



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-429-0
DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.2901925061	
CAPÍTULO 2	14
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
DOI 10.22533/at.ed.2901925062	
CAPÍTULO 3	31
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
DOI 10.22533/at.ed.2901925063	
CAPÍTULO 4	41
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
DOI 10.22533/at.ed.2901925064	
CAPÍTULO 5	47
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925065	
CAPÍTULO 6	60
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
DOI 10.22533/at.ed.2901925066	

CAPÍTULO 7	73
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925067	
CAPÍTULO 8	77
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
DOI 10.22533/at.ed.2901925068	
CAPÍTULO 9	85
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
DOI 10.22533/at.ed.2901925069	
CAPÍTULO 10	95
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
DOI 10.22533/at.ed.29019250610	
CAPÍTULO 11	104
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
DOI 10.22533/at.ed.29019250611	
CAPÍTULO 12	117
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250612	
CAPÍTULO 13	126
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
DOI 10.22533/at.ed.29019250613	

CAPÍTULO 14	138
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.29019250614	
CAPÍTULO 15	146
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250615	
CAPÍTULO 16	150
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
DOI 10.22533/at.ed.29019250616	
CAPÍTULO 17	166
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.29019250617	
CAPÍTULO 18	183
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
DOI 10.22533/at.ed.29019250618	
CAPÍTULO 19	195
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.29019250619	

CAPÍTULO 20	211
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas	
Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento	
Thayse Farias de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.29019250620	
CAPÍTULO 21	222
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira	
Márcio Cataldi	
DOI 10.22533/at.ed.29019250621	
CAPÍTULO 22	238
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa	
Anderson da Silva Rocha	
Lucas Paglioni Pataro Faria	
DOI 10.22533/at.ed.29019250622	
CAPÍTULO 23	252
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva	
Rejane Félix Pereira	
Umberto Sampaio Madeiro Junior	
Guilherme Geremias Prata	
Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250623	
CAPÍTULO 24	258
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa	
Millena Gabriela Gualberto de Souza	
Glaucio Luciano de Araújo	
Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250624	
CAPÍTULO 25	270
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann	
Susan Hatschbach Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250625	
CAPÍTULO 26	273
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250626	

CAPÍTULO 27	279
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250627	
CAPÍTULO 28	289
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250628	
CAPÍTULO 29	296
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250629	
CAPÍTULO 30	307
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldenir Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250630	
CAPÍTULO 31	323
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250631	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	341

A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO

Maria Lia Scalli Fonseca

Graduanda em Engenharia, Universidade de São Paulo (USP).

Técnica em Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo (IFSP) - *lilous2000@gmail.com*

Felipe de Lucas Barbosa

Graduando em Engenharia (USP).

Técnico em Mecânica (IFSP) - *felipe.l.barbosa@usp.br*

José Otavio Baldinato

Doutor em Ensino de Ciências (USP). Professor do departamento de Ciências e Matemática, Subárea Química (IFSP) - *baldinato@ifsp.edu.br*

RESUMO: Partindo de pesquisa historiográfica sobre o papel dos agentes imponderáveis na filosofia natural entre os séculos XVIII e XIX, os estudantes/pesquisadores envolvidos neste projeto assumiram o desafio de construir dispositivos experimentais capazes de explorar propriedades dos agentes invisíveis calor e eletricidade. Com isso identificamos na história da ciência uma estratégia para integração didática das disciplinas de química e mecânica no âmbito do ensino médio integrado ao técnico.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de química, Mecânica, Calor, Eletricidade.

ABSTRACT: Historiographical research show that uncovering properties of invisible agents played a major role in the studies of natural philosophy in the 18th and 19th centuries. Based on that, the students/researches involved in this project took up the challenge of constructing experimental devices to tackle heat and electricity. Results allow us to take history of science as a useful strategy for integrating the classes of chemistry and mechanics in the scope of secondary technical education.

KEYWORDS: Chemistry teaching, Mechanics, Heat, Electricity.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 9.394/1996, chama-se de “integrado” o curso em que os estudantes adquirem uma formação profissional técnica na mesma escola e ao mesmo tempo em que frequentam o Ensino Médio, tendo para isso realizado uma única matrícula. No entanto, o cotidiano dessas escolas técnicas revela uma série de desafios que precisam ser superados para que o adjetivo “integrado” tenha, de fato, um significado em termos pedagógicos (MACHADO, 2010). A articulação das disciplinas técnicas com as da formação geral é um desses desafios.

Neste artigo apresentamos a pesquisa

conduzida por dois estudantes do Ensino Médio oferecido pelo campus São Paulo da rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP). A pesquisa foi realizada no âmbito do Programa Institucional de Iniciação Científica Júnior e nosso objetivo era utilizar a história da ciência como estratégia para a integração dos saberes desenvolvidos nas disciplinas de química e mecânica do curso de nível médio integrado ao técnico do IFSP. A proposta envolveu o resgate de uma prática que era habitual na filosofia química do início do século XIX, a saber, a produção de experimentos com a finalidade de tornar observáveis as propriedades de certos agentes invisíveis, como o calor e a eletricidade (BALDINATO, 2015). Assim, partindo dessa motivação histórica, fomentamos o estudo e a aplicação de técnicas mecânicas para construir aparatos químicos que permitissem explorar propriedades desses agentes imponderáveis.

Com essa proposta, além de promover um aprofundamento dos estudos de química e mecânica dos alunos/pesquisadores, pretendíamos iniciar uma coleção de kits experimentais que pudesse ser utilizada por outros professores e turmas do IFSP. Desta forma, a pesquisa que relatamos neste artigo se coloca na interface entre as áreas de história da ciência e ensino, e visa contribuir com o aprimoramento das relações de ensino e aprendizagem, dando um passo em direção à almejada integração dos saberes trabalhados na Educação Profissional Técnica de Nível Médio.

Neste artigo detalhamos os resultados obtidos na pesquisa historiográfica e na construção mecânica de dois dispositivos experimentais, um abordando propriedades do calor e o outro, da eletricidade.

2 | JUSTIFICATIVA

Atividades experimentais têm grande importância no ensino da química (GALIAZZI et al. 2001). Além de possibilitarem o exercício da observação, da formulação de indagações e de estratégias para respondê-las, essas atividades são significativas para a assimilação de conteúdos científicos e podem contribuir para o ensino de aspectos da natureza da ciência (NdC), como o seu caráter dinâmico e contextual (SILVA, 2013; MARTINS, 2015).

