



Pesquisa em Ensino de Física

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Sabrina Passoni Maravieski

(Organizadora)

Pesquisa em Ensino de Física

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P474 Pesquisa em ensino de física [recurso eletrônico] / Organizadora
Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora,
2019. – (Pesquisa em Ensino de Física; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-209-8

DOI 10.22533/at.ed.098192803

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física – Pesquisa – Estudo de
casos. 3. Professores de física – Formação. I. Maravieski, Sabrina
Passoni. II. Série.

CDD 530.07

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa em Ensino de Física” pertence a uma série de livros publicados pela Editora Atena, e neste 1º volume, composto de 19 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados sobre a prática do docente no ensino-aprendizagem da disciplina de Física no Ensino Médio.

Com a introdução dos PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio em 1999, a presença do conhecimento da Física no Ensino Médio ganhou um novo sentido e tem como objetivo formar um cidadão contemporâneo e atuante na sociedade, pois a Física, lhe proporciona conhecimento para compreender, intervir e participar da realidade; independente de sua formação posterior ao Ensino Médio.

De acordo com os PCNEM, destacamos nesta obra, 4 áreas temáticas: Calor, Hidrostática e Óptica; Cinemática, Mecânica e Gravitação; Eletricidade e Magnetismo e Energia e Princípios de Conservação.

Desta forma, algumas pesquisas aqui apresentadas, dentro das referidas áreas temáticas, procuram investigar ou orientar os docentes e os futuros docentes dos Cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais, bem como avaliar e propor melhorias na utilização dos livros didáticos, como por exemplo, no âmbito CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); além de práticas docentes que almejam o cumprimento dos PCNEM no planejamento do docente.

Quando alusivo ao âmbito ensino-aprendizagem, devemos de imediato, pensar nas diversas teorias metodológicas e nos diversos recursos didáticos que podemos adotar em sala de aula, incluindo as atuais tecnologias. Neste sentido, esta obra, tem como objetivo principal oferecer contribuições na formação continuada, bem como, na autoanálise da prática docente, resultando assim, em uma aprendizagem significativa dos estudantes de Ensino Médio. Neste sentido, o docente poderá implementá-las, valorizando ainda mais a sua prática em sala de aula.

Além disso, a obra se destaca como uma fonte de pesquisa diversificada para pesquisadores em Ensino de Física, visto que, quando mais disseminamos o conhecimento científico de uma área, mais esta área se desenvolve e capacita-se a ser aprimorada e efetivada. Pois, nós pesquisadores, necessitamos conhecer o que está sendo desenvolvido dentro da esfera de interesse para que possamos intervir no seu aspecto funcional visando melhorias na respectiva área.

Dentro desta perspectiva, na área de Calor, Hidrostática e Óptica apresentamos um estudo que avalia o método dedutivo da equação de Gauss da óptica geométrica aplicados à formação de imagem em espelhos esféricos, contemplados em diferentes livros-texto utilizados nos cursos de Licenciatura em Física (capítulo 1). Outro estudo apresenta o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na abordagem de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes em um curso de Ciências da Natureza - Licenciatura. O estudo teve como base as ideias de Gardner em relação à Teoria das Múltiplas Inteligências, de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa e de

Peters, Costa, Oliveira entre outros, em relação ao uso das TIC no Ensino (capítulo 2). No estudo do calor, os autores avaliaram a produção de professores em um curso de atualização sobre “Tecnologias Digitais Ampliando o uso de Metodologias Participativas e Metacognitivas em Ciências Naturais” (capítulo 3).

Na área temática: Cinemática, Mecânica e Gravitação, as metodologias e recursos apresentaram-se diversificadas. O capítulo 4, relata um experimento de colisão unidimensional em um trilho de ar utilizando sensores e o software livre CvMob para a vídeo-análise, cuja função foi a obtenção de medidas contínuas de corpos em movimento. Os resultados apontaram que o recurso utilizado foi preciso e de baixo custo para experimentação em Física, principalmente, no que diz respeito à análise do movimento de objetos. Outro estudo utilizando este mesmo tipo de recurso, com a finalidade de potencializar o ensino aprendizagem da física e da matemática, os autores utilizaram um software de vídeo-análise Tracker no estudo de lançamento oblíquo. Neste os estudantes tiveram a oportunidade de verificar a influência das condições ambientais, descartadas nos enunciados dessas questões, e ampliar a descrição matemática através de gráficos e análise de vetores, fatores que não seriam explorados nesses exercícios sem o recurso computacional. Com a ferramenta os estudantes também conseguiram desenvolver críticas aos exercícios selecionados a partir de comparações com os enunciados e os dados experimentais (capítulo 12). No capítulo 5, os autores apresentaram uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com as marés oceânicas. Onde, para a detecção das oscilações barométricas foi possível fazer uso da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. Já no capítulo 10, o leitor irá se deparar com outro estudo que utiliza o Arduino como recurso o qual substitui os tradicionais kits. No entanto, neste caso, fez uso do sensor LDR para determinar a posição em diversos experimentos para o ensino-aprendizagem da Física para o Ensino Médio, mostrando-se uma alternativa eficaz e de baixo custo. Outro estudo abordou a eficácia do uso do software Solar System Scope para dispositivos móveis no ensino-aprendizagem da Física no Estudo das Leis de Kepler (capítulo 6). Na proposta apoiada na história, Filosofia e Epistemologia da Ciência os autores apresentam as contribuições de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico do Sistema Solar (capítulo 7). Outra proposta pautada na construção do conhecimento por meio da experimentação pode ser verificada no capítulo 11, onde alunos de Licenciatura em Ciências Naturais tiveram contato com: a historiografia do aeromodelismo, montagem de um modelo aéreo e matematização dos conceitos (terceiro momento) em formato de oficina, mostrando a importância destas etapas no ensino-aprendizagem. No âmbito, experimentos de física em sala de aula utilizando recursos didáticos do cotidiano; o capítulo 8 tratou de uma atividade experimental realizada em uma classe de Jovens e Adultos (EJA) com carrinhos de fricção para determinar a velocidade média deste. No estudo sobre a deformação sofrida por molas, foram realizadas atividades investigativas

e de experimentação, fundamentadas na teoria cognitiva de aprendizagem utilizando o conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio; possibilitando a discussão de conceitos estatísticos, métodos de medição e unidades de medidas (capítulo 9).

