

Organizadores

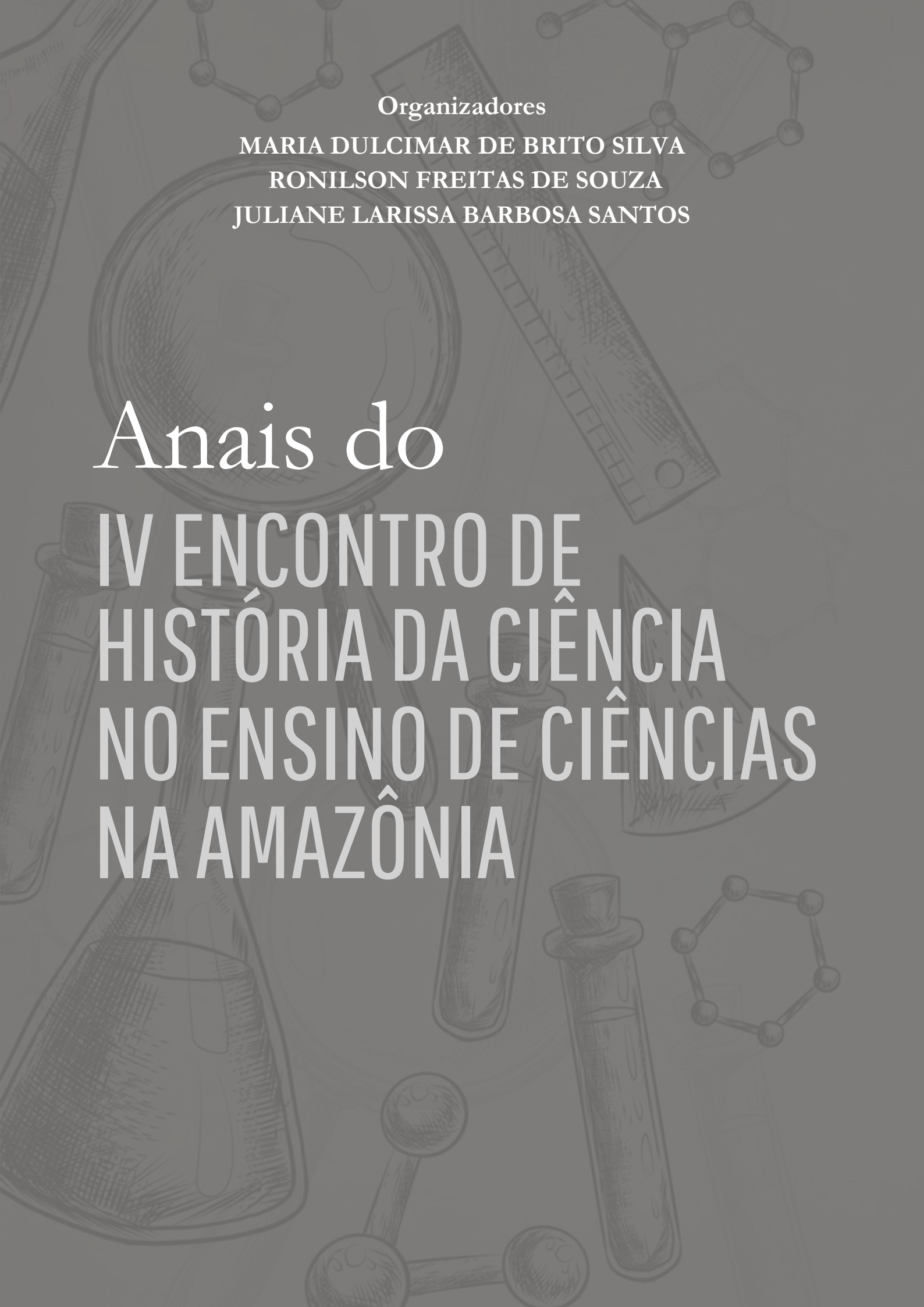
MARIA DULCIMAR DE BRITO SILVA

RONILSON FREITAS DE SOUZA

JULIANE LARISSA BARBOSA SANTOS

Anais do IV ENCONTRO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA



The background of the cover features a collection of scientific illustrations in a light gray, sketch-like style. These include several pieces of laboratory glassware: a large Erlenmeyer flask in the bottom left, a graduated cylinder in the center, and two test tubes on the right. Scattered throughout are various molecular models, some showing simple chains of atoms and others more complex ring structures. A ruler is also visible in the upper right quadrant. The overall aesthetic is that of a scientific or educational theme.

Organizadores
MARIA DULCIMAR DE BRITO SILVA
RONILSON FREITAS DE SOUZA
JULIANE LARISSA BARBOSA SANTOS

Anais do IV ENCONTRO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA



Universidade do Estado do Pará

Reitor	Clay Anderson Nunes Chagas
Vice-Reitora	Ilma Pastana Ferreira
Pró-Reitora de Graduação	Ednalvo Apóstolo Campos
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação	Jofre Jacob da Silva Freitas
Pró-Reitora de Extensão	Vera Regina da Cunha Menezes Palácios
Diretor do CCPA	José Roberto Alves da Silva
Coordenador do PPGECA	Ronilson Freitas de Souza
Coordenadora Adjunta do PPGECA	Sinaida Maria Vasconcelos



Selo Editorial do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências da Amazônia da Universidade do Estado do Pará

Editor-Chefe Ronilson Freitas de Souza

Conselho Editorial	Ademir de Souza Pereira/ UFGD/ Dourados-MS
	Antônio dos Santos Júnior/ IFRO/ Porto Velho-RO
	Alcindo da Silva Martins Junior/ UEPA/ Salvaterra-PA
	Attico Inacio Chassot/ UFRGS/ Porto Alegre-RS
	Andréa Pereira Mendonça/ IFAM/ Manaus-AM
	Bianca Venturieri/ UEPA/ Belém-PA
	Camila Maria Sitko/ UNIFESSPA/ Marabá-PA
	Danielle Rodrigues Monteiro da Costa/ UEPA/ Marabá-PA
	Diego Ramon Silva Machado/ UEPA/ Belém-PA
	Erick Elisson Hosana Ribeiro/ UEPA/ Castanhal-PA
	France Fraiha Martins/ UFPA/ Belém-PA
	Frederico da Silva Bicalho/ UEPA/ Belém-PA
	Fernanda Cátia Bozelli/ UNESP/ Ilha Solteira-SP
	Gildo Girotto Junior/ UNICAMP/ Campinas -SP
	Gilson Cruz Junior/ UFOPA/ Santarém-PA
	Inês Trevisan/ UEPA/ Barcarena-PA
	Ives Solano Araujo/ UFRGS/ Porto Alegre-RS
	Jacirene Vasconcelos de Albuquerque/ UEPA/ Belém-PA
	Jesus de Nazaré Cardoso Brabo/ UFPA/ Belém-PA
	José Fernando Pereira Leal/ UEPA/ Castanhal-PA
	João Elias Vidueira Ferreira/ IFPA/ Tucuruí-PA
	Klebson Daniel Sodré do Rosário/ UEPA/ Paragominas-PA
	Leandro Passarinho Reis Júnior/ UFPA/ Belém-PA
	Leonir Lorenzetti/ UFPR/ Curitiba -PR
	Luciana de Nazaré Farias/ UEPA/ Belém-PA
	Luely Oliveira da Silva/ UEPA/ Belém-PA
	Lucicléia Pereira da Silva/ UEPA/ Belém-PA
	Luis Miguel Dias Caetano/ UNILAB/ Redenção-CE
	Maria Inês de Freitas Petrucci Rosa/ UNICAMP/ Campinas -SP
	Milta Mariane da Mata Martins/ UEPA/ Conceição do Araguaia-PA
	Priscyla Cristinny Santiago da Luz/ UEPA/ Moju-PA
	Sandra Kariny Saldanha de Oliveira/ UERR/ Boa Vista-RR
	Sinaida Maria Vasconcelos/ UEPA/ Belém-PA
	Thiago Antunes-Souza/ UNIFESP/ Diadema-SP
	Vitor Hugo Borba Manzke/ IFSul/ Pelotas-RS
	Wilton Rabelo Pessoa/ UFPA/Belém-PA

Organizadores
MARIA DULCIMAR DE BRITO SILVA
RONILSON FREITAS DE SOUZA
JULIANE LARISSA BARBOSA SANTOS

Anais do IV ENCONTRO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Realização

Universidade do Estado do Pará – UEPA
Pró-Reitoria de Extensão – PROEX
Centro de Ciências e Planetário do Pará – CCPA
Grupo de Pesquisa em Ciência, Tecnologia, Meio Ambiente e Educação Não-Formal – CTENF

Apoio

Selo Editorial Edições do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências da Amazônia – EDPPGEECA

Projeto Gráfico e Diagramação

José Diogo Evangelista Reis

Assistente Editorial

Renata do Socorro Moraes Pires

Revisão Gramatical e Ortográfica

Gustavo Suertegaray Saldivar

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Encontro de História da Ciência no Ensino de Ciências na Amazônia

(4. : 2024 : Belém, PA)

Anais do IV Encontro de História da Ciência no Ensino de Ciências na Amazônia
[livro eletrônico] / organizadores Maria Dulcimar de Brito Silva, Ronilson Freitas de
Souza, Juliane Larissa Barbosa Santos. -- 1. ed. -- Belém, PA: EDPPGEECA, 2024.

PDF

Vários autores.

Vários colaboradores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-85158-31-2 DOI: 10.31792/978-65-85158-31-2

1. Ciência - Estudo e ensino 2. Ciência - História 3. Educação - Amazônia I. Silva,
Maria Dulcimar de Brito. II. Souza, Ronilson Freitas de. III. Santos, Juliane Larissa
Barbosa. IV. Título.

24-212037

CDD-370.11709811

Índices para catálogo sistemático:

1. Amazônia : Educação 370.11709811

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

O conteúdo e seus dados em sua forma, opiniões e os conceitos emitidos, bem como a exatidão, adequação e procedência das citações e referências, são de responsabilidade exclusiva de seu(s) respectivo(s) autor(es), inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Edições PPGECA.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.



INFORMAÇÕES SOBRE OS ORGANIZADORES

MARIA DULCIMAR DE BRITO SILVA

Graduada em Licenciatura Plena em Química pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestra em Química de Produtos Naturais pela UFPA. Professora Assistente IV da UEPA. Membro do Grupo de Pesquisa em Ciência, Tecnologia, Meio Ambiente e Educação Não Formal da UEPA.

E-mail: dulcimar@uepa.br

ID Lattes: 9320177059898828

ORCID: 0000-0001-5556-6173

RONILSON FREITAS DE SOUZA

Graduado em Licenciatura em Química, Mestre e Doutor em Química pela UFPA. Docente Assistente IV do curso de Licenciatura em Química. Professor permanente do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da UEPA.

E-mail: ronilson@uepa.br

ID Lattes: 0747461930362318

ORCID: 0000-0002-0463-8584

JULIANE LARISSA BARBOSA SANTOS

Mestra em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia pela UEPA. Graduada em Licenciatura Plena em Ciências Naturais - Química (UEPA).

E-mail: bjuliane077@gmail.com

ID Lattes: 5203941266960595

ORCID: 0000-0001-6840-785X

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

ALLEC MATHEUS MARQUES DOS ANJOS

Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: allecdosanjos@gmail.com

ID Lattes: 1554588627392911

ORCID: 0009-0001-3070-547X

ANTHONIEL HENDEL SILVA DE SOUZA

Graduado em Licenciatura Plena em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialista em Ensino de Ciências pela Faculdade Facuvale. Integrante do Projeto de Extensão “Cursinho Alternativo da UEPA: Ações Interdisciplinares para Inclusão do Aluno Oriundo de Escola Pública”.