Por sua vez, a história da ciência é uma ferramenta de extrema importância para a didática das ciências, pois seja como conteúdo ou como estratégia, facilita a compreensão de conceitos, modelos e teorias, além de ser importante elemento motivador para o estudo.

Souza (2012) ressalta que um experimento de natureza química, se apresentado dentro do seu contexto, contribui para que o aluno desenvolva uma discussão sobre o método científico utilizado. Já Silva (2013) associa a reprodução de experimentos históricos à possibilidade de o aluno entender o cientista do passado e as intenções deixadas pelos seus textos. Além disso, o aluno pode entender como a construção de um experimento e a interpretação dos seus resultados são dependentes de

alguma teoria que orienta o olhar do cientista, ressaltando a dimensão humana e consequentemente, falível da ciência.

Para além da contribuição que esse trabalho poderá deixar às aulas de química e de mecânica no IFSP, consideramos importante enfatizar a valorização da formação técnica dos estudantes que conduziram essa pesquisa. Isso porque encontramos na proposta de construção desses dispositivos experimentais uma oportunidade para aplicar seus conhecimentos aprendidos nas disciplinas técnicas do curso, fomentando um melhor aprendizado de todas as áreas envolvidas no projeto.

Neste trabalho, assumimos a releitura de experimentos históricos como um meio para a articulação de saberes das áreas de mecânica e de química, potencializando a aprendizagem de conceitos e habilidades trabalhados no Ensino Médio integrado ao Técnico.

3 | METODOLOGIA

No início do projeto conduzimos um estudo bibliográfico com foco na apropriação de aspectos históricos e filosóficos da química considerando o contexto motivador da pesquisa. Sob a luz da contemporânea historiografia da ciência (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ, BELTRAN, 2004), consultamos fontes primárias que permitiram a aproximação à estrutura do pensamento da época que marcava as formas de expressão dos filósofos químicos europeus entre os séculos XIII e XIX, além da literatura secundária já produzida por historiadores. Estudamos fenômenos ligados aos agentes imponderáveis e, principalmente, o tipo de montagem experimental que era efetuada para a verificação das suas propriedades.

A parte iconográfica desta pesquisa considerou as ilustrações presentes em artigos e livros originais da época (VOLTA, 1800; MARCET, 1817) e também o documentário *The Mystery of Matter*, produzido pela rede de TV americana PBS, tendo a colaboração de historiadores da ciência reconhecidos na sua produção (THE MYSTERY..., 2014).

Com base nessa pesquisa inicial, realizamos o projeto e a construção de dois dispositivos experimentais. Esses dispositivos foram concebidos com a finalidade de uso didático voltado para o ensino de química de nível médio. Portanto, as montagens prezam pela simplicidade e clareza na exposição dos seus efeitos. Cada experimento foi montado como um kit móvel e autônomo, de modo que pudesse ser transportado com facilidade para salas de aula ou laboratórios didáticos. Os conhecimentos de mecânica foram empregados na confecção de chapas, suportes, pinos, bases e demais peças necessárias à montagem eficiente e segura dos kits (DINIZ, 2013).

Os equipamentos utilizados foram ferro de solda, tesoura guilhotina, serra de fita, furadeira de bancada, torno mecânico e lima, além do software Autodesk Inventor e AutoCAD para o projeto geral dos kits. Os materiais empregados nas montagens incluem placas de madeira, hastes cilíndricas de vidro, papel filtro, chapas de cobre, zinco e alumínio, blocos de PVC, piso de borracha pastilhado, lixa e soluções de ácido

sulfúrico e iodeto de potássio na concentração de 0,1 mol/L.

Como detalharemos nos tópicos seguintes, a montagem dos dois dispositivos foi inspirada pela identificação de controvérsias científicas envolvendo as explicações sobre a natureza do calor e da eletricidade no início do século XIX. Consideramos importante destacar esse detalhe, pois revelar momentos de controvérsia no desenvolvimento da ciência nos parece ser, justamente, uma das contribuições efetivas que a história da ciência pode trazer ao ensino no nível médio, contribuindo para o alcance dos objetivos atuais da educação (PORTO, 2010).

Na sequência, apresentamos uma síntese dos resultados obtidos com a pesquisa histórica e separamos a construção de cada dispositivo em tópicos isolados.

4 | RESULTADOS

Nos termos da filosofia química da virada entre os séculos XVIII e XIX, a interação dos corpos naturais era interpretada em função de forças atrativas de coesão e de composição. As forças de coesão se aplicariam apenas entre partículas iguais, justificando os estados de agregação nas fases sólida, líquida e aeriforme dos materiais. Já as forças de composição comandariam a interação entre partículas de naturezas distintas, orientando a formação das substâncias compostas (CHAPTAL, 1800; MARCET, 1817). Um problema amplamente reconhecido dessa teoria estava na interpretação dos processos de decomposição, que desempenhavam um papel fundamental como prática experimental capaz de ampliar o entendimento químico sobre os corpos naturais. O problema era que, sendo as partículas da matéria submetidas apenas a forças atrativas, tornava-se filosoficamente impossível a efetiva separação de todos os constituintes de uma substância (MACQUER, 1749).

A relevância atribuída aos processos de decomposição nesse modo de pensar dirigia a atenção dos filósofos químicos para um conjunto de agentes que, embora fossem desprovidos de massa, exerceriam uma função crucial ao introduzirem forças repulsivas na estrutura da matéria, promovendo o afastamento das partículas constituintes dos corpos. Esses agentes ficaram conhecidos como imponderáveis, e incluíam a luz, o calor, a eletricidade e, para alguns autores, o magnetismo (BALDINATO, 2015).

Fenômenos naturais como a queima, a ferrugem, faíscas, evaporação, dilatação e vários outros eram explicados em função da interação dos agentes imponderáveis com a matéria comum. No entanto, a pesquisa histórica revela disputas teóricas em relação à qual seria a natureza destes agentes. Seria o calor uma substância material ou uma forma de vibração? Haveria dois fluidos elétricos distintos, um positivo e outro negativo, ou apenas um componente elétrico que se move em função de gradientes de potencial?