Na área temática de Eletricidade e Magnetismo o leitor irá se deparar com 4 capítulos os quais mostram uma preocupação em investigação inicial dos alunos, sequencias didáticas, experimentos de baixo custo e utilização de softwares. O primeiro (capítulo 13), os autores investigaram as diferentes situações didáticas, pertencentes ao campo conceitual da eletrodinâmica, que são propostas aos alunos nas atividades (exercícios, problemas e testes) dos livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2012. O fundamento teórico basilar desta investigação foi a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e tomou como base a ideia defendida pelo autor de que um conceito não se constrói ou aprende com o uso de um só tipo de situação. No capítulo seguinte (14), os autores apresentaram uma sequência didática relacionada ao tema eletricidade por meio da metodologia interativa e investigativa utilizando como recurso didáticos e tecnológicos, exercícios de apostilas de vestibular, a plataforma google forms e simuladores PhET. A sequência didática foi dividida em: a) pré-teste, b) conteúdo digital (utilizando roteiro e kit de circuito Elétrico DC), c) sistematização do conhecimento (lista de exercícios) e d) avaliação para verificação da aprendizagem. Para o estudo conceitual de algumas grandezas físicas, bem como de algumas Leis em eletricidade e magnetismo. No capítulo 15, os autores, descreveram experiências construídas e realizadas com materiais de baixo custo e de fácil aquisição para alunos do Ensino Médio. No capítulo 16, os autores também apresentaram uma sequencia didática com aplicação do simulador PhET, mas com a abordagem POE (predizer, observar e explicar) e da teoria de múltímodos e múltiplas representações. Neste caso, o estudo buscou a correlação das variáveis motivacionais no ensino-aprendizagem de eletricidade e magnetismo para alunos de graduação em Engenharia de uma instituição particular.

Ao leitor, que esta obra, contribua para sua prática em sala de aula, fazendo desta um espaço de relação entre a tríade: professor-alunos-conhecimento.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata diversas pesquisas em ensino de Física e Ciências Naturais, valorizando a prática do docente, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas metodologias de ensino-aprendizagem, tecnologias e recursos didáticos, promovendo a melhoria na educação do nosso país.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEDUÇÃO DA CONVENÇÃO DE SINAL DA EQUAÇÃO DE GAUSS PARA ESPELHOS ESFÉRICOS	
<i>Niels Fontes Lima</i> <i>Rodrigo Oliveira Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928031	
CAPÍTULO 2	12
ESTUDO DE CONCEITOS DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES COM USO DE AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	
<i>Diovana Santos dos Santos Habermann</i> <i>Franciele Braz de Oliveira Coelho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928032	
CAPÍTULO 3	29
METACOGNIÇÃO NO ENSINO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO CALOR	
<i>Clayton Ferreira dos Santos</i> <i>Kátia Regina Varela Roa</i> <i>Miriam Alves Dias Santana</i> <i>Vera B. Henriques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928033	
CAPÍTULO 4	39
ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO DE COLISÃO UNIDIMENSIONAL USANDO SOFTWARE LIVRE CVMOB	
<i>Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento</i> <i>Rodrigo Costa Veras</i> <i>Francisco Ronan Viana Araújo</i> <i>Itamar Vieira de Sousa Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928034	
CAPÍTULO 5	49
AS MARÉS ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA	
<i>Luiz Raimundo Moreira de Carvalho</i> <i>Helio Salim de Amorim</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928035	
CAPÍTULO 6	59
AVALIAÇÃO DO USO DO APLICATIVO SOLAR SYSTEM SCOPE NO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER	
<i>Adriano Alves de Araujo</i> <i>Harrison Luz dos Santos</i> <i>Gabryell Malcher Freire</i> <i>Fábio Andrade de Moura</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928036	

CAPÍTULO 7	68
CONTRIBUIÇÃO DE PTOLOMEU PARA A EVOLUÇÃO DO MODELO GEOCÊNTRICO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS	
<i>Natalia Talita Corcetti</i> <i>Estéfano Vizconde Veraszto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928037	
CAPÍTULO 8	78
EXPERIMENTO COM CARRINHOS DE FRICÇÃO PARA TRATAR DE VELOCIDADE MÉDIA NO PRIMEIRO ANO/SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	
<i>Arivaldo Lopes</i> <i>Marli Santana Pimentel Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928038	
CAPÍTULO 9	86
MEDIÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO E (RE)DESCOBERTA: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM PESOS E MOLAS	
<i>Amsterdam de Jesus Souza Marques de Mendonça</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928039	
CAPÍTULO 10	99
O USO DO LDR COMO SENSOR DE POSIÇÃO COM O ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA	
<i>Lázaro Luis de Lima Sousa</i> <i>Nayra Maria da Costa Lima</i> <i>Luciana Angélica da Silva Nunes</i> <i>Leonardo Augusto Casillo</i> <i>Andreia Paulino da Silva</i> <i>Rodolfo Felipe Medeiros Alves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280310	
CAPÍTULO 11	109
USANDO A MECÂNICA DE VOOS PARA FACILITAR O APRENDIZADO DE CONCEITOS DA MECÂNICA CLÁSSICA	
<i>Juliana Oliveira Costa</i> <i>Renan de Melo Alencar</i> <i>Bianca Pereira Almeida</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280311	
CAPÍTULO 12	117
USO DE VIDEOANÁLISE PARA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE LANÇAMENTO OBLÍQUO	
<i>Gustavo Affonso de Paula</i> <i>Milton Alves Gonçalves Júnior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280312	