E-mail: hendel.souza@outlook.com

ID Lattes: 4138430315265282

ORCID: 0000-0002-8073-2257

ATHIRSON FERNANDO BORGES LIMA

Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestrando em Física de Partículas e Campos pelo Programa de Pós-graduação em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

E-mail: fb8930520@gmail.com

ID Lattes: 9085589327662022

ORCID: 0009-0001-9082-864X

ÁYLA SEABRA RODRIGUES

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: prof.AylaSeabra@outlook.com

ID Lattes: 8833250332873124

ORCID: 0000-0002-1363-2299

BRUNO ARAUJO DOS SANTOS

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: araubruno2@gmail.com

ID Lattes: 2718613406107745

ORCID: 0009-0009-4042-0943

BRUNO CÉSAR DA SILVA MATOS

Bacharel em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestrando em Física de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

E-mail: bruno.csm@aluno.ufop.edu.br

ID Lattes: 9752692341877442

ORCID: 0000-0002-8426-7022

BRUNO DE LUCAS GUIMARÃES DE AGUIAR

Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: brunodelucas182@gmail.com

ID Lattes: 7909422058855875

ORCID: 0000-0002-1329-6416

FELIPE VERA DA ROCHA

Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestrando em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

E-mail: felipevera983@gmail.com

ID Lattes: 4586884049525945

ORCID: 0009-0002-5883-4342

FLÁVIA LEANDRA MIRANDA ALCÂNTARA

Graduada em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: flavia.leeandra@gmail.com

ID Lattes: 9401299093356950

ORCID: 0000-0002-1707-2989

GABRIEL PAMPOLHA MARQUES MOURA

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: gabrielpampolha000@gmail.com

ID Lattes: 9256318807302297

ORCID: 0009-0009-7546-9536

GEOVANE SOUSA COUTINHO

Graduado em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor de Química do Colégio ABRE (Academia Bordoni de Referência Educacional).

E-mail: coutgeovane17@gmail.com

ID Lattes: 4232165078548146

ORCID: 0000-0002-8616-1467

IONARA ANTUNES TERRA

Graduada em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especialização em Docência do Ensino Superior pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Doutorado em Biologia Celular e Molecular pela ULBRA. Professora Adjunto I da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: ionara.terra@uepa.br

ID Lattes: 8403894501035079

ORCID: 0000-0003-2376-5404

ISRAEL PEDRO DANTAS DA NÓBREGA

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: Israelnobrega0021@gmail.com

ID Lattes: 1651122192688127

ORCID: 0009-0007-4954-9263

JOÃO VITOR DE ALBUQUERQUE NERY

Graduado em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: joao.vnery2019@gmail.com

ID Lattes: 2766444418655866

ORCID: 0000-0003-0137-8921

JOAO VICTOR DOS SANTOS CARDOSO

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: jvcardoso517@gmail.com

ID Lattes: 1846232983874076

ORCID: 0009-0002-7591-2664

JOÃO VÍTOR SILVA FERREIRA

Mestrando em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia na Universidade do Estado do Pará (UEPA). Graduado em Licenciatura em Física pela UEPA.

E-mail: joao.vs.ferreira@aluno.uepa.br

ID Lattes: 1359321296734937

ORCID: 0009-0006-0949-4264

LUCIVALDO DA CRUZ MARINHEIRO JUNIOR

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: lucivaldo.dcmjunior@aluno.uepa.br

ID Lattes: 7606448227382474

ORCID: 0009-0002-7803-0851

LUIZ GABRIEL ARAÚJO DA FONSECA

Mestrando em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia na Universidade do Estado do Pará (UEPA). Graduado em Licenciatura em Química pela UEPA.

E-mail: luizgabrielfonseca047@gmail.com

ID Lattes: 5465487046394238

ORCID: 0000-0002-0463-8584

MARCELO COSTA DE LIMA

Bacharel em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre e Doutor em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Atualmente é professor associado da Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

E-mail: mclima@ufpa.br

ID Lattes: 6532397056756422

ORCID: 0000-0001-6443-9547

MARIA ALAILMA GONÇALVES DE FREITAS

Graduanda de Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)

E-mail: maria.freitas@aluno.uepa.br

ID Lattes: 8534448664429559

ORCID: 0009-0001-5185-6007

MATHEUS DA COSTA DE ALMEIDA

Graduando em Licenciatura em Química Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: maticoofc69@gmail.com

ID Lattes: 6584938871263196

ORCID: 0009-0008-0794-2232

RAISSA GERALD SANTOS

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: raissagerald@gmail.com

ID Lattes: 5807306601498490

ORCID: 0000-0003-1378-4310

REGINALDO DE OLIVEIRA CORRÊA JUNIOR

Graduado em Bacharelado em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Licenciado em Física pela UFPA. Mestrado em Física pela UFPA e Doutorado em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor do curso de Licenciatura em Física da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: reginaldojunior@uepa.br

ID Lattes: 4771455857331910

ORCID: 0000-0002-5361-0764

RODRIGO PEREIRA COSTA

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: rodrigo.quimica497@gmail.com

ID Lattes: 3685360283847171

ORCID: 0009-0008-3938-4142

THALITA DA SILVA TEIXEIRA

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialista em Ensino de Ciências pela Faculdade Venda Nova do Imigrante (Faveni). Docente em ciências e química no Colégio Sotheros. Integrante do Projeto de Extensão “Cursinho Alternativo da UEPA: Ações Interdisciplinares para Inclusão do Aluno Oriundo de Escola Pública”.

E-mail: thalita.teixeira@aluno.uepa.br

ID Lattes: 5383379849745416

ORCID:0000-0001-8035-069X

VANIA LOBO SANTOS

Doutorado em Educação Para Ciência pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Gestão, Perícia e Auditoria Ambiental pela Faculdade Oswaldo Cruz. Professora do curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: vanialobo@uepa.br

ID Lattes: 6881005930168003

ORCID: 0000-0002-8091-4755

VICTOR GABRIEL ANDRADE DA CUNHA

Graduando em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: victor1cunha@hotmail.com

ID Lattes: 8255748599530969

ORCID: 0009-0009-3445-0193

YASMIN DE ALMEIDA SANTANA

Graduanda em Licenciatura em Química na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

E-mail: yasmin.mimi171@gmail.com

ID Lattes: 7728074847035042

ORCID: 0009-0005-1096-0317

WEYDA SUYANE CAMPOS RIBEIRO

Mestranda em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia na Universidade do Estado do Pará (UEPA). Especialista em Gestão Educacional e Docência do Ensino Básico e Superior-Faculdade ESTRATEGO. Graduada em Licenciatura em Química pela UEPA.

E-mail: weydasuyane@gmail.com

ID Lattes: 8707101824334455

ORCID: 0009-0000-4578-4142

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	13
AS CONTRIBUIÇÕES DE ALICE AUGUSTA BALL: UMA CIENTISTA APAGADA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA.....	14
Flávia Leandra Miranda Alcântara	
Thalita da Silva Teixeira	
Maria Dulcimar de Brito Silva	
A HISTÓRIA DE IRÈNE JOLIOT-CURIE E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A QUÍMICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	19
Thalita da Silva Teixeira	
Victor Gabriel Andrade da Cunha	
Vânia Lobo Santos	
DOROTHY HODGKIN E A DIFRAÇÃO DO RAIOS-X PARA DESCOBRIR A ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL DA PENICILINA.....	23
Israel Pedro Dantas da Nóbrega	
Lucivaldo da Cruz Marinheiro Junior	
Maria Dulcimar de Brito Silva	
O QUE SERIA DA FÍSICO-QUÍMICA SEM MARIE CURIE? A CIENTISTA QUE REVOLUCIONOU A CIÊNCIA.....	31
Maria Alailma Gonçalves de Freitas	
Maria Dulcimar Brito da Silva	
Juliane Larissa Barbosa Santos	

AS CONTRIBUIÇÕES DE MARIA, A JUDIA PARA A ALQUIMIA E O ENSINO DE QUÍMICA.....35

Weyda Suyane Campos Ribeiro

João Vitor de Albuquerque Nery

Ionara Antunes Terra

O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA ENSINAR E APRENDER QUÍMICA: A VIDA DE LINUS PAULING E SEUS ESTUDOS SOBRE A VITAMINA C.....40

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca

Geovane Sousa Coutinho

Maria Dulcimar de Brito Silva

Ronilson Freitas de Souza

O LEGADO DE PAUL LE COINTE.....45

Gabriel Pampolha Marques Moura

Rodrigo Pereira Costa

Maria Dulcimar de Brito Silva

Juliana Larissa Barbosa Santos

PRIMO LEVI: DE AUSCHWITZ PARA ALÉM DA LITERATURA.....50

João Victor dos Santos Cardoso

Matheus da Costa de Almeida

Maria Dulcimar de Brito Silva

Juliane Larissa Barbosa Santos

AS CONTRIBUIÇÕES DE FERREIRA PENNA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA PARAENSE.....55

Bruno Araujo dos Santos

Yasmin de Almeida Santana

Maria Dulcimar de Brito Silva

Juliane Larissa Barbosa Santos

A TOXICIDADE DO ARSÊNIO RETRATADA NO FILME *O NOME DA ROSA*.....59

Anthoniél Hendel da Silva Souza

Áyla Seabra Rodrigues

Maria Dulcimar de Brito Silva

Juliane Larissa Barbosa Santos

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA EXPLORADA NO FILME *HOMEM ARANHA 2* COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....63

Raissa Gerald Santos

Flávia Leandra Miranda Alcântara

Maria Dulcimar de Brito Silva

SEBASTIÃO SODRÉ DA GAMA E A DIREÇÃO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL NO PERÍODO DE 1929 A 1951.....69

Allec Matheus Marques dos Anjos

Reginaldo Oliveira Corrêa Junior

**JORGE ANDRÉ SWIECA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O
DESENVOLVIMENTO DA TEORIA QUÂNTICA DE CAMPOS NO BRASIL: UM
LEGADO PARA A FÍSICA TEÓRICA.....74**

Athirson Fernando Borges Lima

Felipe Vera da Rocha

Reginaldo Oliveira Corrêa Junior

**EFEITO FARADAY: DA ATIVIDADE ÓPTICA NATURAL À TEORIA DO
ELÉTRON.....78**

Marcelo Costa de Lima

Bruno Cesar da Silva Matos

**UMA PESQUISA DE ESTADO DA ARTE SOBRE PUBLICAÇÕES QUE TRATAM DE
CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NOS ANAIS DO SNEA.....83**

João Vítor Silva Ferreira

Bruno de Lucas Guimarães de Aguiar

APRESENTAÇÃO

O IV Encontro de História da Ciência no Ensino de Ciências na Amazônia teve por finalidade tornar o Ensino de Ciências interessante, facilitando a aprendizagem de maneira que, os alunos pudessem entender como são utilizados os diversos conteúdos ou experimentos desenvolvidos por cientistas. O evento mostrou, por meio de episódios históricos, o processo gradual e lento da construção do conhecimento científico, proporcionando uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos e limitações.

Destaca-se que houve a apresentação de conhecimentos, informações e orientações sobre a construção e consolidação de um evento que motivou a utilização da História da Ciência como ferramenta para a contextualizar fatos importantes que devem ser apresentados em sala de aula. Nesse sentido, vemos que existe expectativas de que, por meio da história, as dificuldades de aprendizagem em ciências sejam mitigadas.

Os trabalhos apresentados durante o evento foram considerados de grande relevância pelas diversas temáticas abordadas. Eles ajudaram a disseminar ideias para outros trabalhos importantes, que irão auxiliar a comunidade acadêmica a se apropriar do conhecimento científico como um instrumento para motivar professores e alunos na continuidade dos estudos na área.

A ideia de elaborar um e-book, surgiu quando conseguimos organizar o evento, e que o interesse dos participantes em conhecer os trabalhos que foram apresentados. Ele visa aproximar e refletir sobre o contexto histórico para o desenvolvimento das aulas de ciências, com foco na contextualização dos conteúdos serem trabalhados, uma vez que cada temática apresentada durante o evento foi de grande relevância para os participantes.

Os estudos sobre a História da Ciência desenvolvidos ao longo evento foram considerados de grande importância para a Formação de Professores de Química e Física, contribuindo para a humanização da Ciência conforme as abordagens contextuais, por meio do entendimento integral das matérias científicas.

A organização deste e-book surgiu da necessidade de demonstrar o quanto a História da Ciência pode e deve transformar o desenvolvimento do Ensino de Ciências, tornando suas temáticas mais interessantes para a formação de professores. O evento foi uma continuidade de outros realizados nos anos de 2016, 2017 e 2019, no Centro de Ciências e Planetário do Pará, promovidos pelo Grupo de Pesquisa Ciência, Tecnologia, Meio Ambiente e Educação Não Formal – CTENF da UEPA. Estes estudos destacaram a importância do Ensino de Ciências e como os graduandos deveriam apresentar suas pesquisas dentro do âmbito acadêmico, gerando novos interesses pelos alunos atendidos.

