_{atm} = pressão da atmosfera e $P_{líq}$ = pressão exercida pela coluna do líquido acima do ponto) será a pressão total (P_{total}) exercida nesse ponto do líquido.

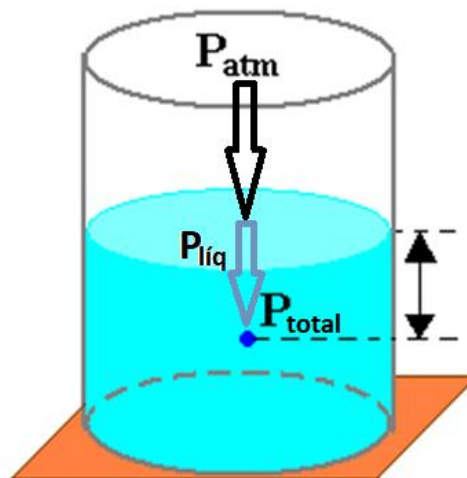


Figura 1: Representação da pressão total exercida em um ponto de um líquido, sendo a junção da pressão atmosférica com a pressão da coluna de líquido acima do ponto.

Dessa forma, pode-se calcular a pressão em um ponto do líquido com a expressão:

$$P_{total} = P_{atm} + P_{líq}$$

Portanto, a pressão total em qualquer ponto desse líquido, considerando que no local a pressão atmosférica é considerada constante, dependerá da profundidade do ponto (h = altura ou profundidade). Imagine que precise mergulhar 2m de profundidade em uma piscina, até aí tudo

bem. Mas se estivesse afundando em 2m de profundidade em um lago de piche, como os personagens da série "Perdidos no espaço" da figura 2, seria bem mais difícil.



Figura 2: Cena da série "Perdidos no espaço" onde o carro com dois personagens está afundando em um lago de piche num planeta desconhecido.

Então, a pressão de um líquido dependerá, além da profundidade, da densidade do líquido (ρ) e da gravidade no local, como percebemos na equação:

$$P_{\text{líq}} = \rho gh$$

Muitos mergulhadores relatam que sentem dor no ouvido quando mergulham muito fundo, isso ocorre devido às altas pressões em águas profundas, que "esmagam" o tímpano, uma pelezinha fina que pertence ao sistema auditivo, podendo causar muitas dores. Esse é um dos efeitos causados pela pressão em um pondo de um líquido.

MATERIAL:

- Recipiente com água;
- Uma garrafa pet grande;
- Uma travessa ou bacia;
- Um objeto com ponta para furar a garrafa.

PROPOSTA DE USO:

- Ao iniciar a aula, fure a garrafa em 3 pontos de alturas diferentes e coloque a água dentro dela, como mostra a figura 3;

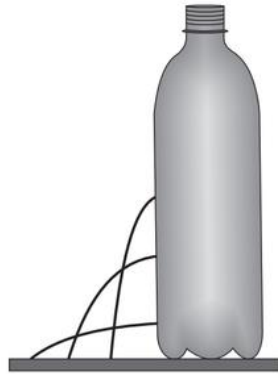


Figura 3: Representação do fluxo de água pelos furos com a garrafa destampada.

- Tampe-a. Ela vai parar de vazar água pelos furinhos. Pode acontecer de ficar vazando um pouco, por isso deixe-a dentro de uma travessa ou bacia;
- Questione os alunos:
 - Por que, quando a garrafa estava tampada, os furinhos não vazavam? (Caso não haja vazamento pelos furos quando a garrafa estava tampada)
R = Com a garrafa tampada a pressão atmosférica não interfere na pressão do líquido, e nesse caso era igual a ele. Dessa forma a pressão que empurra o líquido para fora da garrafa (pressão do líquido) era igual a pressão que empurra o líquido para dentro dela (pressão atmosférica), ficando em equilíbrio. (Não espere que os alunos respondam corretamente antes de explicar o fenômeno)
 - Por que, vocês acham que aumentou o fluxo de água ao abrir a tampa da garrafa?
R = Isso ocorre por que, ao destampar a garrafa, a pressão atmosférica passa a fazer efeito sobre a água, aumentando a pressão em cada ponto do líquido, no caso, em cada furo. (Não espere que os alunos respondam corretamente antes de explicar o fenômeno).
- Em seguida, explique como a pressão no ponto de um líquido pode ser medida. Explique a relação da pressão com a profundidade e com a atmosfera;
- Questione-os novamente com a(s) pergunta(s) anterior(es) e em seguida, faça outras perguntas como:
 - Em qual furinho a água sai com maior velocidade ou mais força? Por quê?
R = No Último furinho, como vemos na figura 3. Isso ocorre porque o furinho mais baixo é o que está mais profundo, então a pressão nele será maior.
 - Em que situação do nosso cotidiano percebemos esses conceitos?
R = Dor no ouvido ao mergulharmos, o rompimento de barragens na sua parte inferior, falta de pressão da água de torneiras em lugares mais altos, etc.

TERMÔMETRO CASEIRO

Conteúdo: Termologia

Assunto: Termômetros e escalas termométricas arbitrárias

OBJETIVOS:

- 1) Demonstrar a relação entre dilatação (expansão) ou contração de um gás com a temperatura;
- 2) Demonstrar o que seria uma escala termométrica arbitrária (criada a partir do termômetro caseiro, como na figura 1) e realizar sua conversão para a escala celsius.

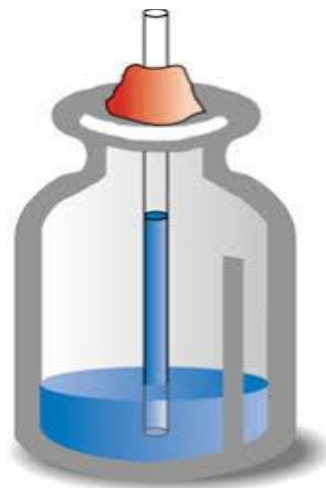
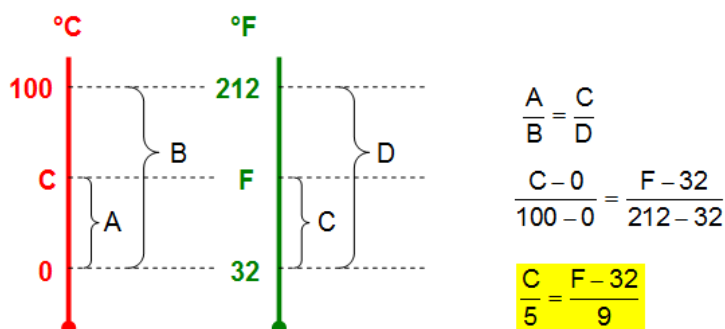


Figura 1: Representação de um Termoscópio caseiro.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

A termometria é a parte da Física que estuda os fenômenos que envolvem variações de temperatura. O termômetro é o instrumento mais usado na termometria, pois com ele é possível medir tais variações. A temperatura, por sua vez, é a medida do grau de agitação das partículas de um corpo. Essa medida é feita de forma indireta pelo termômetro, o qual usa grandezas que variam proporcionalmente à temperatura, como por exemplo a dilatação térmica.

Para se fazer a conversão entre escalas termométricas é necessário adotar ao menos dois **valores de referência**. Comparando esses valores de referência em um esquema simples, visto logo abaixo, pode-se perceber que as variações de temperatura são proporcionais ($A \propto C$ e $D \propto E$), podendo assim representar a conversão por uma expressão matemática.



MATERIAL:

- Garrafa pet pequena (500 ml) transparente;
- Canudo longo e transparente;
- Álcool ou água;
- Corante (de comida);
- Massinha de modelar (ou veda rosca);
- Tesoura com ponta (ou algo para furar a tampa da garrafa);
- Régua
- Caneta piloto permanente (ponta fina);
- Termômetro graduado na escala Celsius;
- Formulário (Anexo 1) para cada aluno ou para cada grupo de alunos.

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, acompanhando a montagem junto com o professor.

MONTAGEM:

1. Retire a tampa da garrafa e fure-a de forma que o canudo encaixe e passe pelo furo;
2. Coloque 5 a 6 cm de álcool (ou água) na garrafa. Em seguida pingue algumas gotas de corante para colorir o álcool (ou água) e todos possam visualizá-lo;
3. Faça marcações (tracinhos) de 1 cm de distância entre eles no canudo inteiro com a caneta esferográfica. Escolha uma das extremidades do canudo e comece a enumerar os tracinhos a partir do -3. (Ex: -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5,... até preencher todo o canudo).
4. Depois, tampe a garrafa com a tampa e o canudo colocado no furo de forma que o tracinho com o número 0 (zero) fique no nível do líquido como visto na figura 3;
5. Para que o ar de dentro não escape ao expandir é necessário que a garrafa esteja bem vedada. Para isso use a massinha de modelar;
6. Certifique-se que a garrafa está vedada, dando um pequeno sopro pelo canudo. O ar que entra empurra o líquido para fora que subirá um pouco pelo canudo. Se houver vazamento o líquido voltará para o nível, mas se estiver vedada o líquido permanecerá na altura que subiu no canudo, só descendo se a temperatura do ambiente diminuir.