CAPÍTULO 13	126
A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O CAMPO CONCEITUAL DA ELETRODINÂMICA: AS DIFERENTES SITUAÇÕES PRESENTES NAS ATIVIDADES DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA	
<i>Deivid Andrade Porto</i>	
<i>Tiago Ferraz Rodrigues</i>	
<i>Mariele Regina Pinheiro Gonçalves</i>	
<i>Marco Aurélio Clemente Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280313	
CAPÍTULO 14	135
CIRCUITOS ELÉTRICOS- UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO RECURSOS TECNOLÓGICOS	
<i>Arthur Alexandre Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280314	
CAPÍTULO 15	154
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM ELETRICIDADE E MAGNETISMO PARA O ENSINO MÉDIO	
<i>Alfredo Sotto Fernandes Jr</i>	
<i>Miguel Arcanjo-Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280315	
CAPÍTULO 16	163
MOTIVAÇÕES, SIMULAÇÕES E DESEMPENHO NO ENSINO DE ELETRICIDADE	
<i>Alcides Goya</i>	
<i>Patrícia Beneti de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280316	
CAPÍTULO 17	173
O CONCEITO DE ENERGIA E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	
<i>Geziane dos Santos Pereira</i>	
<i>Milton Souza Ribeiro Miltão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280317	
CAPÍTULO 18	191
ATIVIDADE EXPERIMENTAL CATIVANTE: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO	
<i>Cleidson Santiago de Oliveira</i>	
<i>Mauro Vanderlei Amorim</i>	
<i>Elizabeth Machado Baptestini</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280318	
CAPÍTULO 19	201
USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS PARA O 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	
<i>Alex Arouca Carvalho</i>	
<i>Júlio Akashi Hernandez</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280319	
SOBRE A ORGANIZADORA	215

AS MARÉS ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

Luiz Raimundo Moreira de Carvalho

ETE Henrique Lage
Niterói – RJ

Helio Salim de Amorim

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Apresentamos uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com as marés oceânicas. Segundo o modelo newtoniano, as oscilações diurnas observadas no nível da água do mar (marés oceânicas) são decorrentes do efeito gravitacional provocado pela Lua e pelo Sol sobre a massa de água da Terra. Por outro lado, é um fato bem conhecido da meteorologia que a pressão atmosférica sofre uma leve variação diurna periódica (marés atmosféricas), um efeito fundamentalmente de origem térmica devido ao aquecimento da atmosfera produzido pela radiação solar. Para a detecção das oscilações barométricas, o professor e seus alunos podem fazer uso da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. A proposta de uma atividade experimental investigativa sobre o tema das marés atmosféricas encontra-se disponível em um roteiro didático no qual procuramos estabelecer similaridades e destacar diferenças entre o fenômeno das marés atmosféricas e o

fenômeno das marés oceânicas.

PALAVRAS-CHAVE: marés atmosféricas, marés oceânicas, atividade experimental investigativa, Arduino.

ABSTRACT: We present an experimental research activity on the atmospheric tides, comparing this phenomenon with the ocean tides. According to the Newtonian model, the daytime oscillations observed at sea level (ocean tides) are due to the gravitational effect caused by the Moon and the Sun on the Earth's body of water. On the other hand, it is a well-known fact of meteorology that atmospheric pressure suffers a slight periodic diurnal variation (atmospheric tides), a fundamental effect of thermal origin due to the heating of the atmosphere produced by solar radiation. For the detection of barometric oscillations, the professor and the students can make use of the Arduino board with sensors of barometric pressure and temperature. The proposal of an experimental investigative activity on the subject of the atmospheric tides is available in a didactic script in which we try to establish similarities and to highlight differences between the phenomenon of the atmospheric tides and the phenomenon of the oceanic tides.

KEYWORDS: atmospheric tides, oceanic tides, experimental investigative activity, Arduino.

1 | INTRODUÇÃO: AS MARÉS OCEÂNICAS

O modelo gravitacional do fenômeno das marés oceânicas foi apresentado e discutido originalmente por Isaac Newton (1642-1727) em seu *Principia Mathematica*. As marés são uma consequência de forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol em consonância com as leis da Mecânica. Sabemos que a Lua exerce uma influência bem mais importante que o Sol, principalmente em razão da distância Terra-Lua em comparação com a distância Terra-Sol (MARION 2011). A diferença entre essas distâncias faz com que a força gravitacional da Lua sobre a massa de água da Terra seja maior do que a força gravitacional do Sol. Esta e várias outras propriedades importantes foram explicadas pelo modelo newtoniano, incluindo a ocorrência da segunda maré alta quando a Lua está no meridiano oposto.

Uma explicação simplificada sobre o fenômeno das marés oceânicas pode ser obtida considerando-se, primeiramente, somente o efeito gravitacional da Lua (e também o da própria Terra) sobre a água. Para facilitar a compreensão do modelo, pressupõe-se a superfície da Terra completamente coberta de água, como sugere a Figura 1 (fora de escala).