Uma grande contribuição da História da Ciência é esclarecer concepções históricas errôneas perpetuadas pelos livros didáticos de todas as áreas do conhecimento científico ao longo do tempo. Essas possíveis deformações do conhecimento científico podem repercutir negativamente no ensino, em especial quando educadores lançam mão das construções das teorias do passado oferecidas pelos cientistas nos dias atuais. Por fim, esperamos que este e-book contemple um perfil moderno, permitindo ao aluno um encontro com os fatos históricos desenvolvidos nas diversas pesquisas que foram apresentadas no IV Encontro de História no Ensino de Ciências na Amazônia.

Autores

AS CONTRIBUIÇÕES DE ALICE AUGUSTA BALL: UMA CIENTISTA APAGADA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Flávia Leandra Miranda Alcântara

Thalita da Silva Teixeira

Maria Dulcimar de Brito Silva

Palavras-chave: Ensino. Representatividade. História da Ciência. Hanseníase.

1. INTRODUÇÃO

A história da Ciência é indispensável a um ensino humanizado, demonstrando que conhecimento é um legado de determinação, além de outros fatores, como incentivo e condições financeiras. Ao analisar o início do século XX, é nítido que este se tratou de um período repleto de prejulgamentos sociais. Nesse aspecto, gênero, classe social e raça são fatores determinantes na educação de jovens nascidos nesta época. A trajetória de Alice Augusta Ball vem a ser um exemplo de como uma jovem mulher negra, apesar da sua inteligência, pode ser apagada da história das ciências.

Em um período tão preconceituoso, Alice Ball rompeu paradigmas e foi pioneira, graduando-se em Química e em Farmácia na Universidade de Washington. Após isso, mudou-se para o Havaí, para cursar o mestrado e, em 1915, ela se tornou a primeira afro-americana e a primeira mulher a se formar na Universidade do Havaí (IGNOTOFSKY, 2017). A jovem, apesar de ter uma situação econômica estável, que possibilitou sua formação científica, foi vítima de preconceito racial e de machismo. Essa história mostra que a discriminação racial e o machismo podem ser encontrados em todas as esferas sociais.

Outro exemplo de preconceito era o que sofriam os doentes. No século XX, as pessoas portadoras de hanseníase eram presas pela polícia e isoladas em colônias de leprosos. Como fonte de alívio para a lepra, usava-se o óleo de chaulmoogra, no entanto este óleo não podia ser injetado, nem consumido, e era pouco eficaz no uso tópico. Alice foi a revolucionária, que, em 1918, com 23 anos, isolou os ésteres de etila presentes no óleo e os misturou com água, tornando-os injetáveis. Após isso, os pacientes já não eram mais exilados e podiam ver suas famílias (IGNOTOFSKY, 2017).

Mesmo sendo imprescindível, a *expertise* de Alice em Química não teve reconhecimento, quando o trabalho sobre o óleo foi publicado; Arthur Dean foi quem assumiu sua autoria. Infelizmente, a química faleceu, antes de poder concluir sua pesquisa, e seu reconhecimento só veio décadas depois, graças a documentos pessoais e a menções em um livro (SANTANA; PEREIRA, 2021). Hoje em dia, temos conhecimento da verdadeira história, graças a pesquisadores.

Portanto, o objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da trajetória de Alice Augusta Ball à sociedade e ao ensino de Ciências, tendo, como metodologia, uma pesquisa qualitativa, feita através de levantamento bibliográfico. Ainda nos dias de hoje, vemos que os livros de Ciências são repletos de histórias de cientistas homens e brancos, deixando pouco espaço à representatividade negra, especialmente num país miscigenado como o Brasil. Cientistas negros (de ambos os gêneros)

difícilmente têm suas histórias abordadas, logo a disseminação da história de Ball traz uma identificação com o olhar público, por parte de mulheres e de crianças negras.

2. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter qualitativo e foi desenvolvida, mediante a busca de informações, através de levantamento bibliográfico. González (2020) descreve a pesquisa qualitativa como ampla e diversa, abrangendo várias perspectivas, com o intuito de entender ou superar situações sociais ou educacionais, abordando tais situações em um sentido investigativo. Nesse sentido, a pesquisa buscou aspectos da vida e do trabalho de Alice Ball, com os intuitos de desvendar suas contribuições, relacionadas ao óleo de chaulmoogra, entender sua trajetória acadêmica e relacionar sua vida particular e sua posição social ao período em que vivia.

3. RESULTADOS

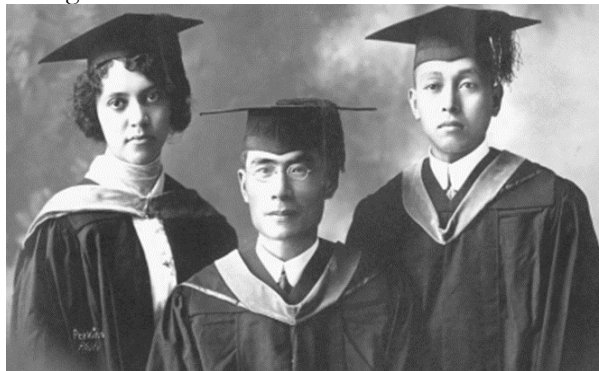
3.1 Trajetória acadêmica

Alice Augusta Ball nasceu em 1892, nos Estados Unidos, e fazia parte de uma importante família de afro-americanos; era a terceira filha do advogado James Presley Ball, Jr. e de Laura Louise Howard e neta do famoso fotógrafo James Presley Ball. Quando Alice nasceu, não foi registrada como negra, pois, na época, era comum que famílias afro-americanas registrassem seus filhos como brancos, sendo uma possível proteção contra o racismo (PEREIRA; SANTANA; BRANDÃO, 2019).

Alice Ball sempre estudou na *High School* e finalizou o ensino médio em 1910, com notas altas em Ciências, especialmente. Logo, iniciou sua graduação em Química e, depois, em Farmácia na Universidade de Washington. Durante sua graduação em Farmácia, orientada por William M. Dehn, Ball pôde publicar seu único artigo científico na revista *Journal of the American Chemical Society*, denominado *Benzóilações em soluções de éter* (CAVALLEIRO, 2022).

Aprovada no curso de mestrado na Universidade do Havaí, a jovem começou a pesquisar sobre a composição química e o princípio ativo das raízes de kava (*Piper methysticum*). Quando Alice finalizou seu mestrado (Figura 1), tornou-se a primeira mulher a obter um título de mestre na instituição (IGNOTOFSKY, 2017).

Figura 1: Formatura de Alice Ball no mestrado



Fonte: Cavalleiro (2022).

A pesquisa de Alice Ball sobre o ativo das raízes de kava foi crucial para que ela fosse convidada pelo médico Harry T. Hollmann para desenvolver um método, que isolasse os princípios ativos do óleo da semente da planta chaulmoogra. Hollmann sabia das propriedades curativas do óleo de chaulmoogra, pois ele já era usado contra casos de hanseníase na forma de pomada, embora não fosse suficiente para curar a enfermidade (CAVALLEIRO, 2022).

3.2 A descoberta que salvou vidas

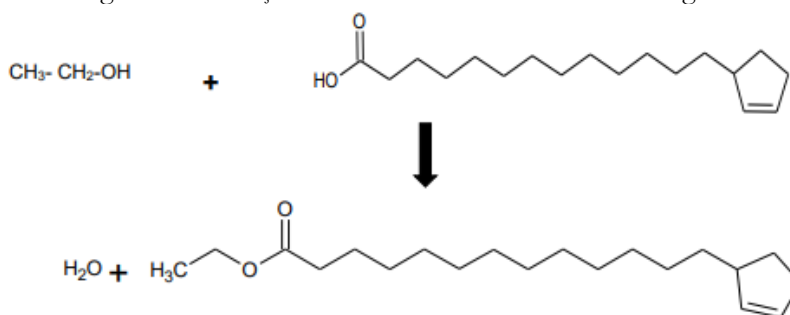
No início do século XX, muitos cientistas se dedicavam a resolver a proliferação da lepra, atualmente chamada de hanseníase. Essa doença fazia com que seus portadores tivessem insensibilidades e lesões de pele, que causavam deformidades permanentes e danos aos nervos e aos olhos. À época, a única solução pensada para conter a emergência de saúde pública foi prender os doentes na colônia de leprosos de Kalaupapa, na ilha havaiana de Molokai (IGNOTOFSKY, 2017).

A lepra é causada pelo bacilo *Mycobacterium leprae*, sendo transmitida por secreções, em geral a saliva que se espalha em gotículas pelo ar, ou seja, pelo falar, respirar, tossir e beijar. Entretanto, antigamente se acreditava que o toque físico era suficiente para que alguém fosse contaminado (GOMES, 2022).

As primeiras tentativas de uso do óleo de chaulmoogra contra a lepra foram: aplicação na pele, que teve pouca efetividade; ingestão do óleo, que gerava náuseas aos pacientes; e injeção do óleo, que resultava em dor aguda, inchaços e febre, dada sua densidade elevada e sua pouca solubilidade no sangue. Em 1915, o médico Harry T. Hollmann, buscando alternativas para o tratamento da doença, convidou Alice Ball para realizar uma pesquisa sobre o óleo (GOMES, 2022).

Em busca da cura para a hanseníase, Alice extraiu sais de ácidos graxos presentes no óleo de chaulmoogra. Em seguida, utilizou etapas de acidificação e os métodos: separação; filtração; e cristalização fracionada. Dessa forma, ela obteve os ácidos graxos da chaulmoogra. Os ácidos foram transformados em ésteres de etila, o que tornou o tratamento injetável eficaz e menos doloroso, pois proporcionou a absorção dos princípios ativos do óleo pelo corpo (PEREIRA; SANTANA; BRANDÃO, 2019).

Figura 2: Formação do éster etílico do ácido chaulmúgrico



Fonte: Gomes (2019).

O éster etílico do ácido chaulmúgrico é solúvel no sangue, portanto foi injetado nos pacientes, sem causar dores, e foi eficiente na cura da lepra. Alice Ball conseguiu salvar muitas

vidas. Como não se temia mais o contágio, em 1918, os pacientes já podiam viver junto aos familiares e os novos pacientes não eram mais forçados ao exílio (IGNOTOFSKY, 2017).

3.3 A apropriação da descoberta de Alice Ball

À época em que Alice finalizou sua pesquisa com o óleo de chaulmoogra, a jovem passou por sérios problemas de saúde e veio a óbito, antes de publicar sua descoberta. Alice morreu em 1916, aos 24 anos. A possível causa de sua morte foi a inalação accidental de gás cloro, durante uma aula em um laboratório (IGNOTOFSKY, 2017).

Após a sua trágica e repentina morte, sua pesquisa foi publicada pelo químico estadunidense Arthur Lyman Dean, chefe do departamento no qual a jovem trabalhava. Sendo mulher em um contexto de opressão feminina, Ball ainda foi vítima de preconceito pelo fato de ser negra em uma época, na qual as teorias eugenistas e o darwinismo social eram muito empregados, isto é, a jovem química não foi reconhecida por sua própria descoberta (PEREIRA; SANTANA; BRANDÃO, 2019).

O nome de Ball foi resgatado em 1922, na pesquisa de Harry Hollmann. Quando o artigo *Os ácidos graxos do óleo de chaulmoogra e o tratamento da hanseníase e outras doenças* foi publicado, o nome de Alice não constava entre os autores. Hollmann descreveu com detalhes o trabalho experimental de Ball, evidenciando sua participação e denominando o processo Método Ball, alegando que os procedimentos de Dean eram idênticos aos de Alice e que uma única alteração não os diferenciava dos efeitos obtidos com o Método Ball (GOMES, 2022).

Ainda assim, Dean se recusou a dar os créditos a Alice Ball, sendo apoiado em uma época cheia de machismo e de preconceito, dessa forma o prestígio continuou creditado ao pesquisador. Um artigo no jornal da Universidade do Havaí em 1927, em homenagem à saída de Arthur Dean da presidência da universidade, publicou os méritos adquiridos, durante sua gestão, entre eles a descoberta da cura para a hanseníase.

Dr. Arthur L. Dean é o descobridor do óleo chaulmoogra que tem sido utilizado com resultados muito satisfatórios no tratamento de casos de Lepra. O medicamento foi primeiramente desenvolvido por Dr. Hollman (sic) e Senhorita Alice Ball, e o medicamento moderno foi descoberto e preparado por Dr. Dean [...]. O óleo como preparado pelo Dr. Dean cura os casos mais brandos de lepra. (THE VOICE OF HAWAII, 1927, p. 1-2 apud PEREIRA; SANTANA; BRANDÃO, 2019, p. 102-103).