PROPOSTA DE USO:

- Entregue para cada aluno (ou grupo) um formulário. Este também pode ser enviado ou escrito no caderno com antecedência;
- Mostre a relação entre a expansão do ar e o aumento na altura da coluna de líquido (no canudo). Aproximando sua mão do termoscópio, demonstre que, devido ao aumento da temperatura do ar dentro da garrafa (calor do seu corpo), ele expande empurrando o líquido que sobe pelo canudo;
- Com o termômetro graduado em Celsius verifique a temperatura dentro da sala de aula e fora dela (em uma área preferencialmente ensolarada, como visto na figura 2) e anote na tabela do formulário;
- Peça para que os alunos anotem na tabela do formulário o valor dessas temperaturas dadas pela escala do termômetro construído;



Figura 2: Alunos usando o termoscópio em um ambiente externo.

➤ Questione-os sobre:

- Como esse termômetro funciona?

R = Quando a temperatura aumenta, o ar expande empurrando o líquido que sobe pelo canudo. Quando a temperatura diminui, o ar contrai-se e o líquido desce pelo canudo para ocupar o espaço deixado pelo ar.

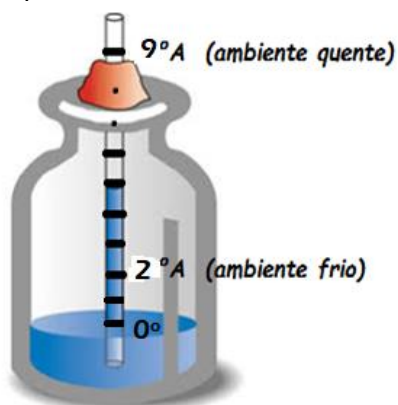


Figura 3: Representação de um Termômetro caseiro com escala arbitrária

ANEXO 1:

FORMULÁRIO PARA TERMÔMETRO CASEIRO

1- Preencha a tabela com os dados obtidos:

	Temperatura da sala	Temperatura da área externa
Escala Celsius		
Escala arbitrária		

2- Qual seria uma equação de conversão entre essas escalas?

3- Faça a conversão para essa escala arbitrária dos seguintes valores de temperatura:

a) 0°C

b) 30°C

c) 100°C

DILATAÇÃO E CONTRAÇÃO TÉRMICA

Conteúdo: Dilatação térmica
Assunto: Dilatação e contração térmica

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar situações diárias que envolvem dilatação térmica;
- 2) Demonstrar situações diárias que envolvem contração térmica.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Dilatação térmica é a variação no comprimento, na área ou no volume de um corpo quando submetido a uma mudança na sua temperatura. Quando o corpo aquece, ocorre uma **dilatação**; quando o corpo é resfriado, ocorre uma **contração**. Porém, em qualquer uma das duas situações citadas, o processo é chamado (convencionalmente) de *dilatação térmica*.

Todo corpo ao ser aquecido tem suas partículas aumentando a agitação e por esse motivo (dentre outros que não trataremos aqui) seu volume é aumentado. Podemos perceber esse fenômeno em trilhos de trem quando são feitos sem espaços vagos, o que faz com que se "entortam" em dias muito quente, como vemos na figura 1.



Figura 1: Foto de trilhos de trem deformados devido à alta temperatura.

Quando resfriado o processo é inverso, suas partículas diminuem a agitação e por isso reduzem o espaço que ocupam. É importante ressaltar que a dilatação térmica ocorre em todo o corpo submetido a variação de temperatura, mas podemos analisá-la por partes:

- **Dilatação linear:** Quando consideramos apenas a dilatação no comprimento do corpo.

- **Dilatação superficial:** Quando consideramos a dilatação na superfície do corpo, ou seja, sofrida em uma área.
- **Dilatação volumétrica:** quando consideramos a dilatação total do corpo, ou seja, sofrida pelo volume do corpo.

Cada material sofre dilatações diferentes, ou seja, o tanto que eles dilatam depende do material que constitui o corpo. O que determina o quanto um material tem facilidade para dilatar é um coeficiente, chamado de **coeficiente de dilatação**. Esse coeficiente é diferente para cada tipo de dilatação (linear, superficial e volumétrica), sendo:

- α = coeficiente de dilatação linear;
- β = coeficiente de dilatação superficial, onde $\beta = 2\alpha$;
- γ = coeficiente de dilatação volumétrica, onde $\gamma = 3\alpha$;

MATERIAL:

- Uma garrafa térmica com água morna;
- Uma bandeja com cubos de gelo, água e sal;
- Dois potes de vidro com tampas metálicas, vazios;
- Duas travessas de vidro (ou recipientes grandes) que caibam os potes dentro;
- Uma colher de pau de cabo comprido.

PROPOSTA DE USO:

- Essa demonstração é indicada para iniciar o assunto de dilatação, instigando e gerando a curiosidade. Portanto é recomendável que se faça no início da aula;
- Coloque, em uma das travessas, a água morna da garrafa térmica (chamaremos de travessa A);
- Na outra travessa misture os cubos de gelo, o sal e um pouco de água a temperatura ambiente (chamaremos de travessa B). Se os cubos já estiverem derretendo, não precisará da água;
- Feche os dois potes de vidro de maneira bem firme (cuidado para não os quebrar);
- Coloque um dos dois potes na travessa A e o outro na travessa B, como na figura 2;



Figura 2: Foto das travessas A (esquerda) e B (à direita).

- Mexa o conteúdo da travessa B por 5 minutos com a colher de pau (fazendo pausas para não cansar);
- Enquanto mexe, questione os alunos sobre:
 - Qual dos potes irá abrir com mais facilidade? Por quê?
R = Será o pote da travessa A (mas os alunos responderam o que acham, sem a necessidade de acertar neste momento). Isso ocorre porque ao esquentar o metal dilata mais que o vidro facilitando a abertura da tampa.
- Após os 5 minutos retire os potes e peça que um de seus alunos venha abri-los;
- Pergunte a ele qual foi mais fácil de abrir;
- A partir daí explique a relação da **dilatação** e da **contração** com a variação da temperatura;
- Pergunte:
 - Mas, se ao esquentar, o vidro também dilata, a tampa não era para continuar apertada? No caso da travessa B, se o vidro também contrai, o mesmo não aconteceria?
R = Não. Pois os materiais dilatam (ou contraem) de forma diferente, dependerá do material, ou seja, do coeficiente de dilatação.
 - Qual material tem mais facilidade de dilatar (ou contrair)?
R = O metal.

LÂMINA BIMETÁLICA

Conteúdo: Dilatação térmica

Assunto: Lâmina bimetálica e coeficiente de dilatação térmica

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar a dilatação térmica em materiais diferentes;
- 2) Demonstrar como as lâminas bimetálicas são constituídas;
- 3) Compreender o funcionamento dessas lâminas e como elas podem ser utilizadas em diversos aparelhos elétricos em nosso dia-a-dia.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

A lâmina bimetálica é um dispositivo formado por dois metais de diferentes coeficientes de dilatação (figura 1), colados fortemente. A lâmina só se mantém retilínea na temperatura em que foi feita a colagem. Se a temperatura variar, a lâmina encurva, pois, os dois metais vão sofrer diferentes dilatações.

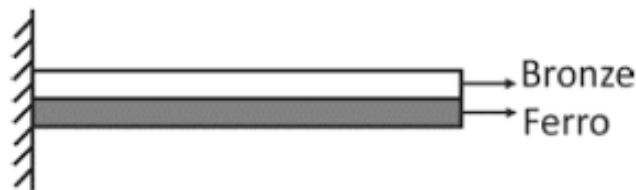


Figura 1: Representação de uma lâmina bimetálica de ferro e bronze a temperatura ambiente.

Por exemplo: Ao juntarmos duas lâminas diferentes, como ferro e bronze, unidas firmemente, quando em temperatura ambiente, as lâminas são planas e possuem as mesmas dimensões, como mostra a figura 1. Ao ser aquecida, a lâmina de bronze se dilata mais que a de ferro, pois o coeficiente dilatação do bronze é maior que o do ferro, fazendo com que o conjunto se curve, como se vê na figura 2.



Figura 2: Representação de uma lâmina bimetálica de ferro e bronze com temperatura elevada.