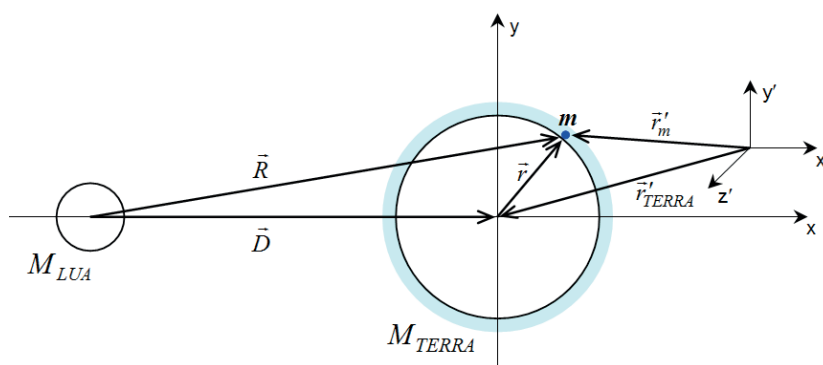


FIGURA 1: Modelo simplificado para explicar as marés oceânicas

Aplicando-se a Mecânica newtoniana ao modelo simplificado representado na Figura 1, concluímos que a força das marés (força gravitacional da Lua responsável por produzir as marés oceânicas) medida no referencial não inercial xyz sobre a massa m de água é dada por $\vec{F}_{\text{MARÉS}} = -G \cdot m \cdot M_{\text{LUA}} \left(\frac{\hat{R}}{R^2} - \frac{\hat{D}}{D^2} \right)$. A Figura 2 (fora de escala) apresenta a força das marés sobre diferentes pontos da superfície da Terra, enquanto a Figura 3 (também fora de escala) apresenta, de forma simplificada e exagerada, o resultado do efeito gravitacional da Lua sobre a massa de água da Terra.

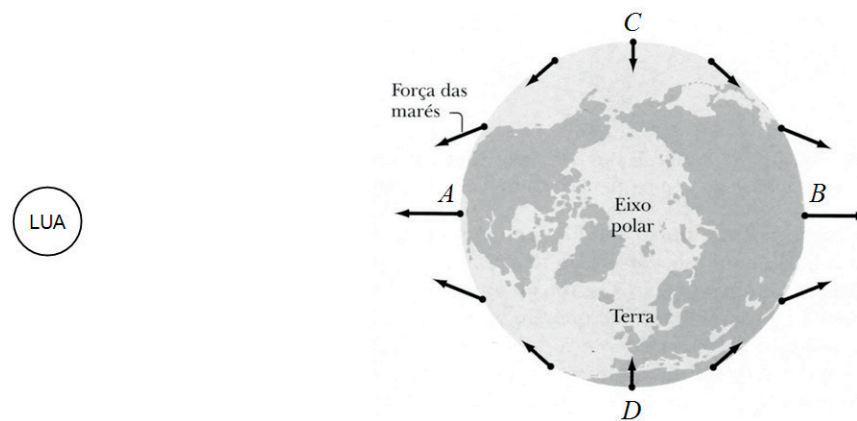


FIGURA 2: Força das marés

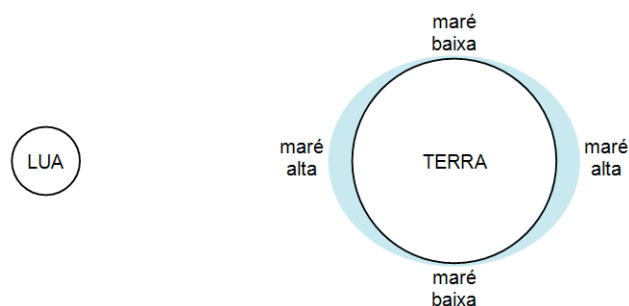


FIGURA 3: Representação das marés altas e das marés baixas

Sabemos que uma abordagem sobre as marés oceânicas, via dinâmica newtoniana, pode não ser muito adequada para alunos do Ensino Médio, dada a complexidade do problema. Os resultados obtidos e, principalmente, a forma como chegamos a esses resultados (mesmo considerando apenas o caso do modelo mais simplificado) envolvem desenvolvimentos matemáticos que em geral são considerados muito complicados para alunos desse nível de ensino. Entretanto, temos uma alternativa didática muito eficiente: analisar as marés oceânicas a partir dos dados de maré coletados em alguma localidade.

2 I ANÁLISE DAS MARÉS OCEÂNICAS A PARTIR DOS DADOS DE MARÉ

Para evitar um tratamento baseado na dinâmica newtoniana de referenciais não inerciais, sugerimos e apresentamos como solução uma análise dos dados de maré. A obtenção de dados sobre as marés oceânicas pode ser feita através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Através do BNDO podemos obter dados de maré de diferentes estações maregráficas. O gráfico da Figura 4 mostra as oscilações no nível da água do mar conforme os registros realizados pela estação maregráfica da Ilha Fiscal, localizada na Baía da Guanabara, Rio de Janeiro/RJ, considerando o período compreendido entre os dias 01/09/2013 e 09/09/2013.