O legado de Alice Ball foi reconhecido, quando o servidor federal aposentado Stanley Ali encontrou menções a Ball em um livro da década de 1930 e quando a pesquisadora e professora Kathryn Takara, do Departamento de Estudos Étnicos da Universidade do Havaí, encontrou a documentação de Alice Ball, durante sua pesquisa sobre a trajetória das mulheres negras do Havaí. A Universidade do Havaí só reconheceu as contribuições de Alice Ball à cura da lepra em 2000, quando inaugurou uma placa com seu nome, junto à única árvore de chaulmoogra presente no campus (CAVALLEIRO, 2022).

Atualmente, Alice Ball é uma cientista reconhecida por sua marcante trajetória. Durante seus 23 anos de vida, foi uma revolucionária, por ser a primeira mulher a receber o título de mestre na Universidade do Havaí e por salvar vidas com a descoberta da cura para a lepra. No entanto, é lamentável a demora no seu reconhecimento, devido ao preconceito e ao machismo que enfrentou, inclusive depois de sua morte, tendo sua trajetória perdida por anos.

4. CONCLUSÃO

Ao se deparar com a trajetória de Alice Ball, é perceptível o quanto a jovem estava à frente de sua época, rompendo o senso comum de uma sociedade machista e preconceituosa. Alice entrou para a história, ao se tornar a primeira mulher mestre na Universidade do Havaí, sendo uma mulher negra (que recebia uma carga maior de preconceito). A jovem se tornou uma heroína na área da saúde, quando encontrou a cura para a lepra, uma das piores doenças da época. No entanto, mesmo com o brilhantismo de Alice Ball, a cientista teve sua pesquisa apropriada por Arthur Dean e, consequentemente, sua história foi apagada. Ainda que a jovem tenha sido registrada como branca, com todos os privilégios que tal condição trazia, ela não deixou de ser vítima do machismo e do preconceito. Assim, quando se trata do ensino de Química voltado à igualdade racial e de gênero, destacamos a necessidade de demonstrar os aspectos da História de forma não idealizada. Isso inclui trajetórias, obstáculos e privilégios (se aplicáveis), além das formas de influência destes fatores no aprendizado de cientistas. No vasto campo das Ciências, faz-se necessária a exaltação da visibilidade racial e de gênero, a fim de demonstrar que, apesar das lutas sociais, o trabalho de excelente qualidade pode ser alcançado apenas com esforço, inteligência e dedicação, sem contar aspectos de raça, religião ou gênero. Ressalta-se, ainda, que o incentivo se faz necessário, pois, tendo como base a história de Alice, pode-se perceber que a ajuda financeira vinda de sua família foi um fator decisivo para a sua formação. A Ciência, assim como sua história, necessita ser divulgada e ter suas pesquisas patrocinadas e incentivadas.

REFERÊNCIAS

CAVALLEIRO, S. F. **Para refletir e praticar uma educação feminista: uma proposta de aula de química sobre a cientista Alice Ball.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2022.

GOMES, S. S. W. **Alice Ball: uma biografia para a divulgação da ciência feminina negra e para possibilidades de discussão da história e filosofia.** 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

GONZÁLEZ, Fredy Enrique. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 8, n. 17, p. 155-183, 2020.

IGNOTOFSKY, R. **As cientistas: 50 mulheres que mudaram o mundo.** São Paulo: Bluncher, 2017.

PEREIRA, L. S.; SANTANA, C. Q.; BRANDÃO, L. F. S. P. O Apagamento da Contribuição Feminina e Negra na Ciência: Reflexões sobre a Trajetória de Alice Ball. **Cad. Gên. Tecnol.**, Curitiba, v. 12, n. 40, p. 92-110, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/cgt>. Acesso em: 03 set. 2023.

SANTANA, C. Q.; PEREIRA, L. S. O caso Alice Ball: uma proposta interseccional para o Ensino de Química. **Quím. Nova Esc.**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 380-389, nov. 2021. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/edicao.php?idEdicao=88>. Acesso em: 08 abr. 2023.

A HISTÓRIA DE IRÈNE JOLIOT-CURIE E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A QUÍMICA E PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Thalita da Silva Teixeira
Victor Gabriel Andrade da Cunha
Vânia Lobo Santos

Palavras-chave: Mulheres na Ciência. História. Ensino de Ciências.

1. INTRODUÇÃO

A História desempenha um papel fundamental no ensino de Ciências, pois fornece contexto e perspectiva aos estudantes. Ao explorar as conquistas e os erros dos cientistas do passado, os alunos podem compreender como o conhecimento científico evoluiu e como a metodologia científica se desenvolveu, ao longo do tempo. Desse modo, os alunos podem se basear em pesquisas já realizadas e não cometer os mesmos erros dos cientistas do passado.

Além disso, a história da Ciência torna o conteúdo mais acessível e envolvente, ao conectar as descobertas científicas às narrativas humanas, mostrando as personalidades por trás das teorias e expondo os desafios enfrentados pelos cientistas. Isso torna a ciência mais relevante e interessante e promove a reflexão crítica sobre o método científico e sobre a sua importância na sociedade contemporânea (MATTHEWS, 2015).

No entanto, a história da Química, assim como a das demais ciências, foi solidificada por personagens masculinos e brancos. Inicialmente, as mulheres eram proibidas de estudar, sendo elas de alta classe social ou não. À continuidade, as poucas mulheres que conseguiam quebrar esta barreira tinham sua produção científica ridicularizada, desvalorizada e não reconhecida; algumas delas usavam até pseudônimos masculinos para contornar esta situação. Segundo as autoras Balbé, Botelho e Cabecinhas (2023), essa desigualdade cunha o Efeito Matilda.

Esse efeito é assim nomeado, em homenagem a Matilda Joslyn Gage, responsável por publicar, no ano de 1893, um ensaio que mostrava a contribuição das mulheres para as Ciências, em crítica à ideia de que as mulheres não possuíam inteligência. Um dos emblemas mais marcantes desta diferença de valorização está no fato de que apenas oito mulheres foram laureadas com o Nobel de Química entre os cento e oitenta e nove ganhadores (SILVEIRA *et al.*, 2022).

Irène Joliot-Curie é uma das laureadas. Entre suas muitas contribuições para a sociedade e para as Ciências, a que lhe tornou digna de ser premiada foi a descoberta da radioatividade artificial no ano de 1935, junto a seu marido. Além disso, entre outras atividades, ela teve participação no Comitê Nacional das Mulheres Francesas e no Conselho pela Paz Mundial, era politicamente engajada e contrária ao nazismo (SILVEIRA *et al.*, 2022).

Irène era a filha mais velha de Marie e Pierre Curie (laureados com o prêmio Nobel de Física de 1903), nasceu em 12 de setembro de 1897, em Paris, perdeu o pai ainda muito nova e foi criada pela mãe. Casou-se em 1926, com Frederic Joliot, e teve com ele duas crianças: Helene Langevin-Joliot, nascida em 1927, e Pierre Joliot, nascido em 1932. Ela participou ativamente da educação dos filhos, que também seguiram carreiras nas Ciências: Helene se tornou física nuclear e escritora, enquanto Pierre se tornou bioquímico (ALDAIR, 2022).

Com o intuito de promover a valorização da participação feminina na construção do processo científico, esse trabalho objetiva demonstrar a trajetória de Irène Joliot-Curie e as suas contribuições para a Química e para a sociedade. A presente pesquisa é qualitativa, de caráter bibliográfico, na qual buscou-se reunir informações a respeito da vida e dos trabalhos realizados pela cientista. Dessa forma, um importante nome feminino na Química terá sua história explorada. Tendo em vista que as contribuições das mulheres foram desmerecidas, ao longo da História, a escolha pelo estudo da vida de Irène contribuirá para a exaltação da figura feminina nas Ciências.

2. METODOLOGIA

A pesquisa buscou aspectos da vida e do trabalho de Irène Joliot-Curie em diversas literaturas, ou seja, na pesquisa, de caráter qualitativo, foi desenvolvido um levantamento bibliográfico. Segundo Creswell (2014), a pesquisa qualitativa transforma o mundo visível em dados representativos, contexto no qual investigadores qualitativos procuram um fenômeno em seu todo. Nesse texto, buscou-se compreender as contribuições de Irène em seu cenário natural.

A pesquisa inicialmente apresentou aspectos da vida de Irène de forma retilínea, trazendo alguns tópicos importantes sobre seu contexto familiar, sua trajetória acadêmica, suas descobertas científicas e suas outras contribuições, destacando ligações entre a vida pessoal, as contribuições científicas e o progresso da Ciência proporcionado por Irène. Ademais, pode-se realizar um paralelo com as vidas dos estudantes em geral, que também passam por problemas e possuem necessidades e interesses nos âmbitos familiar e pessoal, além das vivências em sala de aula. Essa humanização da Ciência contribui para a construção de uma identificação, por parte dos estudantes, e ajuda a enxergar os responsáveis pela História da Ciência de forma desidealizada.

3. RESULTADOS

3.1 A trajetória acadêmica

Diferente da maioria das crianças, que frequentavam a escola primária, Irène Joliot-Curie iniciou seus estudos em casa. Sua mãe cuidava de sua educação e das de seus irmãos. Na época, ela já demonstrava aptidão para as Ciências Exatas, principalmente Matemática, Química e Física (SILVEIRA *et al.*, 2022).

Percebendo isso, Marie, junto a outros cientistas, formaram “A Cooperativa”, um sistema de aprendizagem básico científico, entre outros, no qual vários cientistas franceses ensinavam os filhos de seus colegas nas áreas, em que tinham aptidão, como Física, Química, Matemática, Artes, Idiomas etc. (ALDAIR, 2022).

Após dois anos estudando na cooperativa, Irène ingressou no sistema de ensino tradicional, no *College Sevigne*, para a sua educação formal. Em 1914, ela ingressou na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris, mas, com a interrupção causada pela Primeira Guerra Mundial, Irène Joliot-Curie foi obrigada a suspender seus estudos (ALDAIR, 2022).

Com o fim da guerra, ela retomou os estudos nas áreas de Matemática, Física e Química, no Instituto Curie, fundado pelos seus pais. No doutorado, ela se dedicou ao estudo do polônio, elemento químico descoberto por seus pais. No ano de 1925, ela recebeu em seu laboratório, como

assistente, o engenheiro químico Frederic Joliot, que ganhou uma bolsa de estudos e teve Irène como tutora de técnicas de laboratório e de pesquisa (FIUZA, 2020).

No ano de 1937, Irène foi convidada a lecionar na Faculdade de Ciência de Sorbonne, em Paris, instituição em que Marie Curie também deu aulas (SILVEIRA et al., 2022). Em 1946, ela assumiu a diretoria do Instituto do Rádio, tornando-se comissária de energia atômica (FIUZA, 2020). Irène Joliot-Curie teve uma carreira acadêmica brilhante para a época.

3.2 As descobertas científicas

Em 1938, a pesquisadora detectou a produção de um elemento radioativo com meia-vida de 3,4 horas, enquanto bombardeava átomos de urânio com nêutrons. Ainda que Irène tenha estado muito perto de descobrir a fissão nuclear, outros cientistas chegaram primeiro à interpretação correta do fenômeno, recebendo tal mérito com justiça (FARIAS, 2001).

Irène e seu marido Frederic bombardearam elementos químicos com partículas alfa liberadas pelo polônio, tendo, como resultado, isótopos radioativos de elementos naturais. Com esta pesquisa, que representava a descoberta de um método artificial de produzir radioatividade, eles ganharam o prêmio Nobel de Química, em 1935 (FIUZA, 2020).

O casal ainda foi pioneiro, ao transmutar átomos estáveis em radioativos. Os cientistas se preocupavam com que suas descobertas caíssem em mãos erradas. O trabalho de ambos ajuda no acompanhamento de mudanças químicas e fisiológicas, atualmente, além de ter aplicações diversas, como nas áreas de diagnóstico, de procedimentos de cintilografia, de tomografia por emissão de pósitrons e de tomografia computadorizada por emissão de fóton único, bem como em tratamentos de câncer (SILVEIRA et al., 2022).