Esta propriedade da lâmina bimetálica é muito usada para provocar aberturas e fechamentos de circuitos elétricos. Como por exemplo no ferro elétrico, onde a lâmina funciona como um termostato, isto é, um regulador de temperatura. Quando o ferro se aquece, a lâmina se curva, desligando o circuito. A temperatura então diminui e a lâmina retoma sua posição inicial e o circuito se fecha, fazendo com que a corrente elétrica o percorra novamente. O novo aquecimento faz com que o ciclo se repita, de modo que a temperatura se constante.

MATERIAL:

- Vela;
- Fósforo ou isqueiro;
- Pedaco retangular de papel alumínio (2cm x 6cm);
- Pedaco retangular de papel fino (2cm x 6cm);
- Pregador;
- Cola.

MONTAGEM:

1. Recorte o papel alumínio e o papel fino de forma retangular igualmente, com aproximadamente 2cm de largura por 6cm de comprimento;
2. Cole bem um pedaco no outro e deixe secar.

Obs: esse instrumento não é uma lâmina bimetálica (pois não se usou dois metais), mas representa bem as suas propriedades e seu funcionamento.

PROPOSTA DE USO:

- Após explanar os conceitos iniciais sobre dilatação térmica (por exemplo, a relação diretamente proporcional entre dilatação e coeficiente de dilatação do material) mostre aos alunos o instrumento que representa a lâmina bimetálica;
- Explique que ela é formada por matérias diferentes, portanto dilatam de forma diferente;
- Mostre que eles estão colados, e questione-os:
 - Se aquecermos esse conjunto, o que ocorrerá?

R = A lâmina se curvará, pois, um dos materiais tem um coeficiente de dilatação maior que o outro.

- Com o prendedor segure o conjunto e aqueça na chama da vela com a parte do papel alumínio voltada para a chama. Observe que começará a curvar para cima, como mostra a figura 3;

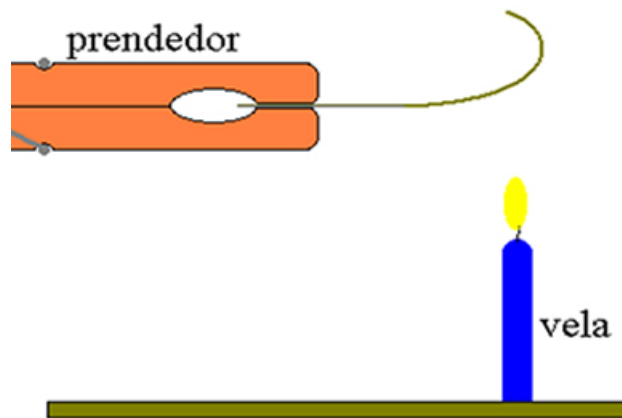


Figura 3: Representação lateral do conjunto sendo aquecido.

- Pergunte aos alunos:

- É possível determinar qual dos materiais da lâmina bimetálica possui maior coeficiente de dilatação?

R = Sim. Aquele que se curvar, no aquecimento, envolvendo o outro material, ou no resfriamento, aquele que for envolvido, será o material de maior coeficiente de dilatação.

- Qual a razão do conjunto se curvar para cima e não para baixo?

R = Isso acontece porque o papel alumínio tem um coeficiente de dilatação maior que a do papel, conseqüentemente ele dilata mais que o papel o curvando devido estarem colados.

- Como essas lâminas podem estar presentes em aparelhos domésticos e para que servem?

R = nos circuitos elétricos. Elas aquecem com a passagem de corrente e se curvam abrindo o circuito. Ao esfriarem voltam para o formato normal e fecham o circuito permitindo a passagem de corrente elétrica. São usadas em aparelhos elétricos que esquentam e desligam automaticamente como: ferro de engomar, sanduicheiras, etc.

BEXIGA DENTRO DA GARRAFA

Conteúdo: Estudo dos gases

Assunto: Variáveis de estado e pressão atmosférica

OBJETIVOS:

- 1) Demonstrar a relação entre as variáveis de estado de um gás: volume, pressão e temperatura;
- 2) Mostrar os efeitos da pressão atmosférica em algumas situações.



Figura 1: Leite derramando ao ferver, pois aumentou seu volume.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O volume (V), a pressão (p) e a temperatura (T) são grandezas consideradas as variáveis de estado de um gás, pois elas influenciam em suas propriedades e comportamentos. Por exemplo, só faz sentido mencionarmos o volume do gás se fornecermos também qual é a sua pressão e temperatura. Em outras palavras, V , T e p sempre estarão relacionados. Por exemplo: se colocarmos um gás dentro de um recipiente fechado ele exercerá uma pressão nesse recipiente, mas se o esquentarmos, ele aumentará essa pressão. Da mesma forma ocorre, quando se coloca uma panela com leite até a borda no fogão: se a panela estiver aberta, ao esquentar o leite aumenta o volume e derrama, como mostra a figura 1, mas se a panela estivesse tampada (mantendo o volume constante), ao aquecer a pressão aumenta, muitas vezes derrubando a tampa da panela.

Quando um gás sofre qualquer alteração nessas grandezas dizemos que ele sofreu uma "transformação gasosa". Nas transformações gasosas umas dessas grandezas permanecerá constante, ou seja, se manter o volume constante, então a temperatura e a pressão serão alteradas.

O ar atmosférico também exerce pressão sobre os corpos. Isso muitas vezes proporciona fenômenos "esquisitos", como na figura 1. No exemplo anterior, quando o leite pressiona a tampa para cima o ar atmosférico a pressiona para baixo (junto com o peso da tampa). Se a

tampa cai é porque a pressão exercida pelo leite foi maior. Quando abrimos a porta de uma geladeira percebemos certa dificuldade, isso se dá principalmente devido a diferença de pressão entre o ambiente externo e o interno.

Obs: O aprofundamento nas transformações gasosas podem ser feitos nessa aula ou nas aulas seguintes.

MATERIAL:

- Garrafa de vidro transparente;
- Bexiga;
- Funil;
- Água quente;
- Água fria (natural) em um recipiente grande;
- Luva térmica ou pano para proteger as mãos.

PROPOSTA DE USO:

- Use a demonstração para iniciar a aula, como uma forma de colher os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao que eles observam, em seguida discorra sobre os conceitos envolvidos;
- Coloque a água quente dentro da garrafa com o auxílio do funil e da luva para não queimar as mãos e espere até que a garrafa esteja bem quente;
- Derrame a água e coloque uma bexiga na boca da garrafa como se vê na figura 2(a) (antes de colocar a bexiga certifique-se que ela não está furada enchendo-a antes e depois secando-a novamente);
- Coloque a garrafa com a bexiga dentro do recipiente com água fria. A bexiga começará a encher para dentro da garrafa como na figura 2(b);

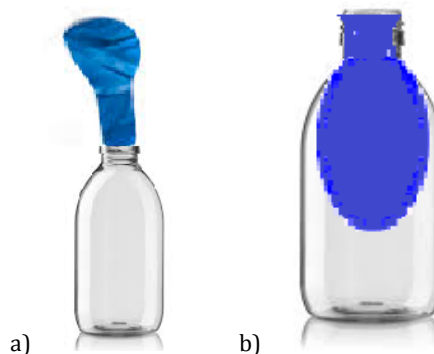


Figura 2: (a) Bexiga na boca da garrafa; (b) Bexiga cheia dentro da garrafa.

➤ Questione os alunos:

- Por que a bexiga encheu dentro da garrafa?

R = Isso acontece porque, ao diminuir a temperatura do ar que estava dentro da garrafa, o volume desse ar diminuiu, reduzindo a pressão na garrafa. Nesse momento a pressão atmosférica empurra a bexiga para dentro da garrafa até ficar num estado de equilíbrio novamente.

- Quais as grandezas que variam neste procedimento em relação ao ar contido dentro da garrafa?

R = Temperatura (diminui), volume (diminui).

- Qual a grandeza que se mantém constante? Por quê?

R = A pressão, pois a medida em que o ar vai resfriando e reduzindo o volume o balão vai enchendo (dentro da garrafa) fazendo com que a pressão no interior da garrafa permaneça constante.

- Por que a bexiga permanece cheia mesmo sem fazer o nó em sua boca?

R = Isso acontece porque o ar confinado na garrafa e o ar atmosférico entram em equilíbrio termodinâmico, ou seja, mesma temperatura e mesma pressão quando a bexiga está cheia lá dentro.

- Ao abrirmos uma geladeira percebemos uma certa dificuldade, tem-se que fazer uma pressão "extra" para puxar a porta. Como podemos explicar a necessidade dessa pressão "extra" usando os conceitos da demonstração.