Em relação ao calor, as primeiras publicações de Humphry Davy (1799) já tentavam, em vão, resolver a disputa. O filósofo nos conta que, à época, era

amplamente aceito que as partículas dos corpos materiais podiam se aproximar ou se afastar, podendo produzir arranjos muito compactos ou mais espaçados. Isso afetava a gravidade específica dos corpos e sabia-se que essa propriedade podia aumentar ou diminuir a partir da variação da temperatura. Assim, o aumento da temperatura parecia exercer, entre as partículas, um poder que se opõe à coesão, podendo ser chamado de repulsão.

Este fenômeno era explicado por filósofos químicos do período a partir de um fluido elástico peculiar, ao qual dava-se o nome de calórico, ou calor latente. Dentro desse quadro teórico, a existência e a mudança dos estados físicos se dão conforme a quantidade de fluido calórico que há em um corpo material. Este fluido se infiltra entre as partículas da matéria, impedindo o seu contato direto e promovendo maior ou menor espaço entre os corpúsculos. É, assim, a causa da repulsão.

Segundo Alves (2013), a teoria calorista atribuía certas propriedades ao calórico, como: ser um fluido sutil; ter a capacidade de rodear as partículas que compõem um corpo e; determinar a sua temperatura. Mesmo sem afetar as relações de massa, o aumento na quantidade de calórico num corpo implicava no aumento do volume do mesmo.

Baseando-se nesses efeitos conhecidos do calor, alguns filósofos químicos exploraram as falhas observadas nessa teoria. Ressaltaremos dois nomes que desenvolveram pesquisas contrapondo-se à teoria do calórico: Humphry Davy (1778-1829) e Benjamim Thompson (1753-1814), conhecido como Conde Rumford.

Rumford realizou investigações nos mais diversos campos de atuação, registrando várias invenções. Parte significativa das suas contribuições à filosofia natural nasceram da preocupação com os fenômenos ligados ao calor, fruto do seu trabalho na produção de armamentos. Foi no final do século XVIII que ele realizou um dos seus ensaios mais conhecidos, o experimento do canhão (ALVES, 2013).

O entendimento de Rumford sobre a natureza do calor foi bastante pautado pela tentativa de explicar o grande efeito térmico envolvido no processo de perfuração dos canhões (GOMES, 2012). Segundo Alves (2013), o experimento realizado no ano de 1797 investigava a natureza do calor a partir da observação do aumento de temperatura que decorre do atrito entre as partes metálicas de canhões. Rumford utilizou as seguintes palavras ao apresentar suas conclusões sobre o calor na sociedade científica inglesa:

Estava envolvido recentemente na superintendência da perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar de Munique, fiquei impressionado com o grau muito considerável de calor [temperatura] que uma arma de bronze adquire em um curto espaço de tempo em que está sendo perfurada, e ainda com a temperatura maior (muito mais elevada do que a da água em ebulição, como encontrada por experiência) das lascas metálicas separadas do canhão pela broca.

Quanto mais eu meditava sobre esses fenômenos, mais eles me pareciam ser curiosos e interessantes. Uma investigação completa deles parecia prometer dar uma compreensão mais avançada sobre a natureza oculta do calor, permitindo-nos

formar algumas conjecturas razoáveis a respeito da existência, ou inexistência, de um fluido ígneo – um assunto sobre o qual as opiniões dos filósofos de todas as épocas têm sido muito divididas. (RUMFORD apud GOMES 2012, p.1058-1059).

Rumford pesquisou se o calor produzido durante a perfuração derivaria ou não das lascas do metal, pois essa era a justificativa abordada por alguns filósofos caloristas. Esses adeptos da teoria substancialista do calor afirmavam que parte do “calor latente” do material era liberado durante a abrasão, juntamente com as lascas metálicas. O fenômeno ocorria de tal forma que a “capacidade para o calor”, ou o calor específico, das lascas metálicas tornava-se menor.

Entretanto, Rumford chega à seguinte conclusão sobre a origem da imensa quantidade de calor que surge na fricção de duas superfícies metálicas:

No debate sobre esse assunto, deve-se considerar que, em muitas circunstâncias notáveis, a fonte de calor gerado pelo atrito nessas experiências pareceu ser inesgotável.

É desnecessário acrescentar que qualquer coisa que um corpo isolado, ou sistema de corpos, pode continuar a fornecer sem limitação, não pode ser uma substância material, parece-me ser extremamente difícil, se não impossível, formar qualquer ideia distinta de qualquer coisa capaz de ser excitada e comunicada na forma em que o calor foi excitado e comunicado nessas experiências, a não ser o MOVIMENTO (RUMFORD apud GOMES, 2012, p.1061).

Seguindo uma visão corpuscular do calor, poderíamos interpretar que o calórico presente na estrutura dos corpos metálicos seria liberado para a sua vizinhança por meio do atrito entre as peças, provocando um aquecimento sensível do ambiente. Contudo, essa visão pressupõe a existência de um estoque finito de calórico que permeia a estrutura dos metais (ALVES, 2013). De acordo com Gomes (2012), com esse experimento, Rumford atacou a teoria basilar dos caloristas da época: o princípio da conservação do calórico. O conjunto de seus experimentos sugeria que a fricção de dois metais era uma fonte inesgotável de calor. Se o calórico fosse retirado de um objeto por fricção, como alegavam os químicos que defendiam a teoria, deveria haver um momento em que o estoque de calórico daria sinais de esgotamento. Tal fato não foi observado por Rumford. Assim, se um objeto isolado pode continuar a fornecer calor indefinidamente, então o calor não pode ser uma substância material. Desse modo, a origem do calor poderia ser atribuída ao movimento das partículas dos materiais que atritavam.

Após a experiência feita com os canhões, Rumford conclui que o trabalho pode ser convertido em calor e vice e versa. Além disso, a natureza do calor era a mesma do movimento. Assim, ele deixou sua hipótese argumentada da seguinte forma: uma esponja não pode liberar água indefinidamente, mesmo que a mantivéssemos apertada o tempo todo. De modo distinto, a taxa de produção de calor poderia ser mantida indefinidamente enquanto o trabalho de usinagem fosse realizado.