3.3 Outras contribuições

Com 18 anos, Irène Joliot-Curie se juntou à mãe para atuar como enfermeira e operadora de Raio-X em hospitais móveis gerenciados por Marie Curie. Esse equipamento foi desenvolvido pelos seus pais, para ajudar a localizar balas em corpos de feridos, era radioativo e não era tão sofisticado, fazendo com que suas operadoras ficassem expostas a grandes doses de radiação, mas ajudaram a salvar vidas e membros de muitos soldados feridos (FIUZA, 2020).

Joliot-Curie foi nomeada chefe da “*Section Chimie*” da Comissão Francesa de Energia Atômica, em 1946. Além disso, ela teve participação no Comitê Nacional das Mulheres Francesas e no Conselho pela Paz Mundial, era politicamente engajada e contra o fascismo e o nazismo, tendo aderido ao Partido Socialista (SILVEIRA et al., 2022), sendo, portanto, uma cidadã ativa nas questões políticas e sociais de seu tempo.

4. CONCLUSÃO

Esse estudo se propôs a demonstrar brevemente a história de uma grande cientista da área da Química, tendo em conta o seu trabalho nesta ciência e em outras áreas da sociedade. A história de Irène Joliot-Curie é exemplo de dedicação, luta e perseverança, servindo como modelo para

que mulheres e meninas sigam carreira nas ciências e demonstrando que as mulheres têm desempenhado papéis significativos na História da Ciência.

A história das mulheres na Ciência pode exercer um papel crucial no ensino, ajudando a combater estereótipos de gênero e incentivando a diversidade na Ciência. Além disso, pode promover a igualdade de gênero, visto que, ao explorar a história de cientistas mulheres, professores podem abordar questões de desigualdade de gênero e discutir como as barreiras históricas foram superadas.

Outro fator a se considerar é a contextualização das descobertas científicas. Nesse viés, a História da Ciência fornece contexto para descobertas científicas e inovações, mostrando como diferentes perspectivas contribuíram para o avanço do conhecimento. A história de Irène ajuda a demonstrar a importância da diversidade. Ao destacar uma cientista mulher, põe-se em perspectiva a importância da diversidade de experiências na pesquisa científica, o que pode levar à construção de soluções mais criativas e abrangentes a problemas científicos, além de desconstruir o estereótipo de que apenas o gênero masculino tem aptidão para as áreas de exatas.

A história de Irène Joliot-Curie ainda ressalta a importância de figuras de inspiração e incentivo que cientistas representam, como Marie Curie foi para sua filha. Irène também possui este papel: ela foi e será, para diversas outras meninas e mulheres, uma figura em quem se inspirar. A vida desta cientista demonstra que não existe lugar específico de homens ou de mulheres; cada um pode ser inserido na área em que deseja, seja na oficina, seja na cozinha, seja no laboratório, fazendo Ciência.

REFERÊNCIAS

ALDAIR, L. **Irène Joliot-Curie**: cientista francesa. 2022. Disponível em: https://www.ebiografia.com/irene_joliot_curie/. Acesso em: 02 fev. 2023.

BALBÉ, A.; BOTELHO, C.; CABECINHAS, R. Mulheres cientista? A representação das mulheres na ciência nos livros didáticos de história em Portugal. **Cadernos Pagu**, n. 67, p. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cpa/i/2023.n67/>. Acesso em: 04 set. 2023.

CRESWELL, J. **Qualitative, quantitative and mixed methods approach**. [S. l.]: Sage, 2014.

FARIAS, Robson Fernandes. As mulheres e o Prêmio Nobel de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 14, p. 28-30, 2001.

FIUZA, L. G. **Irène Joliot-Curie (1897-1935)**. 2020. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2020/11/20/irene-joliot-curie-1897-1956/>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching**: The role of history and philosophy of science. 2. ed. New York: Routledge, 2015.

SILVEIRA, C. et al. As mulheres ganhadoras do Nobel de Química (1901-2020). **Quim. Nova**, v. 45, n. 5, p. 636-646, 2022. Disponível em: https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=9426. Acesso em: 19 jul. 2023.

DOROTHY HODGKIN E A DIFRAÇÃO DO RAIOS-X NA DESCOBERTA DA ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL DA PENICILINA

Israel Pedro Dantas da Nóbrega
Lucivaldo da Cruz Marinheiro Junior
Maria Dulcimar de Brito Silva

Palavras-chave: Técnica. Cristalografia. Penicilina.

1. INTRODUÇÃO

Dorothy Hodgkin foi uma cientista britânica notável por suas contribuições na cristalografia de raios X, técnica que permitiu a identificação de estruturas bioquímicas importantes (MAIA, 2021). Ela nasceu em 12 de maio de 1910, em Cairo, no Egito, como primogênita de John Winter Crowfoot e Molly Crowfoot, renomados arqueólogos (PRADO, 2018).

Hodgkin estudou Química na Universidade de Oxford, tendo sido uma das poucas mulheres a se formar em seu curso na década de 1930 (MELO e SILVA, 2021). Sua pesquisa se concentrou em cristalografia de raios X, que é o estudo da estrutura atômica de moléculas, usando difração de raios X.

Um de seus maiores sucessos foi a determinação da estrutura molecular da penicilina, em 1945, que lhe rendeu o prêmio Nobel de Química, em 1964. Ela também trabalhou na identificação das estruturas da vitamina B12, insulina e outras moléculas importantes na Bioquímica. O interesse de Dorothy pela Ciência permaneceu, até o final de sua vida, em 1994 (VARGAS, 2012).

A penicilina foi descoberta em uma das experiências de Alexander Fleming, e representou um marco importante na era dos antibióticos. A partir dela, foi possível diminuir expressivamente o número de mortes causadas por doenças infecciosas. A presente pesquisa objetivou investigar a contribuição de Dorothy Hodgkin para o descobrimento da estrutura tridimensional bioquímica da penicilina (CALIXTO e CAVALHEIRO, 2012, p. 118).

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado, a partir de uma análise qualitativa do tipo documental e bibliográfica, a qual mostrou como a cientista desenvolveu suas análises.

3. RESULTADOS

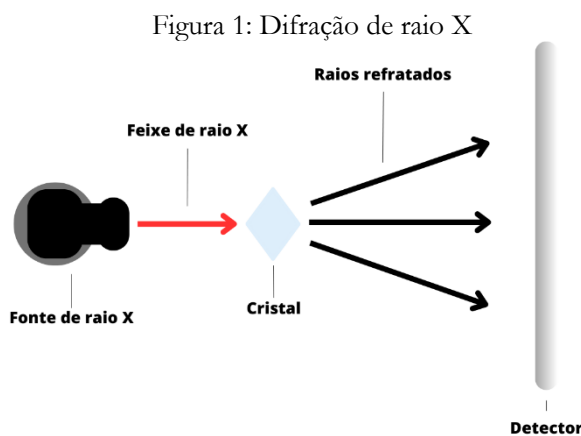
A colaboração na descoberta da estrutura da penicilina, no ano de 1945, pelo método de difração de raios-x, foi de grande importância para a síntese dela na indústria farmacêutica. Com a estrutura desvendada, foi possível produzir o medicamento em massa e tratar vários soldados, durante o final da Segunda Guerra Mundial. Tal medicamento é usado globalmente, até os dias de hoje, como na região amazônica, que apresenta elevada incidência de meningite pneumocócica, com 2702 casos observados entre os anos de 2012 e de 2015, sendo cerca de 50% no estado do

Pará. Além da descoberta da estrutura da penicilina, outras estruturas bioquímicas também foram observadas por Dorothy, tal como a estrutura da vitamina B12, o que lhe rendeu o prêmio Nobel de Química no ano de 1964.

3.1 Difração de raios X

A cristalografia de raios X é uma técnica que consiste em fazer passar um feixe de raios X, através de um cristal da substância sujeita ao estudo. Devido à simetria do agrupamento de átomos, o feixe se espalha em várias direções e, por meio da difração o, surge um padrão de intensidades, que pode ser interpretado com base na distribuição dos átomos no cristal, aplicando-se a Lei de Bragg (WASEDA, MATSUBARA SHINODA, 2011).

Os pioneiros desta técnica foram Max von Laue, William Henry Bragg e William Lawrence Bragg, que descobriram que os átomos num cristal (isto é, suas densidades eletrônicas) dispersavam os raios X, e que os raios espalhados interferiam uns nos outros, resultando em regiões de maior ou menor intensidade espalhada, dependendo de interferências construtivas e destrutivas. Nos casos das interferências construtivas, o resultado era uma pequena mancha brilhante na placa fotográfica, enquanto não se formava mancha alguma no segundo caso. Essas pequenas manchas de raios X, ou padrões de difração, revelam uma relação matemática com as posições dos átomos individuais no cristal. À época, não havia computadores, então os cálculos matemáticos eram realizados à mão, utilizando dados obtidos das fotografias, como as distâncias e posições relativas das manchas, para determinar a estrutura dos materiais cristalinos (LIMA, AFONSO e PIMENTEL, 2009). A técnica de difração de raios X está disponível para visualização na ilustração da Figura 1.



Fonte: elaboração dos autores (2023).

3.2 Penicilina

A descoberta da penicilina em si, em 1928, é uma história amplamente difundida e usada como exemplo em várias demonstrações sobre o método científico e sobre a ação do acaso em Medicina: Fleming viajou e acidentalmente deixou uma amostra de *Staphylococcus aureus* ser contaminada por esporos do fungo *Penicillium notatum*, que cresceu na placa, gerando um halo de inibição de crescimento (FERREIRA; PAES; LICHTENSTEIN, 2008).

Apesar de Fleming ter isolado a penicilina, em 1928, seu uso terapêutico se mostrou muito incipiente de início, devido à impossibilidade de se reproduzir satisfatoriamente o experimento. Nos anos 1930, pesquisadores como Paine, Rainstruck e Reid tentaram expandir o uso da penicilina, mas enfrentaram as mesmas limitações de Fleming. Os estudos para o uso da penicilina para fins quimioterápicos sistêmicos se iniciaram com Howard Florey (1898-1968), um patologista australiano que trabalhava na Universidade de Oxford (Inglaterra), a partir de colônias de *P. notatum* (FERREIRA; PAES; LICHTENSTEIN, 2008).

Foi durante a guerra, em 1941, que Florey rompeu o acordo com seus financiadores e iniciou a inoculação em humanos, obtendo, de início, resultados desastrosos, devido à falta de pureza da droga. A purificação e a produção em escala industrial para teste em seres humanos (incluindo-se todos os membros dos laboratórios de Florey e Chain) ficou a cargo do bioquímico Norman Heatley (1911-2004). Os resultados foram publicados em 1941 e anunciados com grande furor pela imprensa não-médica. Quatro anos mais tarde, a pioneira da cristalografia com raios X Dorothy Hodgkin (1910-1994) conseguiu determinar a estrutura química da penicilina, uma de suas descobertas mais conhecidas e que lhe rendeu o prêmio Nobel de Química, em 1964 (FERREIRA; PAES; LICHTENSTEIN 2008).

Todas as penicilinas possuem um núcleo comum em sua estrutura química, constituído por um anel 6-aminopenicilânico (6-APA), distinguindo-se entre si de acordo com a cadeia lateral que se liga ao anel por meio de seu grupo amino. Sua fórmula química pode ser expressa em $C_{16}H_{18}N_2O_4S$ (SANTANA, s/d).

A estrutura da penicilina pode ser observada na Figura 2.

Figura 2: Modelo da penicilina produzido por Dorothy



Fonte: Revista Virtual de Química (2012).

Herman Hollerith foi um empresário estadunidense desenvolvedor de um sistema capaz de computar dados, a partir da leitura de cartões perfurados. Em seu tempo, o cálculo do censo levava anos (por exemplo, o censo de 1880 levou oito anos para ser calculado) e encurtar o tempo de cálculo do censo era essencial, uma vez que os investimentos públicos de um país dependiam destes dados. Em vista deste problema, Hollerith criou uma máquina capaz de computar as informações coletadas no censo de 1890, a partir de cartões perfurados, diminuindo o tempo de cálculo para apenas dois anos e meio. Suas máquinas se tornariam um grande sucesso nos anos seguintes, sendo vendidas para governos e para a iniciativa privada (CREPALDI; COSTA; ESCOBAL, 2017). O computador feito por Herman Hollerith pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3: Computador Hollerith



Fonte: Wikipedia (2007).

Fazendo uso da técnica de substituição isomórfica e da difração de raios X, e do computador Hollerith, para fazer os cálculos de Fourier, cientistas haviam chegado às estruturas tridimensionais dos sais sódio, potássio e rubídio da benzilpenicilina, em 1945 (VARGAS, 2012).