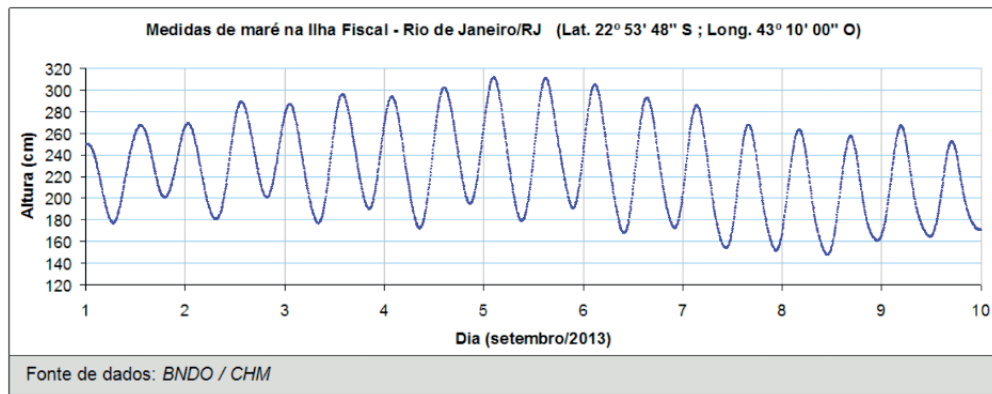


FIGURA 4: Medidas de maré: 1° a 09/set/2013 - Ilha Fiscal / RJ

A partir da determinação dos instantes em que ocorre cada máximo, como exemplificado no gráfico da Figura 5, é possível encontrar o período das oscilações das marés. (O mesmo pode ser feito analisando-se a ocorrência dos mínimos.) Como os máximos ocorrem linearmente ao longo do tempo, o período das oscilações do nível da água do mar pode ser determinado através do ajuste via método dos mínimos quadrados, que fornece um período de 12h23(1)min entre duas marés altas consecutivas.

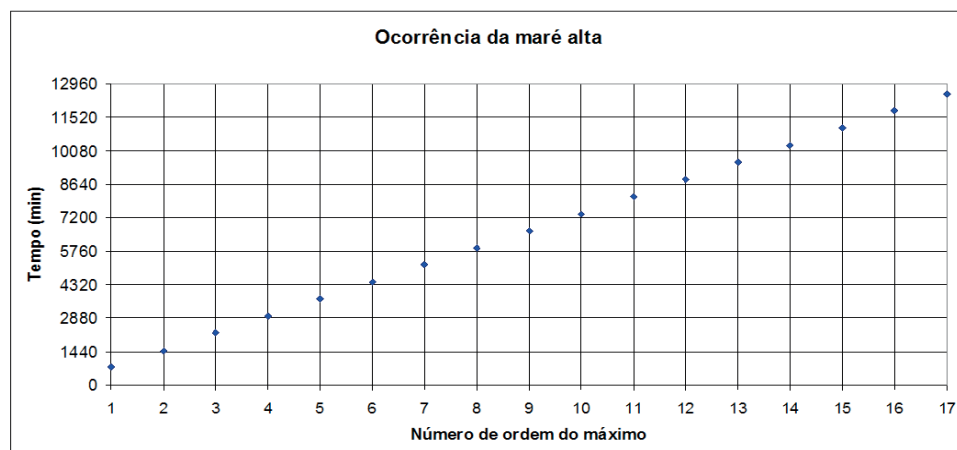


GRÁFICO 9 – Maré alta em intervalos de tempo expressos em minutos

FIGURA 5: Ocorrência da maré alta: 1° a 09/set/2013 - Ilha Fiscal / RJ

Para duas marés altas consecutivas, uma é sublunar e outra é antipodal. Sendo assim, concluímos que o intervalo de tempo entre duas marés altas de mesma natureza (sublunar ou antipodal) corresponde ao dobro do período obtido, isto é, 24h47(2)min. Entretanto, o intervalo de tempo de 24h47min não se aproxima do período de um dia solar (24h). Na realidade, esse intervalo de tempo corresponde ao dia lunar, cuja duração aproximada é 24h51min. O resultado experimental de aproximadamente 24h47min, obtido a partir dos dados de maré fornecidos pelo BNDO, permite concluir que as marés oceânicas são regidas pela Lua. Com essa abordagem, os estudantes evitam as dificuldades inevitavelmente produzidas pela mecânica newtoniana de referenciais não inerciais.

3 | AS MARÉS ATMOSFÉRICAS

Newton concebeu que as mesmas ideias que implicam o efeito de maré nos oceanos deveriam produzir também um efeito similar na atmosfera, mas concluiu que o efeito atmosférico seria muito mais difícil de observar. Como a atmosfera não tem uma superfície limítrofe bem definida, como é o caso dos oceanos, o efeito teria que ser observado indiretamente. Um dos parâmetros que pode se mostrar sensível a variações da “espessura” da atmosfera é a pressão. Nesse caso, o efeito seria observado como uma leve oscilação diurna da pressão atmosférica, que poderia ser entendida como decorrente de uma espécie de “alteração no nível do ar da atmosfera”.

O gráfico da Figura 6 mostra as oscilações de pressão registradas na cidade de Niterói/RJ no período compreendido entre os dias 11/09/2013 e 14/09/2013, enquanto que o gráfico da Figura 7 fornece os registros da pressão barométrica em Teresópolis/RJ no mesmo período. Por estar localizada ao nível do mar, Niterói apresenta uma pressão atmosférica média de aproximadamente 1 atm (101.325 Pa), ao passo que em Teresópolis a pressão média é menor do que uma atmosfera em virtude da elevação (altitude) da cidade, cerca de 900m acima do nível do mar. Para facilitar a comparação entre as oscilações registradas nos dois gráficos, as curvas de pressão foram superpostas, e para tanto a escala de pressão do eixo das ordenadas foi suprimida no gráfico da Figura 8. O mais notável é que observamos uma sincronia nas variações diurnas da pressão atmosférica, apesar do valor absoluto da pressão ser diferente nas duas localidades. Essa coincidência ocorre por causa da proximidade entre os dois locais de medição. No caso, a distância era de apenas 57km.