R = O ar confinado na geladeira tem sua temperatura diminuída, portanto, já que seu volume deve permanecer igual (ocupando todo o espaço lá dentro), sua pressão diminui, fazendo com que a pressão atmosférica (do lado de fora da geladeira) seja maior que a pressão exercida pelo ar dentro da geladeira como mostra a figura 3. Para conseguir abri-la é necessário compensar a pressão interna, ou seja, ajudar a empurrar a porta para fora

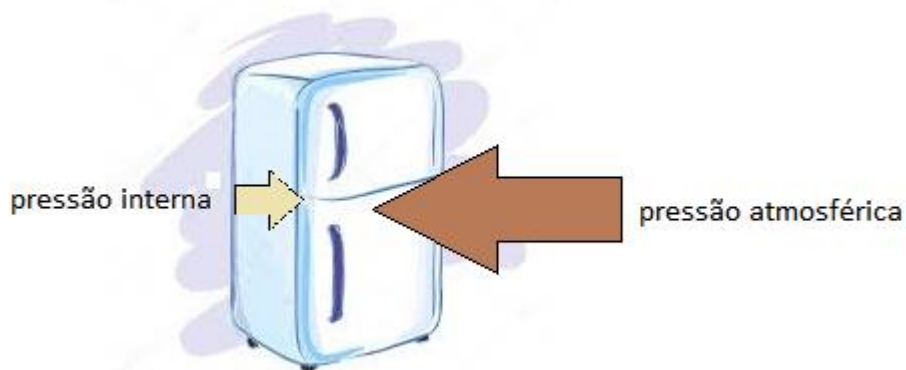


Figura 3: Representação das pressões interna (à esquerda) e externa (à direita) exercidas na porta da geladeira.

VIBRAÇÃO DAS ONDAS

Conteúdo: Ondas
Assunto: Classificação das ondas.

OBJETIVO:

Diferenciar ondas longitudinais de transversais.

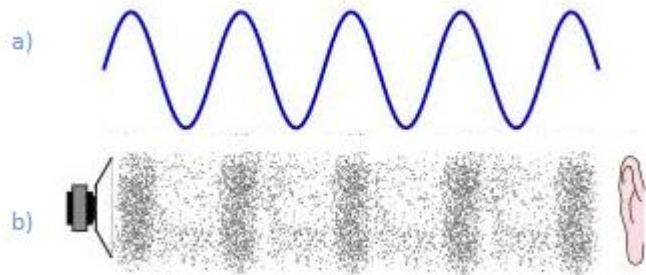


Figura 1: (a) onda numa corda; (b) vibração do ar devido a uma onda sonora.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

As ondas são perturbações que se propagam em algum meio, transportando energia. elas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza, direção de vibração e suas dimensões.

Em relação à natureza, podem ser classificadas em dois tipos:

- **Mecânicas:** necessitam de um meio material para propagar-se. Ex: ondas em cordas (figura 1a), ondas sonoras (figura 1b), ondas do mar, etc.
- **Eletromagnéticas:** são resultado da combinação de campo elétrico com campo magnético. Não precisam de um meio material para propagar-se. Ex: ondas de rádio e televisão, ondas do micro-ondas, a luz, os raios x, etc.

Em relação à direção de vibração, podem ser classificadas em:

- **Transversal:** quando as partículas do meio de propagação vibram perpendicularmente à direção de propagação da onda. Ex: todas as ondas eletromagnéticas, ondas em cordas (como na figura 1a), ondas no mar, etc.
- **Longitudinal:** quando as partículas do meio de propagação vibram na mesma direção em que a onda se propaga. Ex: as ondas sonoras (figura 1b).

Quanto às dimensões, as ondas podem ser classificadas em:

- **Unidimensionais:** se propagam em apenas uma direção, Ex: onda na corda;

- **Bidimensionais:** se a propagação em duas direções. Ex: ondas na superfície da água;
- **Tridimensionais:** se propagam em três dimensões. Ex: as ondas sonoras, a luz, etc.

MATERIAL:

- Uma mola-maluca, como a da figura 2;
- Uma corda, ou barbante;
- Um violão (opcional).

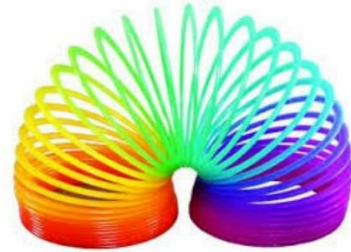


Figura 2: Mola-maluca ou slinky.

PROPOSTA DE USO:

- Prenda na sua mesa uma das extremidades da mola-maluca, deixando-a sobre a mesa;
- Prenda uma das extremidades da corda na perna da mesa;
- Durante a explicação da classificação das ondas quanto à direção de vibração, exemplifique a onda transversal balançando a corda presa na perna da mesa e a onda longitudinal esticando a mola sobre a mesa e dando pequenos impulsos na mola com o dedo, como mostra figura 3;



Figura 3: Impulsionando a mola com o dedo.

- **Questione-os:**
 - Quais outras ondas podemos classificar como transversais ou longitudinais?
R = Ondas do mar (transversais), ondas sonoras (longitudinais), etc.
- Use o violão ou peça para que imaginem alguém tocando e questione-os:
 - Quais as ondas que podemos perceber nessa situação?
R = Ondas nas cordas (vibração das cordas), ondas sonoras (som emitido), luz (refletida pelo violão para que consigam enxergá-lo, caso estejam o vendo).

COPOS MUSICAIS

Conteúdo: Ondas
Assunto: Qualidades sonoras.

OBJETIVO:

- 1) Perceber as diferentes qualidades sonoras;
- 2) Diferenciar os conceitos de "altura" e "intensidade" do som;
- 3) Diferenciar um som "alto" de um som "baixo", compreendendo a relação da altura com a frequência do som;
- 4) Diferenciar um som "forte" de um som "fraco", compreendendo a relação do volume com a intensidade do som.

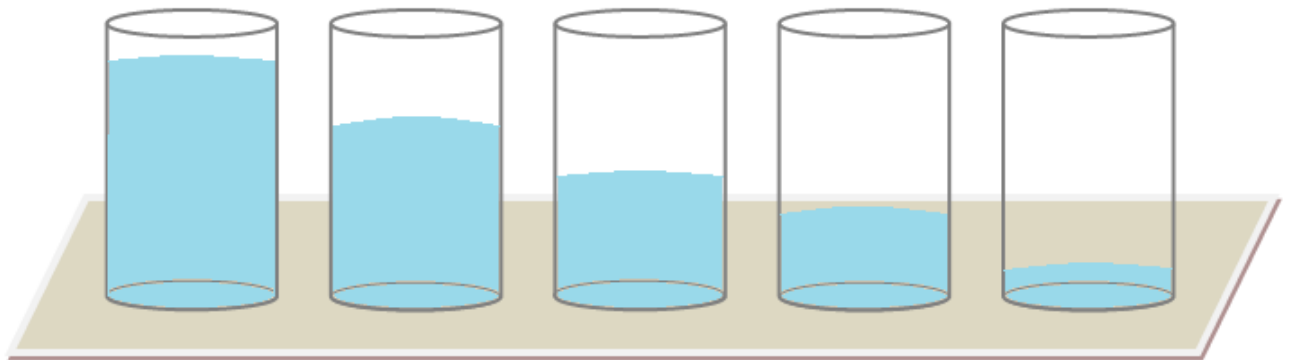


Figura 1: Representação dos copos musicais.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O Som é uma onda mecânica que possui a intensidade e frequência necessárias para serem percebidas pelo ser humano. Podemos caracterizar os sons a partir de sua intensidade, altura ou timbre.

- ✓ *A intensidade está ligada à quantidade de energia transportada pelo som. Desta forma, conforme a intensidade do som dizemos que ele é mais forte (a onda possui maior amplitude) ou mais fraco (a onda possui menor amplitude).*
- ✓ *A altura está relacionada com a frequência do som. Assim distinguimos os sons mais altos como os de maior frequência (mais agudos) e os mais baixos como os de menor frequência (mais graves). As notas musicais buscam agrupar diferentes frequências sonoras produzidas por um instrumento.*

- ✓ *O timbre corresponde ao conjunto de ondas sonoras que formam um som. O timbre permite diferenciar diferentes fontes sonoras, por exemplo é fácil perceber que o som de uma guitarra e de uma flauta são completamente diferentes.*

MATERIAL:

- 5 copos de vidro iguais;
- Água;
- Colher de metal.