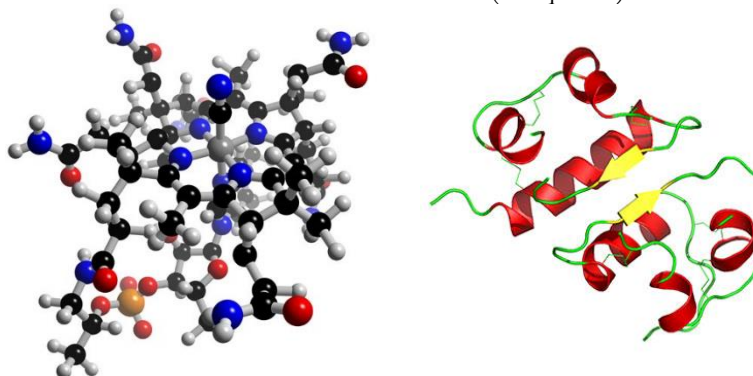
3.3 Vitamina B12 e insulina

Quando Dorothy iniciou suas pesquisas sobre a estrutura da vitamina B12, pouco se sabia sobre sua composição química. Foi somente no final dos anos 1940 que as investigações de Alexander Todd, em Cambridge, e de outros químicos começaram a fornecer informações relevantes sobre sua constituição. Eles demonstraram que a hidrólise ácida desta molécula produzia um grupo do tipo nucleotídeo monofosfato e várias amidas. Além disso, estudos espectroscópicos revelaram a presença de um grupo cianeto. Naquele momento, especulava-se que a molécula também pudesse conter um anel porfirínico, semelhante ao encontrado na hemoglobina e na clorofila.

Parte importante da análise da estrutura da vitamina B12 foi a descoberta de que, tanto nos cristais de cianocobalamina quanto nos de seus produtos de hidrólise mais simples, o átomo de cobalto se encontrava ligado a um anel corrina, desconhecido até então. Esse anel é semelhante ao anel porfirínico, mas contém um átomo de carbono a menos, de modo que dois anéis pirrol se ligam diretamente (VARGAS, 2012).

Mais tarde, G. Lenhert e Dorothy mostraram que a coenzima contém uma ligação cobalto-carbono (no lugar da ligação Co-CN na cianocobalamina), o que fez dela o primeiro composto organometálico de ocorrência natural, importante também do ponto de vista biológico (VARGAS, 2012). As estruturas moleculares em questão são perceptíveis nas figuras 4.

Figura 4: Estruturas moleculares da vitamina B12 (à esquerda) e da insulina (à direita)



Fonte: 3DCHEM (2023).

A partir da primeira fotografia da insulina tirada por Dorothy. em 1934, foram necessários 35 anos de árduo trabalho, até que sua estrutura fosse desvendada. Um marco importante neste processo foi o trabalho de Fred Sanger, em 1955, que determinou a sequência dos 31 grupos de aminoácidos de uma das cadeias e dos 20 da outra cadeia da insulina. Previamente, Sanger havia demonstrado a presença de duas pontes dissulfeto, que mantinham as duas cadeias unidas, sendo também responsável por sua localização.

Para resolver a estrutura, Dorothy e seu grupo substituíram o Zn^{2+} , utilizado na cristalização da insulina, por Cd^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} e UO_2^{2+} (uranila), e compararam as estruturas alteradas à original. Conseguiram interpretar as pequenas diferenças entre os cristais e neles localizar os átomos pesados. Finalmente, o mapa de densidade eletrônica pode ser interpretado e, baseados na sequência de aminoácidos de Fred Sanger, construíram o modelo da insulina (VARGAS, 2012).

A resolução da estrutura da insulina representou um dos momentos de maior alegria de Dorothy:

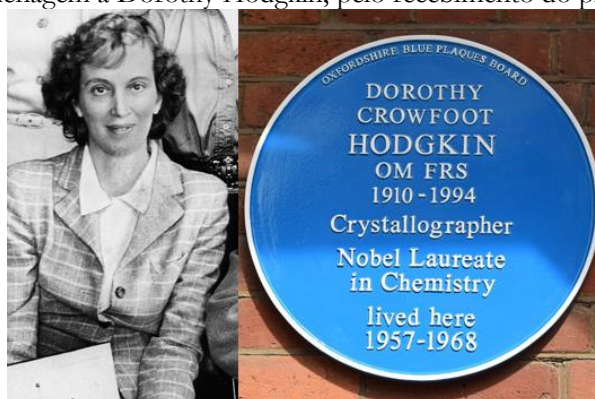
Costumava dizer que a noite em que revelei a primeira fotografia da insulina, em 1935, tinha sido o momento mais emocionante da minha vida. Mas o sábado à tarde, no final do mês de julho de 1969, quando me dei conta de que o mapa de densidade eletrônica da insulina poderia ser interpretado chegou muito próximo daquele momento” (VARGAS, 2012).

3.4 Premiações

Instituídos pela Fundação Nobel, os prêmios Nobel são conferidos anualmente às pessoas que tenham trazido grande benefício à Humanidade, conforme disposição testamentária de seu fundador, Alfred Bernhard Nobel. Principal premiação mundial, o Nobel constitui um atestado de excelência, que confere grande reputação a seus vencedores. Inicialmente, os campos contemplados pela premiação eram: Química, Física, Fisiologia ou Medicina, Literatura e da Paz. Em 1969, o Banco da Suécia (*Sveriges Riksbank*) instituiu o Prêmio em Ciências Econômicas, em memória ao criador do Prêmio (MAZALI, 2020).

O Prêmio Nobel de Química de 1964 foi concedido a Dorothy Crowfoot Hodgkin, “[...] por suas determinações por técnicas de raios-X das estruturas de importantes substâncias bioquímicas” (THE NOBEL PRIZE, s/d), como pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5: Placa em homenagem a Dorothy Hodgkin, pelo recebimento do prêmio Nobel de Química



Fonte: *University of Oxford* (2016).

A Ordem do Mérito é uma condecoração britânica e do *Commonwealth*, outorgada pelo monarca. Ela foi estabelecida em 1902, como recompensa por serviços extraordinários nas Forças Armadas, Ciência, Arte, Literatura ou pela promoção da Cultura. Dorothy Hodgkin se tornou membro da Ordem do Mérito, em 1965, ocupando a vaga de Sir Winston Churchill entre as vinte e quatro existentes (VARGAS, 2012) (Figura 6).

Figura 6: Medalha de Ordem ao Mérito, recebida por Dorothy Hodgkin



Fonte: Melo e Silva (2021).

4. CONCLUSÃO

Pode se observar que a linha de pesquisa de Dorothy foi de grande impacto na área de Ciências, principalmente no ramo da Medicina, pois a produção sintética de medicamentos à base de penicilina só foi possível, a partir de sua descoberta. Com a síntese da penicilina, foi possível

tratar inúmeras doenças bacterianas, até os dias atuais, salvando inúmeras vidas, desde a sua contribuição, fazendo a cientista deixar uma marca significativa na Ciência e na sociedade.

REFERÊNCIAS

CALIXTO, Carolina Maria Fioramonti; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Penicilina: Efeito do Acaso e Momento Histórico no Desenvolvimento Científico. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, v. 34, n. 3. p. 118-123p, ago. 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/03-QS-92-11.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

CREPALDI, C.; COSTA, L. V.; ESCOBAL, A. A. **A história da computação**: das máquinas de calcular aos computadores quânticos. 2017. Disponível em: http://fap.if.usp.br/~crepaldi/archive/ECF_Final.pdf. Acesso em: 03 ago. 2023.

DOROTHY Hodgkin a mulher que venceu na química. [S. l], 13 nov. 2022. Disponível em: <https://clubedaquimica.com/2022/11/13/dorothy-hodgkin-a-mulher-que-venceu-na-quimica/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

FERREIRA, M. V. C.; PAES, V. R.; LICHTENSTEIN, A. Penicilina: oitenta anos. **Rev. Med.**, São Paulo, v. 87, n. 4, p. 272-276, out./dez. 2008.

KENNEDY, M. **A brief history of disease, science and medicine: from the ice age to the genome project**. [S. l]: Asklepiad Press, 2004.

LIMA, Rodrigo da Silva; AFONSO, Júlio Carlos; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira. Raios-x: fascinação, medo e ciência. **Química Nova**, v. 32, p. 263-270, 2009.

MAIA, Raquel Gonçalves. Dorothy Hodgkin. **Revista de Ciência Elementar**, v. 9, 15 jun. 2021.

MAZALI, Ítalo Odone. História e Laureados com o Prêmio Nobel de Química. **LQES NEWS**, 2020. Disponível em: https://lqes.iqm.unicamp.br/images/lqes_cultural_cultura_quimica3-1_premionobel.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

MELO, Larissa Magalhães de Almeida; SILVA, Olavo Cosme. Biografia profissional de Dorothy Hodgkin - Contribuições para Química, Biologia e Bioquímica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 41976-41982, 24 abr. 2021.

OLIVEIRA, Patrícia Camargo. **Dorothy Crowfoot Hodgkin (1910-1994)**. [S. l], 22 maio 2020. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2020/05/22/dorothy-crowfoot-hodgkin-1910-1994/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

PRADO, Leticia. Dorothy Hodgkin e seus estudos cristalográficos sobre a estrutura da penicilina. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 18, p. 128-151, 30 jun. 2018.

SANTANA, Rodrigo C. **Penicilinas. Curso Básico de Antimicrobianos Divisão de MI – CM – FMRP-USP**. S/d. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3480716/mod_folder/content/0/1.%20Penicilinas%20Naturais.pdf. Acesso em: 30 jul. 2023.

SOUZA, Emerson Frank Moreira et al. Análise do perfil epidemiológico de meningite na região metropolitana de Belém-PA em um período de 10 anos (2010 a 2019). **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 9, n. 3, p. 11-17, 3 out. 2020.

THE NOBEL PRIZE. **The Nobel Prize in Chemistry 1964**. S/d. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1964/summary/>. Acesso em: 25 jul. 2023.

UNIVERSITY OF OXFORD. **Blue plaque unveiled honoring Dorothy Hodgkin (1910–1994)**. Disponível em: <https://www.some.ox.ac.uk/news/blue-plaque-unveiled-honouring-dorothy-hodgkin-1910-1994/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

VARGAS, Maria D. Dorothy Crowfoot Hodgkin: Uma Vida Dedicada à Ciência. **Revista Virtual Química**, v. 4, n. 1, p. 85-100, mar. 2012.

WASEDA, Yoshio; MATSUBARA, Eiichiro; SHINODA, Kozo. **X-Ray Diffraction Crystallography**: Introduction, Examples and Solved Problems. [S. l.]: Springer Science & Business Media, 2011.

WIKIPEDIA. **Tabuladora**. 2007. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tabuladora#/media/Ficheiro:HollerithMachine.CHM.jpg>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ZACHARIASEN, W. H. **Theory of X-Ray Diffraction in Crystals**. New York: Dover Publ., Inc., 1994.

3DCHEM. **Vitamina B12**. 3DChem, 14 nov. 2023. Disponível em: <https://www.3dchem.com/vitaminb12.asp>. Acesso em: 25 jul. 2023.

O QUE SERIA DA FÍSICO-QUÍMICA SEM MARIE CURIE? A CIENTISTA QUE REVOLUCIONOU A CIÊNCIA

Maria Alailma Gonçalves de Freitas
Maria Dulcimar Brito da Silva
Juliane Larissa Barbosa Santos

Palavras-chave: Ciência. Marie Curie. Radioatividade.

1. INTRODUÇÃO

Marie Curie nasceu em 1867, em Varsóvia, na Polônia, e morreu em 1934, na cidade de Passy, na França, vítima de leucemia causada por exposição excessiva ao rádio e às radiações ionizantes. Ela foi uma das cientistas mais importantes no ramo da Físico-química, por ter contribuído de diversas formas para este ramo da ciência, com a descoberta da radioatividade, do polônio e do rádio (BRAGA; NASCIMENTO, 2017).