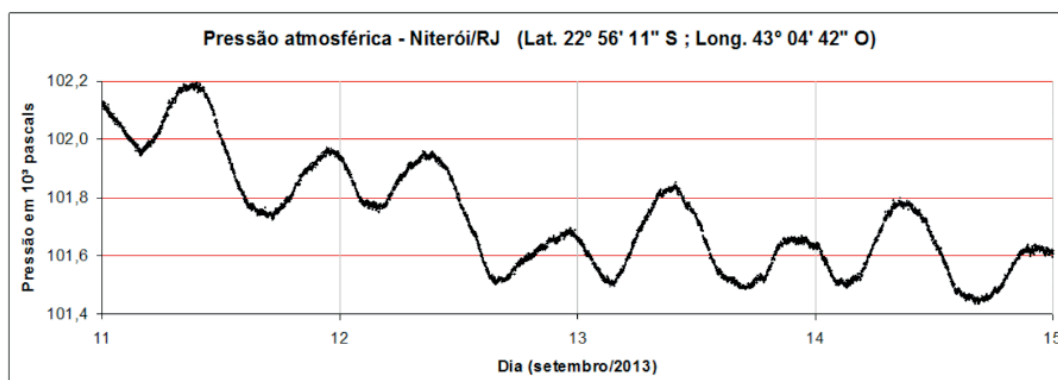


FIGURA 6: Pressão atmosférica: 11 a 14/set/2013 - Niterói / RJ

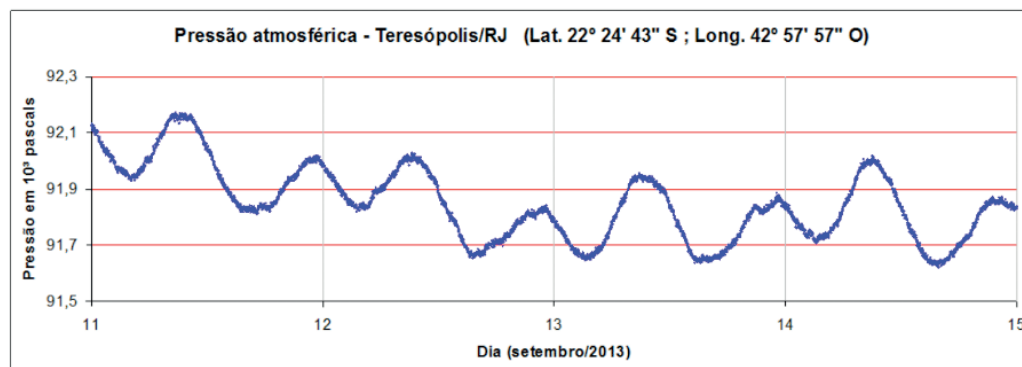


FIGURA 7: Pressão atmosférica: 11 a 14/set/2013 - Teresópolis / RJ

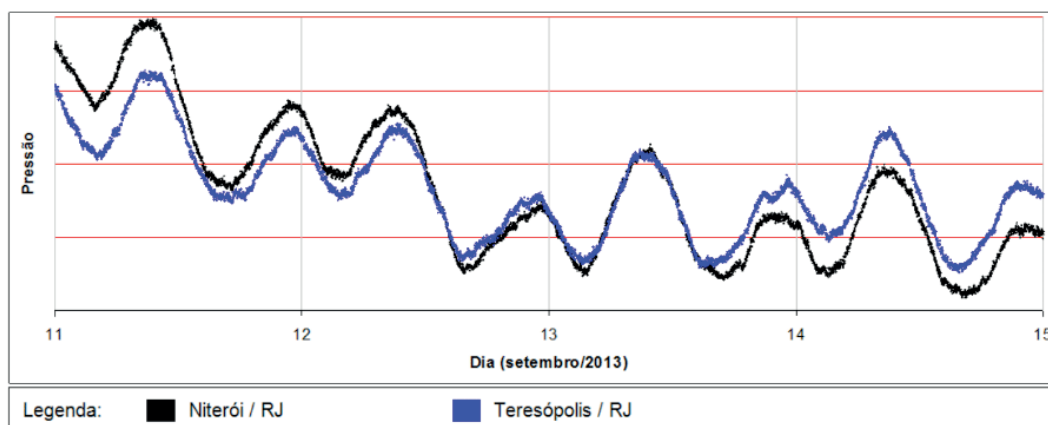


FIGURA 8: Oscilações na pressão atmosférica: Niterói e Teresópolis

Estaríamos tentados a identificar o efeito observado nos gráficos de pressão com o mesmo fenômeno gravitacional que provoca as marés oceânicas. Mas, como sabemos hoje, tal efeito não pode ser explicado simplesmente em função da ação gravitacional. Ele é na realidade decorrente principalmente da ação da radiação solar sobre a atmosfera terrestre. A ação gravitacional (lunar e solar) está presente, mas é muito menor do que a ação térmica do Sol.

O período das oscilações barométricas pode ser obtido a partir da ocorrência dos máximos (ou dos mínimos) de pressão registrados. O gráfico da Figura 9 expõe a ocorrência das oito “marés barométricas altas” (picos de pressão) registradas nas cidades de Niterói e de Teresópolis ao longo do período compreendido entre 11 e 14/09/2013.