Em diferentes momentos de sua carreira, Humphry Davy também se mostrou adepto da teoria dinâmica do calor. Sob essa inclinação, ele realizou experimentos

envolvendo a fricção para mostrar empiricamente que o calor, ou poder de repulsão, não é matéria (SANTOS, 2012).

Numa coleção de ensaios organizada por Thomas Beddoes e publicada em 1799, Davy testa implicações da hipótese do calor como matéria e adota a estratégia de redução ao absurdo para descartar essa visão. Pela hipótese corpuscular, a temperatura de um corpo só pode aumentar em duas situações: ao se reduzir a sua capacidade térmica por algum meio; ou ao se colocar esse corpo em contato com um outro, mais quente no momento. Essas situações foram consideradas nos casos em que há o aumento da temperatura gerado a partir da fricção e da percussão.

Davy primeiro considerou que a razão para a diminuição da capacidade térmica dos corpos seria decorrente de alguma mudança induzida neles pelo atrito. Tal mudança seria responsável pelo aumento na temperatura. Depois considerou o gás oxigênio circundante, pois a sua decomposição poderia resultar no aquecimento dos corpos, e o atrito entre eles poderia produzir alguma mudança que os tornasse capazes de decompor oxigênio. Para isso, verificava-se o grau de oxidação dos corpos oxidados, parcial ou completamente.

Conforme Cindra (2005), um dos primeiros e mais conhecidos testes de Davy envolvia dois paralelepípedos de gelo com suas faces em contato e acoplados a um mecanismo, que possibilitava o atrito violento e contínuo das massas de gelo.

Davy (1799) diz que os paralelepípedos de gelo foram quase completamente transformados em água, e que esta água coletada estava a uma temperatura de 35°F, sendo que no início do experimento se encontrava a 29°F. A fusão do gelo ocorreu apenas nas faces em contato, que sofreram a fricção. Neste experimento é nítido que o gelo pode ser convertido em água por atrito e, de acordo com os pressupostos supracitados, dir-se-ia que a sua capacidade térmica diminuiu. Porém, já era conhecido que a capacidade térmica da água é muito maior que a do gelo, e que o gelo requer certa quantidade de calor para ser convertido em sua forma líquida. Conclui-se, portanto, que ao menos neste caso, o atrito não diminui a capacidade dos corpos para o calor. Além disso, Davy tomou como evidente que o aumento da temperatura decorrente do atrito não pode ser consequência da decomposição do gás oxigênio do entorno, pois o gelo não tem atração pelo oxigênio.

Por fim, o filósofo concluiu que a fricção pode induzir um movimento peculiar a partir do qual é produzido o calor, provavelmente proveniente de uma vibração de partículas dos corpos que tendem a um movimento de repulsão.

Embora os experimentos e interpretações de Davy e Rumford pareçam conclusivos, fato é que vários livros e artigos escritos por filósofos respeitados continuaram trabalhando com a perspectiva do calor como substância por, ao menos, quarenta anos após a divulgação desses trabalhos (SANTOS, 2012). Isso sugere o quanto é difícil estabelecer consensos em ciência e como os experimentos não fornecem evidências tão claras e conclusivas ao ponto de permitir a confirmação ou a refutação integral de teorias (CHALMERS, 1993).

Passando agora à eletricidade, encontramos entre os séculos XVIII e XIX uma situação de indefinição teórica bastante semelhante à que narramos sobre o calor. Em particular, Hackmann (1979) destaca como múltiplas teorias sobre a eletricidade foram desenvolvidas em estreita relação com o desenvolvimento de instrumentos e testes que, ao longo do século XVIII, trouxeram à tona uma variedade de fenômenos elétricos inusitados e imprevisíveis com as teorias da época.

Como o agente é invisível, todo filósofo se encontra em posição de liberdade para fazer dele o que quiser, atribuindo-lhe as características e capacidades que parecerem mais convenientes aos seus propósitos (PRIESTLEY, 1767, p. 446).

Entre os séculos XVII e XVIII é sensível a mudança da concepção de eletricidade de eflúvio (ou emanção) para a ideia de fluido. Na primeira dessas visões, entendia-se que o atrito de certos materiais provocava um tipo de emanção (elétrica), que aos poucos retornaria à superfície do material de origem e, neste caminho de volta, seria capaz de arrastar objetos leves como o papel. Esse fenômeno remetia à analogia com o comportamento da resina chamada âmbar (elektron em grego) e, desta forma, tratava exclusivamente de forças atrativas entre os corpos materiais, nunca repulsivas.

De acordo com a história da eletricidade publicada por Joseph Priestley em 1767, enquanto a atração e a repulsão eram os únicos efeitos atribuídos à eletricidade, a teoria de Charles Du Fay (1698-1739) que falava em dois fluidos elétricos, vítreo e resinoso, se mostrava suficiente. No entanto, concepções teóricas mais complexas foram desenvolvidas para lidar com outros fenômenos posteriormente associados à ação elétrica, como “fortes faíscas acompanhadas de considerável barulho, uma sensação dolorosa e forte odor fosfórico” (PRIESTLEY, 1767, p. 448).

De acordo com o relato de Priestley, já na década de 1760 a maior parte dos filósofos ingleses trabalhava com a teoria da eletricidade positiva e negativa. Esta, embora creditada a Benjamin Franklin (1706-1790), teria sido defendida com alguma antecedência por William Watson (1715-1787), ambos tendo publicado suas comunicações sobre o tema no ano de 1747 (PRISTLEY, 1767, p. 455).

Franklin admita a existência de um único fluido elétrico, que permearia os poros de toda a matéria comum. As partículas de eletricidade seriam mutuamente repulsivas, embora atraídas por toda a matéria comum. O atrito com uma resina ou flanela poderia provocar desequilíbrios na distribuição desse fluido elétrico, criando gradientes em corpos separados ou em regiões distintas de um mesmo corpo. Nesses casos, a região momentaneamente mais concentrada do fluido elétrico imediatamente sofreria os efeitos da repulsão entre as partículas elétricas, resultando no movimento desse fluido em direção ao corpo ou à parte do material onde ele estava rarefeito.

Por fim, se um dos corpos tem um excesso do fluido e o outro o tem em falta, o equilíbrio é reestabelecido com grande violência, e todas as manifestações elétricas entre eles são mais notáveis (PRIESTLEY, 1767, p. 457).