Apesar dos anos se dedicando aos estudos para se tornar uma mulher pesquisadora, Marie Curie sempre encontrou dificuldades em sua carreira, já que, à época, não era permitido que as mulheres continuassem seus estudos. Segundo Braga e Nascimento (2011), em 1891, a cientista se mudou para Paris, França, onde conseguiu ingressar na Universidade de Paris-Sorbonne, graduando-se em Física e Matemática, logo ingressando no mestrado e, posteriormente, no doutorado, em que conheceu Pierre Curie (1859-1906), com quem se casaria. Os dois formavam uma dupla de cientistas afinada e, incentivados por Henri Becquerel, focaram seus estudos na fosforescência do urânio e em outras pesquisas, relacionadas ao tema.

Dessa forma, suas descobertas científicas lhes deram reconhecimento ainda em vida, tanto na comunidade científica quanto na contribuição ao estudo e à aplicação da radioatividade em Medicina, especialmente no tratamento do câncer e na identificação de fraturas, razão pela qual a dupla ficou mundialmente conhecida (NASCIMENTO; BRAGA, 2011).

No início da década de 1920, foi observado que o número de casos de câncer aumentava no Brasil. Por isso, Marie Curie, que também trabalhava com radioatividade e suas aplicações, foi convidada a visitar o Instituto do Radium, de Belo Horizonte. Esse instituto foi o primeiro centro destinado ao combate do câncer no Brasil, pelo uso da radioatividade. O instituto foi criado, em 1922, com o apoio do presidente da República na época, Arthur da Silva Bernardes (1875-1955), mineiro de Viçosa. Atualmente, o prédio do Instituto do Radium pertence à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (NASCIMENTO; BRAGA, 2011).

A cientista foi a primeira mulher a receber dois prêmios Nobel e a lecionar em Sorbonne. Foi também fundadora do *Institute du Radium*, onde expandiu suas pesquisas sobre o raio X. Sendo assim, o presente trabalho tem, como objetivos, sintetizar e disseminar a trajetória desta ilustre figura, que tanto contribuiu para a história da Ciência, e estudar o desenvolvimento do ensino sobre as aplicações da radioatividade no conhecimento dos problemas ocasionados ao ser humano.

2. METODOLOGIA

A metodologia usada para a elaboração do trabalho foi a revisão de literatura, com análise de artigos científicos. Portanto, a pesquisa desenvolvida foi de caráter bibliográfico qualitativo. Foram utilizados artigos e um livro, referente aos fatos importantes da cientista. Desse modo, o presente resumo retrata as contribuições científicas e seu legado para a Ciência. Para tanto, buscamos abordar a vida de Marie Curie de forma breve, ambicionando tecer um enredo, que nos permitisse descrever sua jornada e atuação no meio científico, pois ela foi uma cientista que sempre se dedicou ao ensino e ao conhecimento científico.

3. RESULTADOS

Especialista reconhecida mundialmente, Marie Curie (Figura 1), cujo nome de batismo é Marya Salomee Sklodowska, provém de uma família tradicionalmente envolvida com educação. Filha de um professor de Matemática e Física e de uma diretora de escola, era a mais nova dos cinco filhos do casal (QUINN, 1997).

Figura 1: Fotografia de Marie Curie



Fonte: The Nobel Prize (s/d).

Em sua adolescência, Marie passou por muitas dificuldades, como a perda da mãe, aos seus 12 anos de idade, vítima de tuberculose, que ocasionou seu afastamento da escola, para cuidar de seus irmãos. Ao mesmo tempo, ela conseguiu encaixar seus estudos, novamente, tendo grande destaque em sua turma, pela sua inteligência. Ela pretendia estudar Física em Paris, tendo feito um trato com a sua irmã mais velha, Bronya, que partiu primeiro para Paris para estudar Medicina, formando-se e por lá trabalhando, podendo apoiar os estudos de sua irmã.

Marie Sklodowska se formou em Licenciatura de Física na *Faculté de Science* de Paris, no ano de 1893, classificando-se em primeiro lugar. No ano seguinte, concluiu Licenciatura em Matemática, classificando-se em segundo lugar. Marie estava decidida a seguir uma carreira científica e, em 1894, procurava um tema de doutoramento, o que a levou ao conhecimento de Pierre Curie, professor e investigador na Universidade de Paris-Sorbonne. Marie foi aceita para trabalhar no laboratório de Pierre e com ele casou, um ano mais tarde (CARVALHO, 2011).

As pesquisas de Marie Curie foram de fundamental importância para a descoberta da radioatividade, o que lhe rendeu o título de doutora em Ciências, pela Universidade de Paris-Sorbonne e o prêmio Nobel de Física, em 1903, junto com Pierre e Becquerel. Em 1911, Marie

Curie ganhou seu segundo prêmio Nobel, dessa vez em Química, por conseguir isolar o rádio metálico puro. Marie Curie foi a primeira mulher a receber um Prêmio Nobel e a única a ser condecorada duas vezes com a honraria, em áreas diferentes, além de ter sido a primeira professora mulher da Universidade de Paris-Sorbonne.

Marie Curie também foi fundadora do *Institute du Radium*, em que expandiu suas pesquisas sobre o Raio X. A descoberta da radioatividade marcou o desenvolvimento da Física Nuclear, pois esta foi utilizada de várias formas na sociedade. Ele se deu com a descoberta dos elementos rádio e polônio, o que iniciou uma nova área da Química, a Radioquímica, e abriu caminho à aplicação de radioisótopos na Medicina, na indústria e em muitas outras áreas. Os serviços prestados por estes radionuclídeos foram inestimáveis, em especial a aplicação do rádio na Medicina, que correspondeu à invenção da radioterapia, que hoje continua a ser uma importante ferramenta para o tratamento do câncer.

Os tratamentos com rádio se faziam com aplicadores externos, que por vezes eram simples moldes de cera impregnados com rádio, para aplicação direta sobre o tumor (radioterapia). Mais tarde, o tratamento incluiu a colocação de fontes de rádio (agulhas) no interior do tumor, para irradiação interna nos tecidos (curieterapia). No *Institute du Radium*, foram desenvolvidos muitos procedimentos terapêuticos, e alguns dos tratamentos iniciais se tornaram casos relatados em anais de Medicina (DANLOS; BLOCH, 1901). No entanto, hoje, essa descoberta contribuiu com a Medicina, salvando muitas vidas no mundo, pois foi um dos primeiros recursos para começar a tratar desta doença.

Portanto, conclui-se que esta pesquisa buscou destacar o legado deixado pela cientista Marie Curie, que faleceu em 1934, vítima de leucemia causada por exposição excessiva ao rádio e às radiações ionizantes. Anos depois, em 1995, suas cinzas, bem como as de Pierre Curie, foram transferidas para o Panteão, em Paris, onde repousam os heróis da nação francesa (BALIBAR, 2006; CURIE, 1938).

4. CONCLUSÃO

A vida e o legado de Marie Curie foram de suma importância para o meio acadêmico, afinal Marie Curie é um dos grandes nomes da história da Ciência. Ela foi uma das mulheres pioneiras na Ciência e um exemplo de ser humano, pois, além da pesquisa científica, também se preocupou com a saúde das pessoas, desenvolvendo equipamentos para tratamento e diagnóstico de doenças e treinando profissionais da área da saúde. Seu legado científico foi de grande importância para o mundo, assim sua trajetória na Ciência inspirou muitas mulheres a trilharem um caminho, até então percorrido somente por homens.

REFERÊNCIAS

BRAGA, João Pedro; NASCIMENTO, Cássius Klay. **A visita de Marie Curie ao Brasil**. São Paulo: LF Editorial. 2017.

BALIBAR, F. **Marie Curie. Femme savant ou Sainte Vierge de la Science**. Paris: Editions Gallimard, 2006. 127 p.

CARVALHO, Fernando P. As descobertas científicas de Marie Curie e o seu legado à ciência e à humanidade. **Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos**, v. 3, n. 2, p. 1-11, 2011.

CURIE, E. **Madame Curie**. Tradução: Ed. Livros do Brasil. Paris: Editions Gallimard, 1938.

DANLOS, H.; BLOCH, P. Note sur le traitement du lupus érythémateux par des applications du radium. **Ann Dermatol and Syphilog**, v. 12, p. 986-988, 1901.

NASCIMENTO, Cássius Klay; BRAGA, João Pedro. Aspectos históricos da visita de Marie Sklodowska Curie a Belo Horizonte. **Química Nova**, v. 34, p. 1888-1891, 2011.

QUINN, S. **Marie Curie uma vida**. Tradução: Sonia Coutinho. São Paulo: Scipione Cultural, 1997.

SANTOS, V. D.; CANDELORO, R. J. **Trabalhos Acadêmicos**: Uma orientação para a pesquisa e normas técnicas. Porto Alegre: AGE Ltda, 2006. 149 p.

THE NOBEL PRIZE. **Marie Curie - Biographical**. S/d. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/marie-curie/biographical/>. Acesso em: 11 maio 2024.

AS CONTRIBUIÇÕES DE MARIA, A JUDIA, PARA A ALQUIMIA E O ENSINO DE QUÍMICA

Weyda Suyane Campos Ribeiro
João Vitor de Albuquerque Nery
Ionara Antunes Terra

Palavras-chave: História da Química. Alquimia. Ensino.

1. INTRODUÇÃO

A História da Ciência se apresenta como uma alternativa didática para o ensino, uma vez que contextualiza o ensino, facilitando a compreensão de diversos conceitos e se tornando uma aliada no ensino das Ciências em geral, além de ensinar e relacionar elementos, que são utilizados no cotidiano (ANDRADE e SILVA, 2018). Ademais, ela facilita o desenvolvimento do pensamento crítico e pode também contribuir para uma melhor compreensão do conhecimento científico, proporcionando sentido e significância para a ciência (QUINTAL; GUERRA, 2009).

Sabe-se que muitas técnicas e equipamentos utilizados no cotidiano advêm de tempos remotos, em especial do período da Alquimia, contribuindo de modo geral para o desenvolvimento das Ciências modernas. Porém, de acordo com Guerra e Moura (2022), discussões sobre as potencialidades de uma abordagem histórica para a educação em ciências, chamada História da Ciência, fazem-se presentes na literatura da área apenas em meados do século XX. Sendo assim, a História da Ciência é uma importante área de estudo e investigação, considerando a construção e a transformação do conhecimento científico, ao longo dos tempos (GONÇALVES; LUCA; SOUZA, 2022).

De acordo com Rosa (2020), as mulheres sempre tiveram participação ativa e relevante com a construção do conhecimento humano, mesmo que, em algumas décadas, a história contada as tenha excluído, por causa da misoginia enraizada nas atividades científicas, ao longo do tempo, mas é através da história que as mulheres podem ser colocadas em lugar de destaque por seus grandes feitos.

Entre estas mulheres, destaca-se a alquimista Maria, a Judia, que viveu no século I d.C., inventora de diversos equipamentos e procedimentos, entre os quais podemos destacar o banho-maria, sua principal invenção, que carrega seu nome. A pesquisa sobre mulheres na História da Ciência é importante e necessária, visto que elas merecem notoriedade pelos feitos realizados, além disso algumas de suas invenções foram aprimoradas e utilizadas, até o presente momento.

Portanto, a história humana foi marcada por grandes personalidades, incluindo mulheres cientistas, pesquisadoras e inventoras, que muitas vezes foram pouco conhecidas ou injustiçadas, quanto ao reconhecimento de seus estudos ou inventos, pelos mais diversos motivos. Nesse sentido, é importante ressaltar as contribuições de Maria, a Judia, que, mesmo com as adversidades do contexto social ou período histórico em que viveu, merece destaque pelas suas valiosas contribuições (LIMA; LOPES; PEREIRA, 2022). Nesse viés, o presente trabalho objetiva apresentar as contribuições de Maria, a Judia, no período da Alquimia, para o ensino de ciências e a sociedade atual.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho utilizou, como metodologia, a pesquisa qualitativa, mediante levantamento bibliográfico realizado nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *Google Acadêmico*. Destaca-se, aqui, que não existem trabalhos em abundância no formato de artigo científico, que abordem a história de Maria, a Judia. Nas pesquisas para a construção do referencial teórico, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “história de Maria, a Judia”; “História da Ciência”; e “Ensino de Ciências”.

Essa pesquisa foi realizada no período de abril a setembro do ano de 2023 e se classifica como exploratória, que, de acordo com Gil (2017), objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas de torná-lo mais explícito e de fácil entendimento, podendo eleger, como objetivo principal, o aprimoramento de ideias e assumir a forma de pesquisa bibliográfica.