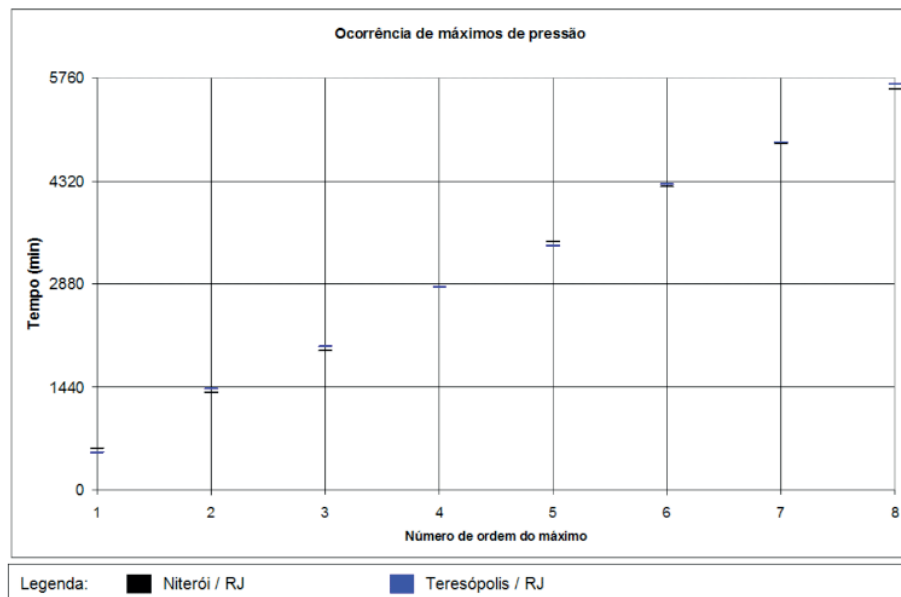


FIGURA 9: Ocorrência da maré barométrica alta

Os pontos do gráfico se distribuem linearmente e o ajuste, tomando por base os dados de Teresópolis, fornece um período de 11h55(4)min entre dois picos de pressão consecutivos. O resultado obtido sugere um padrão de 23h50(8)min para as marés atmosféricas. Esse padrão não coincide com o dia lunar (24h51min). Na realidade, parece coincidir com o dia solar (24h). Portanto, concluímos que as marés atmosféricas não são regidas pela Lua por um efeito gravitacional, mas têm relação com o Sol, pois são um efeito de origem térmica. Esse fato pode ser corroborado através de uma análise da temperatura ambiente, cujas oscilações podem ser observadas no gráfico da Figura 10.

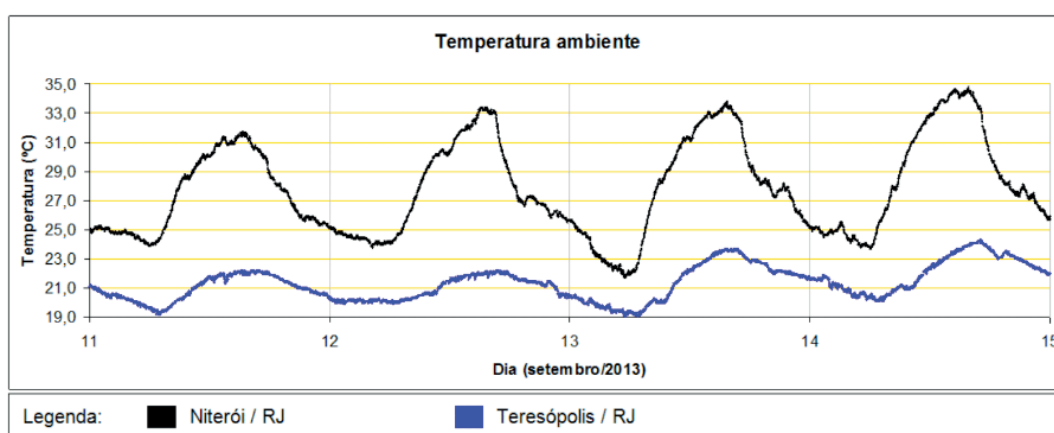


FIGURA 10: Oscilações na temperatura ambiente: Niterói e Teresópolis

Assim como os máximos de pressão, os máximos de temperatura também se distribuem linearmente ao longo do tempo e o ajuste das retas proporciona um período de 24,2(4)h entre máximos consecutivos da temperatura em Niterói e de 23,4(4)h em Teresópolis. Esses intervalos de tempo, que de certa forma representam o dia solar (24h), efetivamente sugerem que o Sol (e não a Lua) rege as variações diurnas

na pressão e temperatura atmosféricas, e que estas são decorrentes da ação da radiação térmica solar sobre a atmosfera terrestre. Na realidade, a ação gravitacional do Sol e da Lua exercida sobre a atmosfera da Terra também está presente nas marés atmosféricas, mas é muito menor do que a ação térmica do Sol. Sendo assim, a gravidade não chega a se constituir como uma causa para as marés atmosféricas da forma como esse fenômeno é observado.

4 | BARÔMETRO DIGITAL: UM PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO ALIADO A UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

As oportunidades que as atuais tecnologias de medição oferecem devem ser usufruídas por estudantes e professores, notadamente as tecnologias de automação dos experimentos, que permitem a execução de investigações em tempo real e possibilitam a investigação de fenômenos que envolvem grande número de variáveis ou que acontecem muito rapidamente para serem observados por meios convencionais (BORGES 2002). Uma metodologia de ensino por investigação deve buscar o exercício de uma postura investigativa, que ocorre com a imersão do estudante em um ambiente teórico-experimental no qual ele possa formular, articular, descartar ou reformular conceitos ou ideias ligadas à ciência. Essa é a proposta do roteiro didático *Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino* (Figura 11). O roteiro completo está disponível na página do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro e apresenta uma proposta para alunos do Ensino Médio desenvolverem uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas e oceânicas. Também está disponível um manual com orientações para o professor desenvolver a atividade com seus alunos.