PROPOSTA DE USO:

- Posicione os copos um ao lado do outro e coloque água de forma decrescente, ou seja, preencha o primeiro copo completamente, e diminua a quantidade de água gradativamente, até o ultimo copo, como mostra a figura 1.
- Bata levemente com colher em todos os copos (do mais cheio para o mais vazio) e peça para que os alunos observem com atenção.
- Questione os alunos:
 - Vocês perceberam sons diferentes? Qual a diferença?
R = Sim. O som foi ficando mais agudo.
 - Qual copo apresentou a maior frequência?
R = O mais vazio.
- Explique a relação entre a frequência e a nota musical, ou então dê exemplos de sons ou vozes com tons diferentes;
- Agora, bata com a colher um pouco mais forte e questione-os novamente:
 - Qual a diferença entre a primeira vez e agora?
R = O som ficou mais forte, ou seja, mais intenso.
 - Vocês acham que, por ter sido mais forte, a frequência mudou?
R = Não. Pois o que mudou foi a intensidade, ou seja, o volume do som e não o tom.
 - Se usássemos um copo de plástico, vocês perceberiam a diferença do som?
Por que?
R = O timbre seria diferente.

CÂMARA ESCURA DE ORIFÍCIO

Conteúdo: Óptica Geométrica
Assunto: Propagação retilínea da Luz

OBJETIVOS:

- 1) Demonstrar o princípio da propagação retilínea da luz;
- 2) Demonstrar a formação de imagens através da câmara escura, como na figura 1;
- 3) Demonstrar a relação entre a distância do objeto até o orifício da câmara com seu tamanho real.

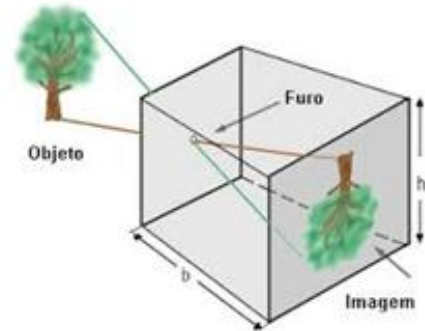


Figura 1: Representação da câmara escura de orifício.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A câmara escura de orifício é um instrumento óptico usado para demonstrar a propagação retilínea da luz. Quando um objeto iluminado ou luminoso é colocado na frente da câmara, é formada, na parede oposta ao orifício, a imagem desse objeto de forma invertida. Os raios de luz que partem do objeto em direção à câmara atravessam o orifício e se cruzam, podendo, assim, associar a altura do objeto com a altura da imagem e a distância entre o objeto e a câmara com o comprimento da câmara através da relação de triângulos semelhantes, como pode ser visto na Figura 2. Os raios de luz que partem do objeto H , ao atravessarem o ponto O (orifício da câmara) se cruzam formando a imagem h .

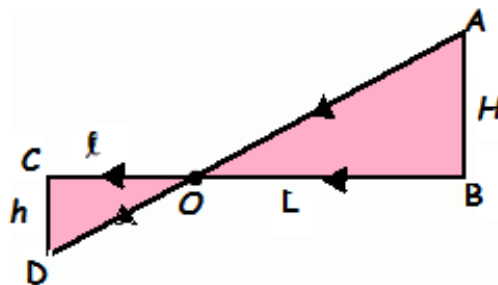


Figura 2: Representação dos triângulos semelhantes formados por raios de luz que atravessam o orifício da Câmara escura.

Sendo ABO e DCO triângulos semelhantes, então a relação h e H é de proporcionalidade sendo:

$$\frac{L}{l} = \frac{H}{h}$$

MATERIAL:

- Lata de metal (Ex.: de leite);
- Cartolina preta;
- Papel seda (Ex.: use a folha fina dos cadernos de desenho ou passe óleo uma folha de ofício);
- Um prego;
- Tesoura;
- Fita adesiva;

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, acompanhando a montagem junto com o professor.

MONTAGEM:

1. Retire a tampa da lata e faça um revestimento com a cartolina preta por dentro da lata (a penas na parte lateral);
2. Tampe a lata com o papel seda bem esticado;
3. Fure o fundo da lata com o prego (faça um furo bem pequeno, cerca de 1 a 2mm);
4. Faça um cone em volta da lata, como se fosse um chapéu de bruxa, onde antes ficava a tampa da lata, deixando o furo para fora. Em seguida fixe-o na lata com fita adesiva;
5. Deixe a ponta do cone com uma abertura suficientemente confortável para colocar o olho e observar dentro do cone as imagens invertidas que se formam no papel seda;

PROPOSTA DE USO:

- Explique em sala os princípios da propagação da luz antes da demonstração;
- Leve os alunos para uma área onde haja bastante claridade e peça-os para que observem a paisagem com a câmara escura, como os alunos na figura 3.



Figura 3: Alunos fazendo observações em suas câmaras escuras.

➤ Questione-os sobre:

- Como vocês explicam o fato da imagem está invertida?

R = Sabendo que a Luz se propaga em linha reta, ao passar pelo orifício, os raios de luz se cruzam e formam a imagem invertida.

- Qual o princípio da propagação da luz se encaixa nesse fenômeno?

R = Princípio da propagação retilínea da luz.

- Qual a relação matemática entre o tamanho real do objeto e o tamanho da imagem vista na câmara?

R = Pode-se relacionar o tamanho da imagem e o comprimento da câmara com o tamanho do objeto real e a distância dele até o orifício a partir da relação entre triângulos semelhantes, vistos na figura 2.

ESPELHOS PLANOS

Conteúdo: Óptica Geométrica

Assunto: Espelho plano



Figura 1: Representação de um espelho plano.

OBJETIVOS:

- 1) Conhecer as características da imagem obtida pela reflexão em um espelho plano;
- 2) Demonstrar a quantidade de imagens obtidas pela associação de espelhos planos.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Um espelho plano é aquele em que a superfície de reflexão é totalmente plana. A imagem obtida por ele é sempre de mesmo tamanho que o objeto, direita, virtual (formada atrás do espelho) e enantiomorfa, como na figura 1. Ao associarmos dois espelhos a quantidade de imagens (n) que surgem depende da angulação (a) entre esses espelhos, essa relação é dada por:

$$n = \left(\frac{360}{a} \right) - 1$$

MATERIAL:

- Dois espelhos planos (de preferência do mesmo tamanho e sem armação lateral);
- Um transferidor;
- Um objeto pequeno qualquer (Ex.: borracha, apontador de lápis, moeda, etc.).

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, e acompanha o professor.

PROPOSTA DE USO:

- Peça para que os alunos observem um dos espelhos;

➤ Questione-os:

- Como é a imagem que estão vendo?

Obs: Explique as características das imagens obtidas nos espelhos planos;

- Una os dois espelhos pela lateral de modo que formem um ângulo de 90° (use o transferido para medir a angulação);
- Coloque um objeto entre os espelhos, como na figura 2;



Figura 2: Espelhos com 90 graus de abertura entre eles.

- Conte quantas imagens aparecem;

$$R = 3 \text{ imagens} + \text{objeto real}$$

- Faça os cálculos para conferir a quantidade obtida;

$$n = \frac{360}{90} - 1 \rightarrow n = 3$$

- Repita o procedimento com angulações de 120° e 60°;

R = 2 imagens e 5 imagens, respectivamente.

- Você pode pedir aos alunos que realizem os últimos cálculos e confirmem com o que vêm na demonstração.

ESPELHOS ESFÉRICOS

Conteúdo: Óptica Geométrica

Assunto: Espelhos esféricos

OBJETIVOS:

- 1) Conhecer os tipos de espelhos esféricos;
- 2) Verificar os pontos notáveis do espelho esférico;
- 3) Demonstrar a reflexão dos raios luminosos que incidem em sua superfície.

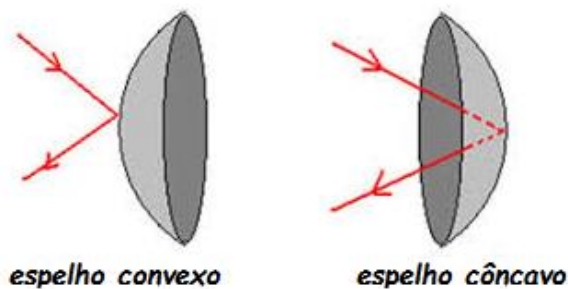


Figura 1: Representação das calotas esféricas formando espelhos côncavo (à esquerda) e convexo (à direita).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Espelho esférico é qualquer calota esférica polida que reflete de forma regular, como os da figura 1. Quando a superfície refletiva for a interior, o espelho é chamado **côncavo**, já nos casos onde a superfície refletiva for a externa, o espelho é chamado **convexo**.

Considere uma esfera que forma a calota, onde C é seu centro; V é o vértice da calota (centro da superfície espelhada); O eixo que passa pelo centro e pelo vértice da calota é chamado eixo principal; F é o foco do espelho, sendo o ponto médio entre V e C , como mostra a figura 2.