Um dos grandes trunfos dessa teoria era, justamente, a facilidade com que explicava o funcionamento das chamadas garrafas de Leyden. Esse dispositivo foi

concebido como um acumulador do fluido elétrico e permitia a produção de descargas intensas. A esse respeito, julgamos interessante notar a coerência entre a teoria de um agente fluido e a lógica de se tentar engarrafa-lo, que foi materializada neste dispositivo.

Em síntese, a história da eletricidade narrada por Joseph Priestley tenta ser imparcial e apresentar uma visão neutra dos vários entendimentos defendidos por filósofos sobre a eletricidade. Apesar disso, o autor compara abertamente as características da teoria de Du Fay sobre os dois fluidos (vítreo e resinoso) com a de Franklin e um único fluido (com gradientes positivos e negativos), observando maior simplicidade e poder explicativo nessa última (PRIESTLEY, 1767, p. 470).

Dada essa aparente resolução do conflito teórico já na década de 1760, julgamos curioso o episódio narrado por Williams (1960) que envolve um posicionamento do jovem Michael Faraday sobre a natureza elétrica da matéria.

Ainda nos anos em que trabalhou como aprendiz de encadernador numa livraria, Faraday teria estudado o artigo sobre eletricidade escrito por James Tytler para a Enciclopédia Britânica. Nesse artigo, Tytler criticava a teoria de fluido único de Franklin apontando inconsistências lógicas como o fato do vidro, por exemplo, ser admitido pela teoria como um material impermeável à passagem da eletricidade, mas que abrigaria esse fluido em sua estrutura (WILLIAMS, 1960, p. 519). Tentando uma concepção muito mais abrangente, o artigo de Tytler sugeria que a luz, o calor e a eletricidade poderiam ser entendidos como manifestações distintas de um único princípio, diferentes apenas nos seus modos de locomoção.

Faraday deixou registros da influência desse artigo sobre a formação dos seus conceitos iniciais sobre a eletricidade e, questionando os mesmos problemas apontados por Tytler sobre a teoria do fluido único, recorreu às ideias do irlandês Henry Eeles para resgatar uma visão dualista da eletricidade. Para Eeles, a teoria de Franklin era incapaz de explicar a repulsão entre dois corpos negativos, pois estando ambos deficientes no fluido elétrico, não haveria razão material para a produção desse efeito (HEILBRON. 1979, p. 446). A repulsão “menos-menos” requeria, portanto, a ação de um agente material acumulado, e não um vazio. A alternativa comentada por Faraday para esse impasse seria admitir a eletricidade não como um corpo simples, mas como um composto formado de duas partes, uma positiva e outra negativa, que poderiam ser separadas por atrito ou excitação (WILLIAMS, 1960, p. 520).

Williams nota como o posicionamento de Faraday por volta de 1810 revela sua ignorância sobre os novos desdobramentos das pesquisas elétricas que decorreram da pilha de Alessandro Volta, apresentada à Royal Society no ano de 1800 (VOLTA, 1800). Curiosamente, textos de divulgação da química passavam a apresentar uma nova versão da teoria com dois fluidos elétricos nas décadas iniciais de 1800, justamente para dar conta de interpretar os fenômenos revelados por esse novo instrumento.

Com efeito, a possibilidade de sustentar o fenômeno elétrico de modo contínuo era algo inteiramente novo. Conforme mostra Santos (2017) ao analisar o conteúdo

dos artigos envolvendo eletricidade em pesquisas químicas publicadas em duas revistas inglesas, o advento da pilha voltaica modificou drasticamente o viés das pesquisas químicas envolvendo a eletricidade. Se antes de 1800 o foco recaía sobre a “eletricidade atmosférica e aparelhos de medição, produção e armazenamento de eletricidade”, após a comunicação de Volta verificou-se uma explosão de trabalhos investigando a os efeitos químicos da eletricidade sobre a matéria (SANTOS, 2017, p. 13; HACKMANN, 1979).

Em suma, embora o relato de Priestley (1767) trate da teoria de fluido único como vitoriosa já na segunda metade do século XVIII, é possível encontrar registros originais que testemunham a permanência de defensores dos dois fluidos muitas décadas à frente.

O caso da eletricidade ajuda a ressaltar a importância da instrumentação para as revoluções científicas (KUHN, 1962). No entanto, a história dos dois conceitos abordados nesta pesquisa nos serve para explicitar o quanto é complexa a formação de consensos teóricos nas ciências naturais, ressaltando o caráter dinâmico, coletivo e permanentemente inacabado da ciência.

Nos próximos tópicos detalharemos a construção dos dispositivos experimentais construídos a partir dessa contextualização histórica.

5 | CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS EXPERIMENTAIS

5.1 Primeiro dispositivo, sobre o calor

A montagem do dispositivo teve como objetivo representar as primeiras hipóteses de Rumford sobre a natureza do calórico. Este filósofo natural é conhecido em livros didáticos por ser um dos primeiros a colocar em foco uma nova teoria sobre a natureza do calor: um movimento de partículas. Em seus experimentos, Rumford aborda a questão da grande produção de calor a partir da fricção de dois metais e explora uma característica falha da teoria do calórico: o seu princípio de conservação. Com base nisso, elaboramos uma montagem que permitisse verificar a produção de calor a partir da fricção de uma lixa sobre um tubo de metal, com o princípio de ilustrar as explicações dadas por Rumford no período. O dispositivo montado também permite observar outro fenômeno termodinâmico, a condução de calor.

Todo o trabalho foi feito com o intuito de valorizar as técnicas e saberes da mecânica aprendidos no curso técnico e, para tal, contamos com a supervisão de professores dessa área técnica para operar os equipamentos necessários.

A montagem consiste em duas partes principais: uma polia (P) acoplada a um motor (M) que estará em movimento constante de rotação e uma base móvel (B) com o suporte do tubo metálico (T) que é utilizado no experimento. Uma tira de lixa (L) em forma de correia conecta a rotação da polia com o movimento de atrito do tubo em

um movimento cíclico (Figura 1). O contato entre os grânulos da lixa e a superfície de metal produz calor por atrito.