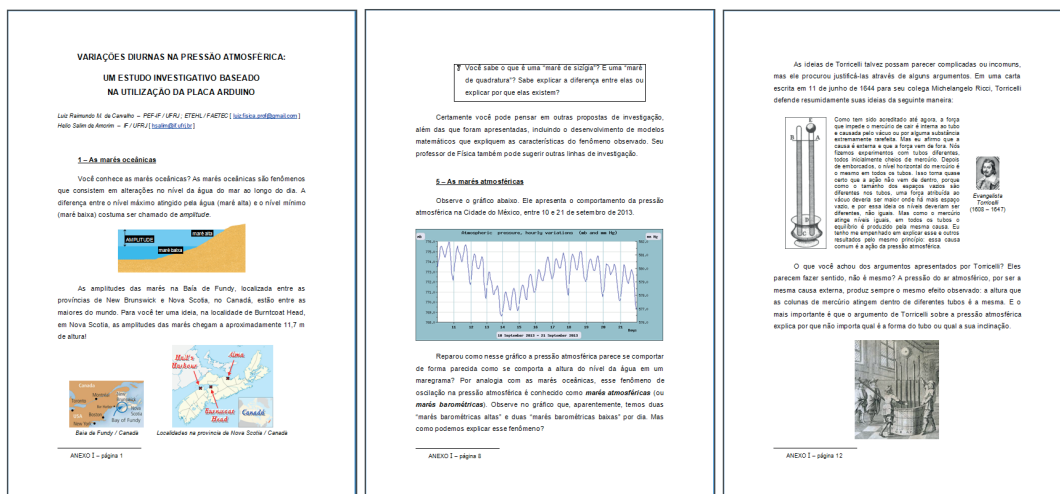


FIGURA 11: Fragmentos do roteiro didático

As investigações sobre a oscilação da pressão atmosférica (“marés atmosféricas”) requerem um grande número de medidas da pressão. Entretanto, medições com o

uso de um barômetro de mercúrio são especialmente complicadas, pois demandam uma dedicação à coleta de dados da qual estudantes e professores certamente não dispõem. Com o uso de um sensor de pressão e temperatura acoplado à placa Arduino, cerca de 10 mil medidas podem ser obtidas em apenas uma semana. O conjunto é compacto e, com a programação adequada da placa Arduino (CARVALHO 2014, p. 160-164), opera de forma independente da conexão entre o Arduino e um computador, sendo alimentado por uma fonte de 9V (Figura 12). Os componentes são versáteis e apresentam pequenas dimensões (Figura 13); dentre eles contamos com um *data logging shield* que possibilita o armazenamento, em um cartão de memória, das medidas efetuadas pelo sensor.

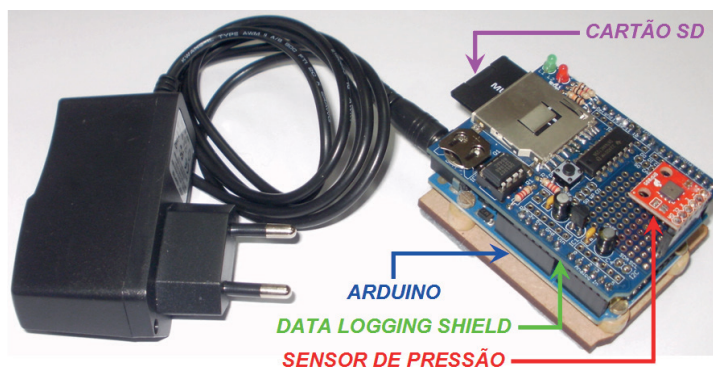


FIGURA 12: Arduino Uno + data logging shield + sensor BMP085 + cartão SD + fonte 9V

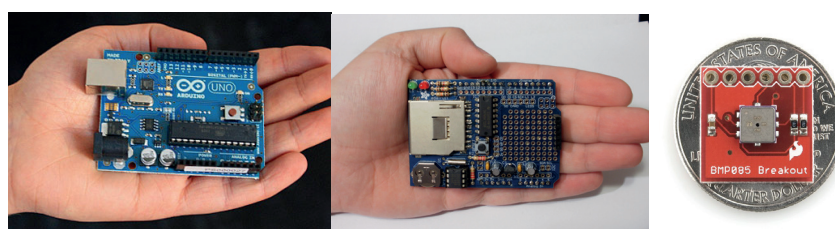


FIGURA 13: Dimensões dos componentes (Arduino Uno, shield, sensor BMP085)

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade experimental investigativa aqui proposta foi implementada na Escola Técnica Estadual Henrique Lage (Niterói/RJ) e os resultados foram analisados com a participação de estudantes de diversas turmas da instituição. Esperamos que a aplicação desta atividade em outras escolas possibilite o intercâmbio de dados e informações obtidas por alunos e professores de diferentes instituições de ensino de nível médio e superior.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 19, n. 3, p. 291-313, dez/02.

CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de. **Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 234 p.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MARION, Jerry B. & THORNTON, Stephen T. **Dinâmica Clássica de Partículas e Sistemas**. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 174-179

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-209-8