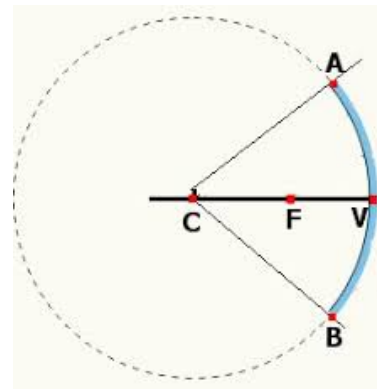


Figura 2: Representação dos pontos notáveis de um espelho esférico: centro de curvatura (C), Foco (F) e vértice (V).

MATERIAL:

- Garrafa pet;
- Papel alumínio;
- Régua;
- Fita adesiva transparente;
- Tesoura;
- Laser simples.

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, acompanhando a montagem junto com o professor.

MONTAGEM:

1. Corte a parte central da garrafa formando um círculo (anel) de, aproximadamente, 5cm de espessura, como mostra a figura 3;
2. Pregue o papel alumínio na metade do círculo com a fita adesiva transparente, como na figura 4;

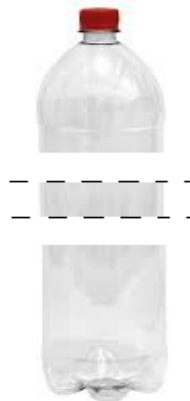


Figura 3: Parte da garrafa que deve ser cortada.

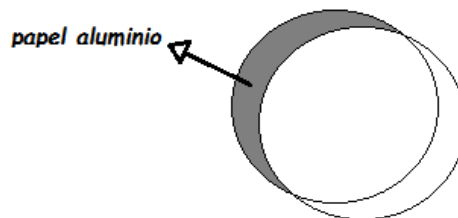


Figura 4: Onde deve ser colocado o papel alumínio.

3. Como a garrafa é transparente, o papel alumínio servirá como espelho côncavo e convexo.

PROPOSTA DE USO:

- Use a demonstração para ilustrar a face de espelho côncavo e a face convexa;
- Com a régua, trace uma reta horizontal no quadro branco (ou no caderno para o aluno);
- Posicione o círculo de garrafa com seu diâmetro sobre a reta, de forma que ela corte a metade da parte espelhada (tornando-se o eixo principal do espelho);
- Marque no quadro branco (ou no caderno para o aluno) os pontos notáveis do espelho esférico (vértice, foco e centro de curvatura), usando a régua, como mostra a figura 5;

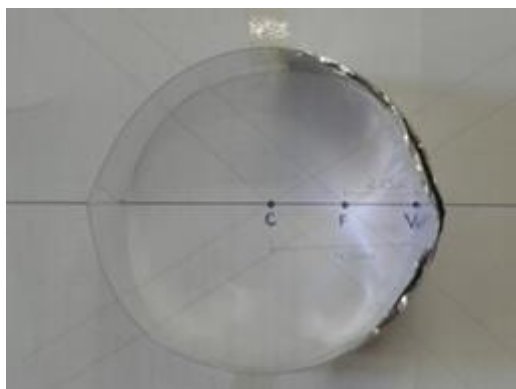


Figura 5: O espelho de garrafa já posicionado na reta feita no quadro (ou no caderno).

- Mostre que a distância focal (f) é igual a metade do raio da esfera que forma o espelho, portanto:

$$f = \frac{R}{2}$$

- Use o laser para demonstrar a reflexão dos raios de luz (principais) que incidem no espelho, como por exemplo, os raios demonstrados na figura 6;

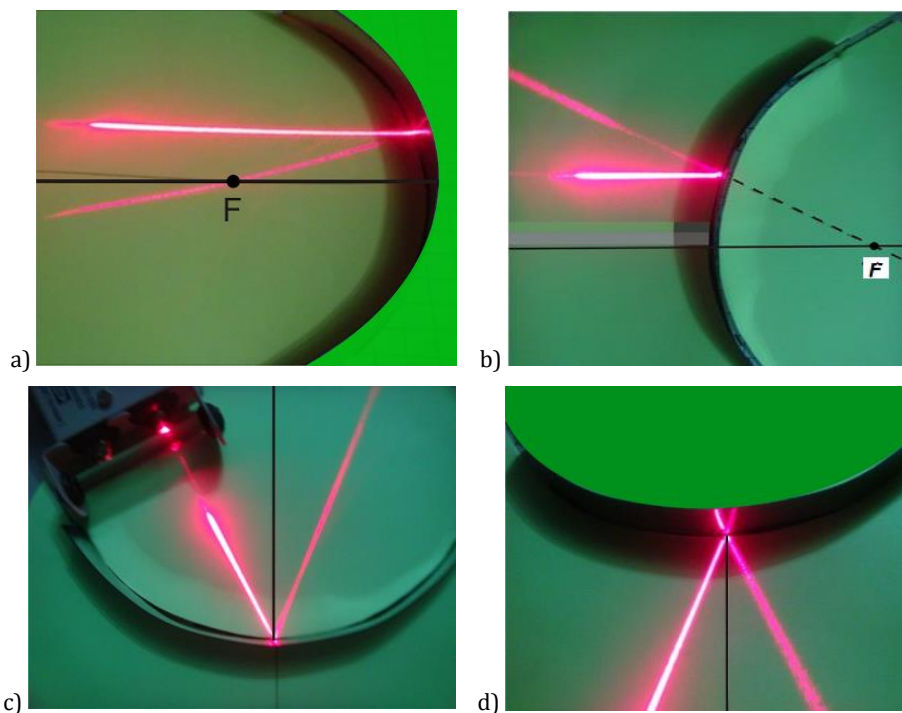


Figura 6: Em (a) e (b), o feixe de luz que passa pelo foco reflete paralelamente ao eixo principal e o raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal reflete passando pelo foco. Em (c) e (d), o feixe de luz que incide no vértice reflete simetricamente em relação ao eixo principal.

- Mostre que a distância focal (f) será positiva para os espelhos côncavos e negativa para os espelhos convexos;
- Questione os alunos sobre o valor negativo da distância focal no espelho convexo.

R = como a superfície espelhada fica na parte externa da calota, então os pontos notáveis se encontram atrás do espelho, representado pelo lado negativo.

CABO DE GUERRA ELETROSTÁTICO

Conteúdo: Eletrostática

Assunto: Atração e repulsão de cargas elétricas

OBJETIVO:

- 1) Demonstrar a atração e repulsão entre corpos eletrizados e corpos neutros;
- 2) Demonstrar a relação diretamente proporcional entre carga e força eletrostática.

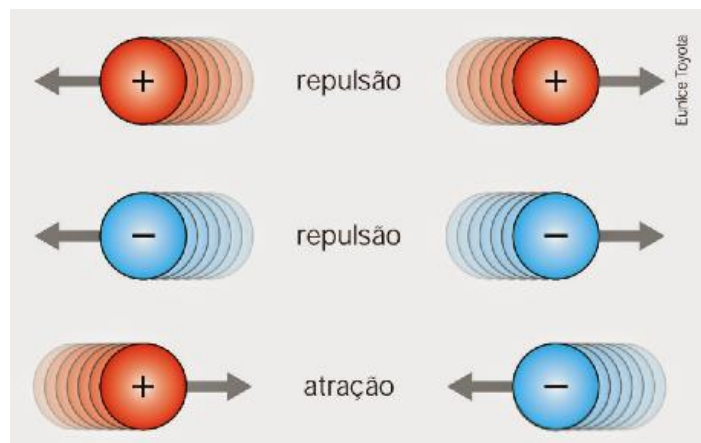


Figura 1: Representação da repulsão e da atração entre cargas elétricas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

A atração e a repulsão entre cargas elétricas compõem um princípio da eletrostática - *Princípio da atração e repulsão*. Esse princípio diz que "cargas de mesmo sinal se repelem, enquanto cargas de sinais diferentes se atraem", como mostra a figura 1. Nesse sentido, um corpo eletrizado também pode atrair um corpo neutro. A interação entre essas duas cargas é chamada de Força eletrostática.

A eletrização de um material pode ser feita por alguns processos, conhecidos como *processos de eletrização*: Atrito, Contato e Indução. No "*atrimento*", por exemplo as cargas envolvidas, inicialmente neutras, adquirem sinais opostos, ficando uma eletrizada positivamente e a outra negativamente. Enquanto no "*contato*", as cargas envolvidas, a qual uma deve estar inicialmente carregada, adquirem cargas de mesmo sinal. Já a "*indução*" acontece quando aproximamos um corpo neutro A (que será induzido) a um corpo eletrizado B (indutor), essa aproximação fará com que as cargas positivas e negativas desse corpo se separem devido a repulsão e atração entre elas e as cargas do indutor. Ao conectar o corpo

induzido à Terra, ou a outro corpo neutro, ele ficará eletrizado com carga oposta a do seu indutor. Podemos compreender melhor esse processo na figura 2.