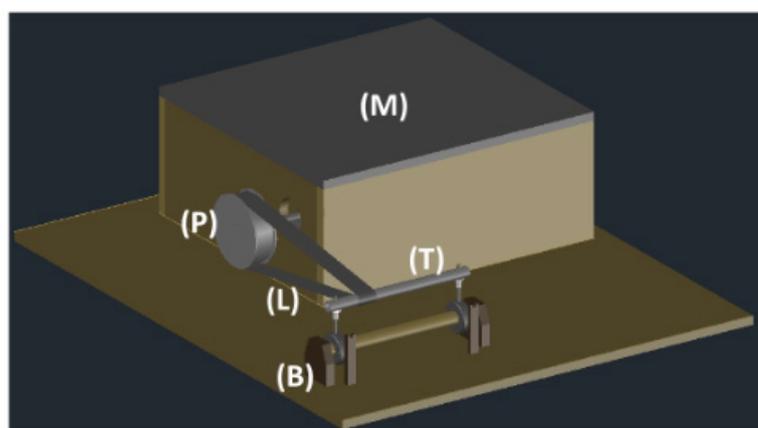


Figura 1 – Ilustração da concepção inicial do dispositivo feita em AutoCAD 3D.

(Fonte: autores)

Cortamos uma tira de lixa e suas extremidades foram unidas, para que seu formato tivesse o mesmo princípio de uma correia. Utilizando o torno mecânico e partindo de um bloco de PVC em forma de paralelepípedo, usinamos uma polia com guia. Em seguida fizemos o canal na peça para que não houvesse escorregamento da lixa durante a rotação da “polia”. Esta, tendo um diâmetro muito maior que o do tubo, possibilita uma área de contato maior entre o metal e a lixa.

Fixamos o tubo de metal mediante acoplamento de dois eixos que o atravessam em suas extremidades. Duas travas de plástico foram coladas abaixo do encontro entre o furo do tubo e o eixo para que o tubo não deslize para fora da posição determinada para o experimento. Com o objetivo desses dois eixos de fixação terem um grau de liberdade que permitisse movimentar os eixos 45° , aproximando e afastando o tubo da base, fixamos os eixos em um rolamento de 35 mm de diâmetro. A fixação do rolamento foi feita por meio de uma peça de madeira com forma cilíndrica que atravessa e liga os dois rolamentos. Acoplamos esse conjunto móvel a dois suportes posicionados na vertical, presos à base de madeira, conforme ilustrado na Figura 2. Assim, os rolamentos ficam elevados e sem interferência do atrito com a base.

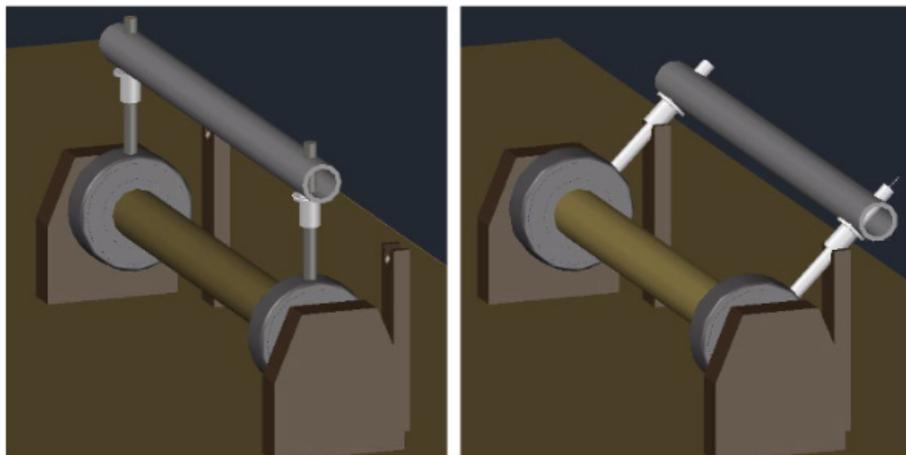


Figura 2 – Ilustração 3D do grau de liberdade possibilitado pelos rolamentos.

(Fonte: autores)

Para comparar os efeitos térmicos, o dispositivo permite a retirada da lixa para que o tubo de metal seja aquecido diretamente pela chama de uma vela. Temos então dois modos diferentes de produção de calor que levam ao mesmo efeito mensurável, isto é, que fazem aquecer a barra metálica e ocasionam um aumento na temperatura registrada pelo multímetro cujo sensor de temperatura foi posicionado em contato com o metal, a cerca de 10 cm do ponto de origem do calor (Figura 3). Desta forma, além da produção, o dispositivo também permite chamar a atenção para a condução de calor como uma propriedade intrínseca do metal.

Com o rotor trabalhando a 1200 rpm (usamos uma furadeira comercial), foi possível registrar um aumento de temperatura da ordem de 27 °C em 600 segundos. Já com a retirada da lixa e posicionando uma vela no mesmo ponto de contato com o tubo metálico, a elevação de temperatura registrada em 60 segundos foi de 31°C, ou seja, nas condições de tração do sistema montado, a combustão da vela ocasionou um efeito cerca de dez vezes mais intenso que o obtido por atrito.

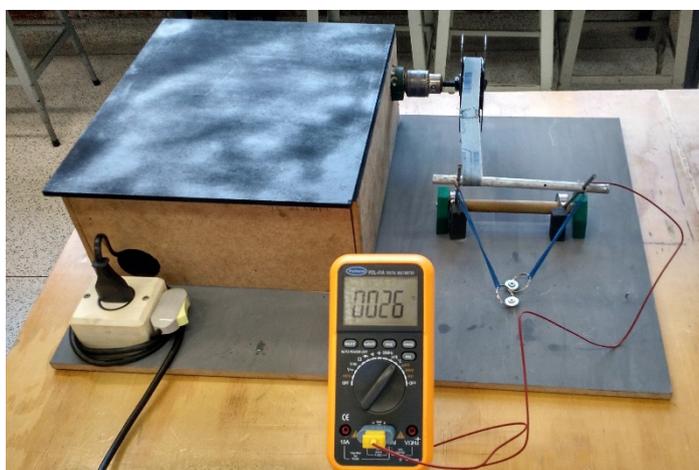


Figura 3 – Montagem final.