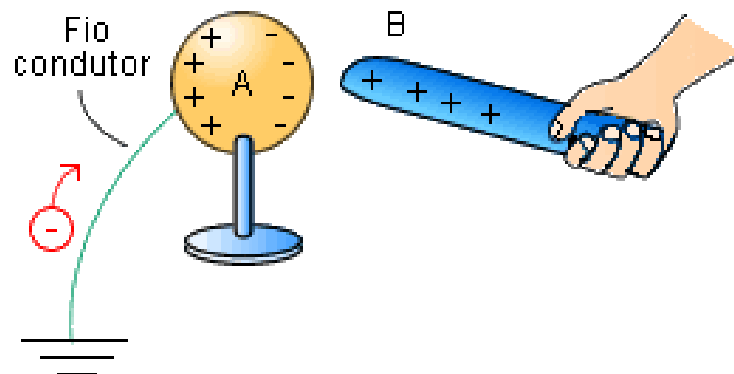


Figura 2: Representação da indução eletrostática.

MATERIAL:

- 1 latinha de alumínio (refrigerante);
- Vários canudos de plástico;
- Fita gomada ou isolante;
- Mesa (pode ser as carteiras da sala de aula).

MONTAGEM:

1. Faça uma divisão na mesa ao meio com a fita gomada;
2. Coloque a latinha no centro, em cima da fita que divide a mesa ao meio;
3. A latinha deve estar parada e posicionada na forma horizontal, ou seja, deitada, como mostra a figura 3.



Figura 3: Latinha de refrigerante posicionada no centro da mesa, em cima da divisão com fita.

PROPOSTA DE USO:

- Essa demonstração deve ser realizada após uma breve explanação sobre os princípios eletrostáticos e sobre processos de eletrização, podendo também ser introdução para a Lei de Coulomb;
- Os participantes ficarão de frente um para o outro e de frente para a latinha, de modo que cada um tenha o seu lado da mesa, como mostrado na figura 4;



Figura 4: Demonstração das posições dos participantes no “cabo de guerra eletrostático”.

- Eles terão em mãos um canudo que será usado para “puxar” a latinha na sua direção;
- No sinal do professor, eles deverão eletrizar seus canudos em sua roupa, ou cabelo ou com um pedaço de papel e aproximar o canudo da latinha;
- Ao aproximar o canudo da latinha ela tenderá a mexer-se na direção do canudo com maior carga acumulada;
- Aquele que conseguir fazer com que a latinha caia da mesa no seu lado, será o vencedor da rodada;
- Questione-os:
 - Por que a latinha se atrai pelo canudo?
R = Pois o canudo está eletrizado. Corpos eletrizados atraem corpos neutros.
 - Por que foi um dos lados (o vencedor)?
R = Pois o canudo estava eletrizado com um maior número de cargas que o outro, ou porque, este deve ter se aproximado mais da latinha.
 - O que aconteceria se ao invés de aproximar o canudo, ele fosse encostado na latinha?
R = A latinha se eletrizaria por contato e adquiriria carga de mesmo sinal, dessa forma ela se repeliria indo na direção oposta.

CAMPO MAGNÉTICO

Conteúdo: Eletromagnetismo
Assunto: Linhas de indução magnética

OBJETIVO:

Demonstrar as linhas de indução magnética ao redor de um ímã.

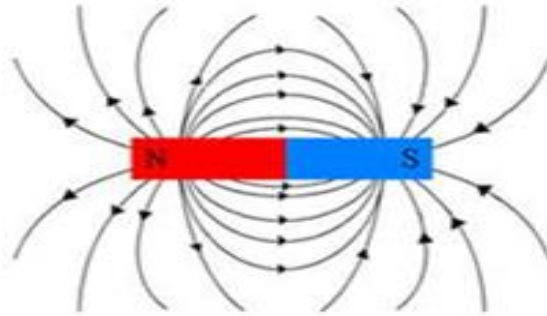


Figura 1: Representação das linhas de indução magnética geradas por um ímã em forma de barra.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

O eletromagnetismo está bastante presente em nosso cotidiano e sem ele, muitos dos benefícios dos quais dispomos hoje não seriam possíveis, como: cartão de crédito, computadores, celulares, fones de ouvido, diversos equipamentos de exames médicos, dentre vários outros.

O campo magnético é a região do espaço próxima a um ímã (ou corrente elétrica) onde ocorrem interações magnéticas. As linhas de indução dirigem-se do polo Norte para o polo Sul de um ímã, como é representado da figura 1.

MATERIAL:

- Ímãs;
- Palha de aço;
- Folha em branco.

Obs: Esta demonstração pode ser realizada junto com os alunos. Neste caso, cada aluno (ou grupos) traz o material para sala, acompanhando a montagem junto com o professor.

PROPOSTA DE USO:

- Coloque o ímã debaixo da folha de papel;

- Esfregue duas palhas de aço uma na outra a fim de que caia "farelos" do material sobre a região do papel na qual o ímã se encontra debaixo, como mostra a figura 2;



Figura 2: Farelos da palha de aço.

- Peça que os alunos observem e em seguida desenhem as formas das linhas que foram formadas sobre o papel, como se vê na figura 3, por exemplo, e comparem com as do livro didático (vista na figura 1);

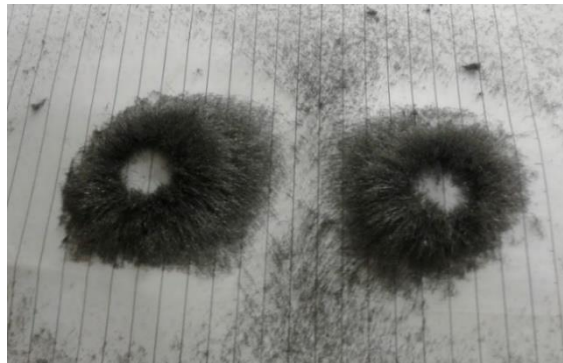


Figura 3: Visualização das linhas de indução magnética com a palha de aço.

- Questione-os sobre:

- Como surgem as linhas observadas na folha?

R = Essas linhas aparecem devido a interação (atração) entre o ímã e a palha de aço. As linhas se formam pela região que determina o campo magnético.

- Por que existem regiões onde o acúmulo do aço é muito intenso e logo na vizinhança, ou seja, ao redor dessa região com mais acúmulo, há uma região quase sem nada?

R = As regiões com maior acúmulo são aquelas onde se encontram os polos do ímã, ou seja, onde o campo magnético é mais intenso. Por esse motivo, todo resíduo de aço que se encontra muito próximo a esses polos tendem a sofrer uma atração forte e são "puxados" e acumulados lá, deixando um espaço sem formar linhas de palha de aço (mas ainda existe o campo magnético, apenas não está sendo contrastado pela palha de aço nesse ponto).

- Note que entre os dois ímãs as linhas "se empurrão". Por que isso acontece?

R = Lembre-se que as linhas partem do polo norte e chegam ao polo sul, ou seja, elas se complementam. Porém, as linhas formadas por esses dois ímãs estão se repelindo, caracterizando que os polos próximos são de mesma natureza.

LISTA DE IMAGENS

A CIÊNCIA DAS MEDIDAS

Figura 1 modificada pela autora. Originais disponíveis em:

- http://colorirdesenhos.com/files/styles/slideshow_vertical/public/desenhos/relogio.jpg?itok=K_jdbFHP
- <http://www.tudodesenhos.com/uploads/images/5945/liquidificador.jpg>
- <https://media.istockphoto.com/vectors/digital-thermometer-vector-id532558498>
- <https://media.istockphoto.com/vectors/weighing-scale-sketch-icon-vector-id541291674>
- <https://img1.colorirgratis.com/52eb5a3af32be-p.gif>

Figura 2 disponível em:

- <http://colegiomarista.org.br/pioxii/arq/img/Cotidiano/2011/05/7%C2%AA%20s%C3%A9rie.JPG>

VELOCIDADE E TRAJETÓRIA

Figura 1 disponível em:

- https://allinepontes.files.wordpress.com/2014/09/homem_andando_bicicleta.gif

QUEDA DOS CORPOS

Figura 1 disponível em:

- https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo_legenda/a6484ae0ebdbee9e4ca39ffec8da8d88.jpg

Figura 1 disponível em:

- BONJORNO e CLINTON. Física 1 - Mecânica. Ed: FTD, 2016, p.134

1ª E 2ª LEIS DE NEWTON: A INÉRCIA E O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Figura 1 disponível em:

- <https://3.bp.blogspot.com/-oUjPpQum3-o/XEFHWwY9VDI/AAAAAAAAAC10/dun2cOWVGmw9uZu3JwWdzg423VH10tGegCLcBGAs/s320/ley%2B1-opt.jpg>

Figura 2 disponível em:

- <http://fisicafascinante.tumblr.com/post/27435394464/segunda-lei-de-newton>

Figura 3 disponível em:

- <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2n20zCzqSpOem3NbIw75LuapTwm0aVKOS38druZAJXnMxmOsY>

3ª LEI DE NEWTON: AÇÃO E REAÇÃO

Figura 2 disponível em:

- http://2.bp.blogspot.com/_-WOYjdr-Kbk/Su7ljDidTbI/AAAAAAAAAABO/oMfYCBw212M/s320/terceira-lei-de-newton-38.gif

Figuras 1, 3 4 e 5 foram retiradas do vídeo disponível em:

- <https://www.youtube.com/watch?v=4h3zKX6AvrI>

LATA ENERGÉTICA

Figura 1 disponível em:

- https://mixvix.com.br/thumbnail.php?pic=uplimq/img_A_195567_0972d6cfc2141144c4548612a6ba6c3f.jpg&w=750&sq=Y

Figura 2 disponível em:

- VÁLIO, FUKUI, FERDINIAN e MOLINA. Física 1. V.1, Ed.: Ser Protagonista - SM, 2016.

MOMENTUM DAS BOLAS

Figura 1 disponível em:

- <http://cdn5.colorir.com/desenhos/color/201101/8418b979e9e69fc3b66da3f6cf3a43e8.png>

Figuras 2 e 3 foram retiradas do vídeo disponível em:

- <http://www.cienciatube.com/2009/04/experimento-de-fisica-colisao-entre.html>

OVO FLUTUANTE

Figura 1 disponível em:

- <http://www.biologianet.com/upload/conteudo/images/2014/12/densidade-do-ovo.jpg>

Figura 2 modificada pela autora. Original disponível em:

- <https://media.istockphoto.com/vectors/glass-of-water-vector-id507488481>

Figura 3 disponível em:

- http://vignette2.wikia.nocookie.net/mensageiros/images/2/2c/Turista_flutuando.jpg/revision/latest?cb=20111012205313&path-prefix=pt-br

GARRAFA FURADA

Figura 1 modificada pela autora, original disponível em:

- <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/images/Recipiente>

Figura 2: retirada da série *Perdidos no espaço*

Figura 3 disponível em: questão 57 do ENEM 2013

TERMÔMETRO CASEIRO

Figura 1 disponível em:

- <https://dannyaiochancecf.files.wordpress.com/2013/09/termc3b3metro-casero2.jpg?w=614>

Figura 2: criada pela autora em aula de Física.

Figura 3: modificada pela autora. Original disponível em:

- <https://dannyaiochancecf.files.wordpress.com/2013/09/termc3b3metro-casero2.jpg?w=614>

DILATAÇÃO E CONTRAÇÃO TÉRMICA

Figura 1 disponível em:

- <https://www.coladaweb.com/wp-content/uploads/2014/12/dilatacao.jpg>

Figura 2 disponível no livro de Física: Ser Protagonista Física Vol.2, p. 69; Ed.: SM, 2016

LÂMINA BIMETÁLICA

Figura 1 disponível em:

- <http://educacao.globo.com/provas/fuvest-2014/questoes/17.html>

Figura 2 disponível em:

- <http://educacao.globo.com/provas/fuvest-2014/questoes/17.html>

Figura 3 disponível em:

- <http://brasile scola.uol.com.br/upload/conteudo/images/lamina-depois-do-aquecimento.jpg>

BEXIGA DENTRO DA GARRAFA

Figura 1 disponível em:

- <http://leianoticias.com.br/site/wp-content/uploads/leite-derramado-texto-C.E.jpg>

Figura 2: criada pela autora.

Figura 3: modificada pela autora. Original disponível em:

- https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQJdqDpkqm7ZCuUwmQaicIHx_RZIKrIMjFJOviHJvXaDaEhH16A

VIBRAÇÃO DAS ONDAS

Figura 1 disponível em:

- https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica

Figura 2 disponível em:

- https://http2.mlstatic.com/30-mola-maluca-grande-colorida-arco-iris-festas-lebrancinha-D_NQ_NP_692621-MLB20823636845_072016-F.jpg

Figura 3, retirada do vídeo disponível em:

- https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE

COPOS MUSICAIS

Figura 1: criada pela autora.

CÂMERA ESCURA DE ORIFÍCIO

Figura 1 disponível em:

- <http://www.geocities.ws/saladefisica8/optica/camara60.gif>

Figura 2: criada pela autora.

Figura 3: criada pela autora em aula de Física.

ESPELHOS PLANOS

Figura 1 disponível em:

- https://st.depositphotos.com/2423111/3857/v/950/depositphotos_38572731-stock-illustration-a-funny-cartoon-sheep-looking.jpg

Figura 2 disponível em:

- http://s2.glbimg.com/ASWa4QxU0aTLw-Pg7RzCvgVydk8=/0x0:485x364/300x225/s.glbimg.com/po/ek/f/original/2014/01/21/figura_1.jpg

ESPELHOS ESFÉRICOS

Figura 1 disponível em:

- <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20imagens1.jpg>

Figura 2 disponível em:

- http://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo/images/elementos_espelhos_esfericos.jpg

Figura 3 modificada pela autora. Original disponível em:

- <http://www.guaraniplast.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Garrafa-PET-2-litros.png>

Figura 4: criada pela autora.

Figura 5: criada pela autora em aula de Física.

Figura 6: disponível em:

- <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2016/09/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas.html>

CABO DE GUERRA ELETROSTÁTICO

Figura 1 disponível em:

- http://4.bp.blogspot.com/qx9QeVY_InQ/VQkH8UvX8rI/AAAAAAAAFFc/jnSds5nlvLM/s1600/IMG_20150318_001750.jpg

Figura 2 disponível em:

- http://www.educabras.com/media/emtudo_img/upload/aula/2452_49.gif

Figura 3 foi retirada de um vídeo e está disponível em:

- <http://www.cienciatube.com/2011/11/top10-experiencias-fisica-faceis.html>

Figura 4 foi retirada de um vídeo e modificada pela autora, estando disponível em:

- <http://www.cienciatube.com/2011/11/top10-experiencias-fisica-faceis.html>

CAMPO MAGNÉTICO

Figura 1 disponível em:

- <http://brasilecola.uol.com.br/upload/conteudo/images/linhas-de-campo-magnetico.jpg>

Figura 2 disponível em:

- <http://www.pontociencia.org.br/files/experimentos/1201/visualizacao-do-campo-magnetico-6.jpg>

Figura 3: criada pela autora em aula de Física.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, J. R., RAMOS, C. M., PRADO, E. de P., BONJORNO, V., BONJORNO, M. A., CASEMIRO, R. e BONJORNO, R de F. Física 1 - Mecânica. Ed: FTD. 2016

MARISTA, sistema, de Educação. Ed: FTD. 2018

MOREIRA, A. M. A teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, A. M. Teorias de Aprendizagem. EPU: São Paulo, 1999.

MOREIRA, M.A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa Nesta Área. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

SANTOMAURO, B. O que ensinar em Ciências. Publicado: NOVA ESCOLA Edição 219, 2009

VÁLIO, A. B. M., FUKUI, A., FERDINIAN, B., e MOLINA, M. M. Física 1. V.1, Ed.: Ser Protagonista - SM, 3ª edição, 2016.

VÁLIO, A. B. M., FUKUI, A., FERDINIAN, B., e MOLINA, M. M. Física 2. V.2, Ed.: Ser Protagonista - SM, 3ª edição, 2016.

VÁLIO, A. B. M., FUKUI, A., FERDINIAN, B., e MOLINA, M. M. Física 3. V.3, Ed.: Ser Protagonista - SM, 3ª edição, 2016.

SITES

BRASIL ESCOLA, Física:

- <https://brasilecola.uol.com.br>

CIÊNCIA TUBE, experimentos de Física:

- <http://www.cienciatube.com/2012/09/experimentos-de-fisica.html>

FÍSICA FASCINANTE, experimentos de Física:

- <http://fsicafascinante.blogspot.com.br/p/experimentos-de-fisica.html>

HOMELAB BLOG, 5 experiências de Física simples para fazer em sala de aula:

- <http://fsicafascinante.blogspot.com.br/p/experimentos-de-fisica.html>

MANUAL DO MUNDO, arquivo de experimentos:

- <https://www.manualdomundo.com.br/>

UNESP, experimentos de física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia:

- <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>