(Fonte: autores)

Tal qual vimos na parte bibliográfica desta pesquisa, o experimento em si não é suficiente para resolver um embate teórico sobre o caráter de substância ou movimento do calor, mas permite abrir essa discussão, favorecendo o estudo de problemas filosóficos que marcaram o próprio desenvolvimento da ciência.

Vislumbramos que, ao ser apresentado para futuros alunos do curso de mecânica, o dispositivo favoreça problematizações tanto no campo da mecânica (se o aumento da tração na barra metálica não poderia levar a um efeito térmico mais significativo no aquecimento por atrito, por exemplo) quanto na química (questionando propriedades condutoras dos materiais empregados, por exemplo).

5.2 Segundo dispositivo, sobre a eletricidade

Nosso segundo dispositivo baseia-se numa releitura da pilha criada por Alessandro Volta em 1799 e apresentada à comunidade científica no ano seguinte. A pilha consiste em um conjunto de células eletroquímicas ligadas em série, sendo cada célula composta por duas placas metálicas (usamos zinco e cobre) separadas por um eletrólito. O eletrólito é um material capaz de promover o transporte de cargas na forma de íons entre as placas metálicas. Para isso, utilizamos papel-filtro embebido em ácido sulfúrico (0,1 mol/L) nos primeiros testes, mas obtivemos melhores resultados substituindo o ácido por uma solução de iodeto de potássio de mesma concentração.

A pilha voltaica que montamos neste projeto contém dez células. Cada uma delas precisa ser conectada à próxima por algum meio que tenha resistência elétrica desprezível. Finalmente, o conjunto das células é suportado por quatro hastes de vidro, de modo a impedir quedas do sistema.

Na nossa reprodução do experimento tivemos que cortar as placas metálicas. Para isso adquirimos a matéria prima em uma loja de metalomecânica. O material, porém, não é comprado nas dimensões finais, assim como é feito na indústria. Logo, é preciso cortar a chapa metálica com os equipamentos apropriados. Usamos uma guilhotina de chapas metálicas para cortar os metais, produzindo lâminas de cobre e zinco com 80 x 80 x 2 mm.

A montagem básica da pilha segue o ilustrado através do software de engenharia Autodesk Inventor Figura 4, intercalando uma chapa de cobre, uma folha de papel filtro umedecido e uma chapa de zinco. Ao se fechar um circuito desses interligando as chapas metálicas com as pontas de prova de um voltímetro, registramos uma diferença de potencial da ordem de 0,9V. Para ampliar essa tensão, nove réplicas desse conjunto foram interligadas em série, registrando a tensão máxima de 8,75V.

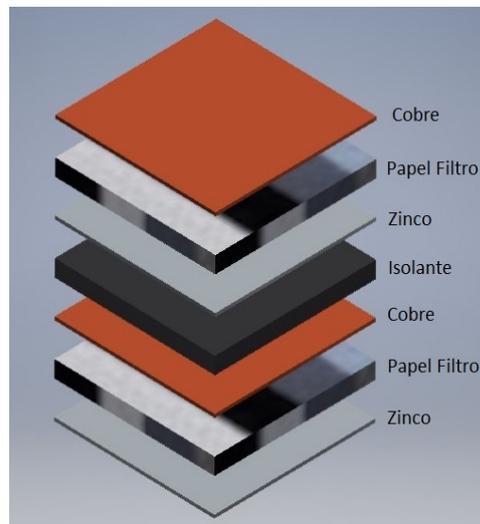


Figura 4 – Representação de duas células separadas por isolante.

(Fonte: autores)

Na construção, encontramos um principal problema: diferente do que esperávamos, a tensão total não era igual à soma das tensões de cada célula individual. Várias hipóteses foram propostas. A primeira remetia à reduzida área de contato entre as placas metálicas, sendo justificada pela segunda lei de Ohm onde a área de contato é inversamente proporcional à resistência elétrica. Outra hipótese considerava a baixa concentração do eletrólito empregado na ponte salina, sendo o fator limitante da reação eletroquímica.

Através de diversos testes e medições, notamos que a tensão total era próxima da soma teórica quando as células eram isoladas entre si e ligadas indiretamente por um cabo-jacaré. O problema do isolamento foi resolvido com a introdução de placas recortadas de piso emborrachado entre as células, como ilustrado na Figura 4. Confeccionamos os cabos-jacaré a partir de um fio comum e de extremidades de conector elétrico tipo jacaré.

Com a nova montagem, registramos uma tensão mais próxima do ideal teórico obtido pela multiplicação de tensão de uma célula por dez, 9V e 6V, para ácido sulfúrico e iodeto de potássio, respectivamente. A Figura 5 demonstra a pilha em funcionamento.

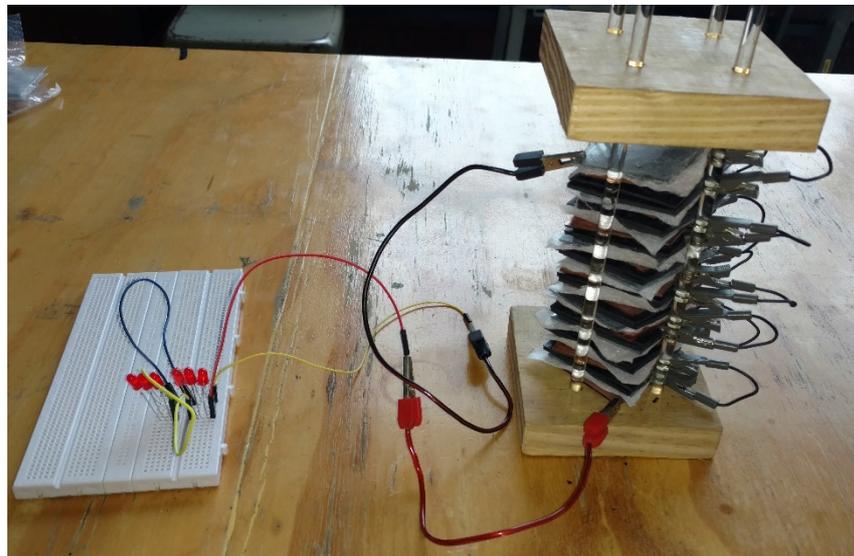


Figura 5 – Pilha sendo usada para acender seis LEDs em paralelo.

(Fonte: autores)

Em nossos testes, ligamos a pilha diretamente a um circuito composto por seis LEDs dispostos em série. Como mostra a Figura 5, os LEDs se acenderam, mas a tensão registrada pela pilha caiu muito rapidamente para cerca de 1 V e a corrente registrada pelo multímetro provou-se muito baixa, da ordem de apenas $550\mu\text{A}$ com o ácido sulfúrico e $600\mu\text{A}$ com o iodeto de potássio.

O apelo aos conhecimentos de mecânica foi menos pronunciado na montagem desse segundo dispositivo. No entanto, verificamos a emergência de uma sólida interface com as áreas de elétrica e eletrônica, também oferecidas como cursos técnicos no Instituto Federal em que conduzimos essa pesquisa. Ao entrarem em contato com esse dispositivo, futuras turmas desses cursos poderão discutir meios de torna-lo mais eficaz. Estaria a queda de tensão da pilha relacionada à baixa resistividade do circuito de testes montado? Seria a corrente elétrica mais intensa se alterássemos a concentração dos íons presentes na solução do eletrólito?

A montagem, como um todo é um instrumento de grande valor didático. Os mesmos conceitos de eletroquímica e da história da ciência que pudemos desenvolver no trabalho podem ser ensinados por professores com ajuda do dispositivo.

Acreditamos que o simples fato dos dispositivos aqui descritos terem sido concebidos e construídos por estudantes do Ensino Médio já compõe um atrativo para que sejam estudados e aperfeiçoados pelas próximas turmas. Com a divulgação desses resultados, esperamos também motivar que outros professores se engajem em iniciativas em prol da integração dos saberes trabalhados nas várias disciplinas que compõem os cursos técnicos de nível médio.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo neste trabalho era aproximar os conhecimentos desenvolvidos nas disciplinas de química e mecânica do ensino médio integrado ao técnico oferecido pelo IFSP. Para isso, partimos de uma pesquisa historiográfica que revelou disputas na interpretação do calor e da eletricidade em meio às teorias vigentes entre os séculos XVIII e XIX. Em seguida, propusemos a aplicação de técnicas da área da mecânica na montagem de dispositivos experimentais para uso didático, voltados ao ensino de química.

O estudo da história da ciência favoreceu diversas aprendizagens aos estudantes/pesquisadores envolvidos neste projeto. No campo das ciências naturais, essa pesquisa revelou uma dimensão contextual, incerta e humana do desenvolvimento científico que, até então, passara despercebida por eles nas abordagens da química em sala de aula. Na área da mecânica, equipamentos, técnicas e habilidades ganharam relevância e tiveram o seu aprofundamento motivado pelo interesse dos alunos na concretização de um projeto pessoal.

A materialização desses resultados na forma dos dispositivos descritos neste artigo deixa um legado que pode favorecer essas aprendizagens a outros alunos da Instituição de Ensino na qual foi realizada a pesquisa. Deste modo, entendemos que este relato registra uma experiência positiva, reforçando nossa hipótese de que a história da ciência pode nortear estratégias para integrar diferentes disciplinas no âmbito do Ensino Médio e Técnico.

REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Ed.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física, EDUC, Fapesp, 2004. p. 49–74.

ALVES, E. A. **Benjamin Thompson (Conde Rumford) e o Experimento da Radiação do Frio**. 2013. 59 P. Dissertação (Mestrado em História da Química) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

BALDINATO, J. O. **Conhecendo a Química: um estudo sobre obras de divulgação do início do século XIX**. 170 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 23-35.

CHAPTAL, J. A. **Elements of Chemistry**. Trad. William Nicholson. 3. ed. v. 1. Londres: G. G. e J. Robinson, 1800.

CINDRA, L. J.; TEIXEIRA, B. P. O. A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. 2005. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 379-399, 2005.

DAVY, H. An Essay on Heat, Light and Combinations of Light. In: BEDDOES, T. (Org.) **Contributions to Physical and Medical Knowledge, principally from the west of England**. Bristol: Biggs & Cottle, 1799. p. 5-147.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C. e COPPINI, N. L. **Tecnologia de Usinagem do Materiais**. 8ª. Ed., 272p, 2013.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1030-1079, 2012.

HACKMANN, W. D. The relationship between concept and instrument design in eighteenth-century experimental Science. **Annals of Science**, v. 36 n. 3, p. 205-224, 1979

HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th centuries**: A study of early modern physics. Berkeley: University of California Press, 1979.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. Chicago: The University Of Chicago Press, 1962. Traduzido Por Editora Perspectiva, 1998. 253 p.

MACHADO, L. R. S. Ensino médio e técnico com currículos integrados: propostas de ação didática para uma relação não fantasiosa. In: MOLL, J. et al. (Org.). **Educação profissional e tecnológica no Brasil contemporâneo**: Desafios, tensões e possibilidades. 1ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 2010. p. 80-95.

MACQUER, P. J. **Elemens de Chymie Theorique**. Paris: Jean-Thomas Herissant, 1749.

MARCET, J. H. **Conversations on Chemistry**. 5. ed. Londres: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, 1817.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703–737, 2015.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 159 - 178.

PRIESTLEY, J. **The history and present state of electricity with original experiments**. Londres: J. Dodsley, J. Johnson, B. Davenport and T. Cadell, 1767.

SANTOS, E. F. Jr. **A influência da pilha voltaica na química inglesa entre os séculos XVIII e XIX**. Monografia (Iniciação científica) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, 2017.

SANTOS, M. M. **A história da termodinâmica e suas leis**. 56p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Física) Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

SILVA, T. T. **Darwin na sala de aula**: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

SOUZA, R. S. **O experimento de Joule e o ensino de termodinâmica baseado na história da ciência**: uma proposta didática. 2012. 58p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

THE MISTERY of matter: search for the elements. Direção: LYONS, S. Produção: LYONS, S. Estados Unidos: Moreno/Lyons Productions LCC; Oregon Public Broadcasting, 2014. DVD (55 min). Linguagem original: Inglês.

VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 90, p. 403–431, 1800.

WILLIAMS, L. P. Michael Faraday's Education in Science. **Isis**, v.51, n.4, p.515-530, 1960

SOBRE O ORGANIZADOR

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