Com relação aos procedimentos técnicos, o desenvolvimento desta enfatizou a pesquisa bibliográfica. Na visão de Gil (2017), uma pesquisa bibliográfica é desenvolvida, com base em materiais já existentes, principalmente livros e artigos científicos.

3. RESULTADOS

Com base nas pesquisas realizadas, observou-se que Maria foi conhecida por muitos nomes, entre eles: Maria Hebraica, Maria, a Judia, Maria, a Profetisa, e Miriam Profetíssima, irmã de Moisés. Ela foi uma antiga filósofa grega e famosa alquimista, que viveu no Egito por volta de 273 a.C., cuja data de falecimento não é conhecida. Ela concebeu diversas bases teóricas para a Alquimia, como a descoberta do ácido clorídrico, feito atribuído a ela pelo médico francês Jean-Chrétien-Ferdinand Hoefer, além da criação do processo para fabricar sulfeto de prata, conhecido como nielo (BBC NEWS BRASIL, 2019). A Figura 1 apresenta uma das poucas imagens que se tem de Maria, a Judia, atualmente.

Figura 1: Representação de Maria, a Judia

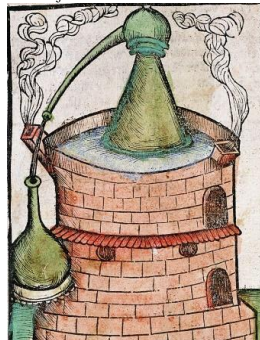


Fonte: BBC News Brasil (2019).

Maria foi pioneira no estudo de gases, pois os alquimistas trabalhavam quase que exclusivamente com líquidos e sólidos, contudo seu legado principal foi a invenção de equipamentos de laboratório, sendo o principal atualmente conhecido como banho-maria (MARR,

2008). O *Balneum mariae* era um dispositivo de parede dupla, equipado com pés que podiam ser colocados no fogo, com o recipiente externo cheio de água e com o material a ser transmutado na câmara interna do equipamento, em que sua temperatura não excederia o ponto de ebulição da água. Na Figura 2, é possível observar o banho-maria, através de uma gravura datada do ano de 1500 (HOLMYARD, 1990).

Figura 2: Representação do banho-maria no século XVI

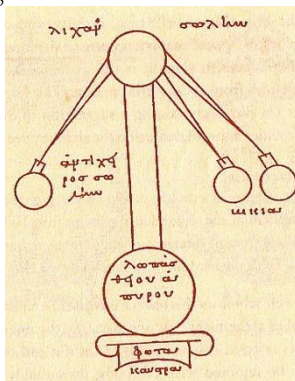


Fonte: BBC News Brasil (2019).

Outros dispositivos científicos foram atribuídos a Maria, a Judia, entre eles os *kerotakis*, instrumento composto por cilindros fechados, que tinham uma chama que aquecia a plataforma no centro do forno, no qual era colocado mercúrio ou enxofre — equipamento bastante utilizado na produção de ligas metálicas — e os *tribikos* ou alambiques de três cabeças (Figura 3), que serviam para realizar a separação de líquidos, permitindo a destilação de soluções em três pontos de uma só vez, utilizando tubos de cobre e recipientes de vidro — bastante utilizados em diversos processos na Alquimia e, posteriormente, na Química moderna, no processo de destilação.

Apesar dos *kerotakis* e *tribikos* não serem utilizados, atualmente, alguns dos conceitos e fundamentos deles foram aproveitados, como a utilização de recipientes de vidro e cobre na Química (HOLMYARD, 1990).

Figura 3: Desenho de um *tribikos*



BBC News Brasil (2019).

Destaca-se que o papel das mulheres na sociedade europeia do século XVIII, mesmo que séculos depois da existência de Maria, reflete as tensões da sociedade, em que a Ciência se desenvolveu, pois muitas das mulheres que realizavam práticas científicas acabaram sendo excluídas de documentos oficiais das ciências, enquanto outras, que poderiam contribuir com as ciências, igualmente, foram rotuladas como bruxas e queimadas (GUERRA; MOURA, 2022). Achados

históricos, realizados por muitas filósofas, pesquisadoras e cientistas, são evidências concretas da relevância das mulheres como protagonistas na Ciência, a exemplo de Maria, a Judia, com contribuições preciosas na Alquimia de então e na Química moderna do presente (LOMBARDE; KIOURANIS, 2021).

4. CONCLUSÃO

Destaca-se, enfim, a grande contribuição de Maria, a Judia, para a Química do seu tempo e para o ensino de Química da atualidade, uma vez que a história e os inventos desta pesquisadora e cientista podem ser temas em aulas de ensino de Química e Ciências, com abordagens históricas, teóricas e práticas em laboratório, utilizando-se de ferramentas de estudo e de temáticas exploratórias, baseadas em seus estudos, tais como o uso de equipamentos criados por ela e que podem ser comparados a equipamentos modernos, utilizados atualmente.

Entre estes equipamentos, destacam-se o banho-maria e os recipientes constituintes de outros dispositivos, como os *kerotakis* e os *tribikos* ou alambiques de três cabeças, criados por Maria, que ainda são bastante utilizados em processos básicos de laboratórios, demonstrando sua contribuição e sua importância para a evolução da Química. Além do valor científico do banho-maria, é relevante salientar a utilização deste na sociedade, como na cozinha, para o preparo de alimentos que exigem um cozimento lento e uniforme, sem o alto aquecimento presente no contato direto com o fogo.

Portanto, as contribuições de Maria, a Judia, só puderam ser elucidadas e reconhecidas como científicas, pela relevância das pesquisas em História da Ciência. Um importante período da história foi a Alquimia, cuja história foi relatada de forma muitas vezes ultrapassada, a partir de uma visão simplória de que Alquimia foi apenas um período de busca por ouro, pela pedra filosofal ou o elixir da longa vida, sendo que, na verdade, esse momento contribuiu de forma significativa para a evolução das ciências em geral e da Química em particular.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcela; SILVA, Fernando. Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 97-105, 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GONÇALVES, Monique; LUCA, Anelise Grunfeld de; SOUZA, Pierre André. Estratégias para o Ensino de Química: a História da Química num minicurso para os bolsistas do PIBID. **História da ciência e ensino: construindo interfaces**, v. 25, p. 154-164, 2022.

GUERRA, Andreia; MOURA, Cristiano Barbosa de. História da Ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. **Ciência e Educação**. v. 22, 2022.

HOLMYARD, Eric John. **Alchemy**. [S. l.]: Dover Publications, 1990. 336 p.

LIMA, Sylmara Symme Brito de; LOPES, Gerson Anderson de Carvalho; PEREIRA, Gerlany de Fátima dos Santos. A história da ciência escrita por mulheres: o que os livros não contam sobre as cientistas brasileiras e da região Amazônica. **Revista FT**, ed. 125, 2023.

LOMBARDE, Whashington; KIOURANIS, Neide Maria Michellan. A alquimia e os caminhos percorridos para a incorporação da química e da ciência moderna. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 11, n. 1., p. 65-85, jan./abr. 2021.

MAAR, Juergen Heinrich. **História da Química – Primeira Parte**: dos primórdios a Lavoisier. 2 ed. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

MARIA, a profetisa: as criações da mãe da alquimia que ainda são usadas, 20 séculos depois. **BBC News Brasil**, 2019. Disponível em: [bbc.com/portuguese/geral-50817892](https://www.bbc.com/portuguese/geral-50817892). Acesso em 14 abr. 2023.

QUINTAL, João Ricardo; GUERRA, Andréia. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. **Física na Escola**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, 2009.

ROSA, Jéssica Andressa da. **Mulheres cientistas em evidência**: a importância da história da ciência no ensino. 2020. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Educação no Campo - Ciências da Natureza) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2020.

O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA ENSINAR E APRENDER QUÍMICA: A VIDA DE LINUS PAULING E SEUS ESTUDOS SOBRE A VITAMINA C

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca
Geovane Sousa Coutinho
Maria Dulcimar de Brito Silva
Ronilson Freitas de Souza

Palavras-chave: Linus Pauling. História da Ciência. Vitamina C.

1. INTRODUÇÃO

Com base na atual realidade enfrentada pelo ensino de Química, em que se observam grandes dificuldades, tanto para o professor ensinar quanto para o aluno aprender, é necessária a implementação de alternativas didáticas e metodológicas, que facilitem o processo de ensino-aprendizagem. Muitos destes problemas se devem à insistência do docente na manutenção de aulas expositivas tradicionais, que não permitem a participação do aluno, como sujeito ativo e importante no processo de construção do conhecimento. Nesse viés, a prática da memorização dos conceitos acaba sendo o caminho mais fácil, tanto para aluno como para professor, porém isto gera desinteresse pelo conteúdo que está sendo estudado (GARCIA; PEREIRA; FIALHO, 2017).

Nesse viés, a História da Ciência (HC) emerge como uma possível alternativa didática a ser utilizada em sala de aula, com o intuito de atrair o interesse dos alunos, na medida em que permeia os percursos históricos de evolução e construção dos conceitos científicos e do papel da Ciência na cultura e sociedade, mostrando-se uma aliada no processo de ensino-aprendizagem de Química, uma vez que permite ao aluno relacionar os conteúdos com suas vivências (ANDRADE; SILVA, 2018).

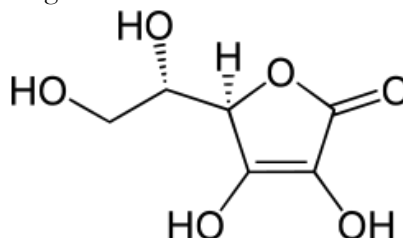
Ao mencionar a História da Ciência e sua importância, é impossível deixar de mencionar Linus Carl Pauling, uma das maiores personalidades científicas, com contribuições relevantes para os avanços da Química e da Ciência de modo geral. Pauling foi um dos mais reconhecidos cientistas do século XX, pelos seus estudos nos mais variados ramos científicos. Suas pesquisas impactaram a Medicina, pelo seu estudo sobre a anemia falciforme, a Biologia, pela sua influência na descoberta da estrutura do DNA, e logicamente a Química, onde é mais conhecido pelo seu famoso Diagrama. Contudo, o aspecto mais discutido na vida de Linus Pauling é sua relação com a vitamina C (GONÇALVES-MAIA, 2016).

Pauling foi um dos primeiros cientistas a perceber como a vitamina C é importante para um sistema imunológico saudável. Nesse sentido, ele recomendava altas doses da vitamina para o combate a resfriados e gripes. Porém, Pauling vai além, afirmando que o uso do ácido ascórbico ajudaria na prevenção do câncer. É nesse ponto que se inicia grande discussão científica e médica. Muitos profissionais da saúde apoiavam Pauling na sua ideia, inferindo que o ácido ascórbico (AA) desempenha um papel preventivo contra a doença, na medida em que o ascorbato teria a capacidade de inibir a proliferação de células cancerígenas (PADAYATTI, 2006).

Algumas pesquisas evidenciaram, a partir de relatos clínicos, que doses elevadas de vitamina C por via intravenosa podem melhorar e reduzir os sintomas causados pelo câncer e prolongar a vida dos doentes. Porém, as terapias com base na suplementação de vitamina C ainda vêm sendo debatidas na comunidade científica, uma vez que resultados de outras pesquisas relataram um efeito pró-oxidante em determinadas doses e circunstâncias. Dessa maneira, a Ciência ainda não afirma a efetiva atuação do ácido ascórbico no combate ao câncer (SANTOS *et al.*, 2019).

Aprofundando ainda mais sobre o AA, o nome ácido ascórbico representa duas de suas propriedades, sendo uma química e outra biológica. Como sugere o nome, o AA é um ácido, por mais que não pertença à classe dos ácidos carboxílicos. O comportamento ácido se deve pela presença de um grupo hidróxi-enólico em sua estrutura, como pode ser visualizado na Figura 1. Entrementes, a palavra “ascórbico” representa seu valor biológico na proteção contra o escorbuto (DAVIES *et al.*, 1991).

Figura 1: Estrutura da vitamina C



Fonte: Dias (2018).

O AA é demasiadamente encontrado em frutas, principalmente cítricas, como laranja, limão, acerola, morango e abacaxi, e em vegetais, como brócolis, pimentão, couve-flor e repolho. Entretanto, uma parte do ácido ascórbico pode ser perdida no processo de cozimento destes alimentos. Com relação ao metabolismo, ao ser ingerida, a vitamina C é quase totalmente absorvida no intestino delgado, por meio de um mecanismo de transporte ativo, ocorrendo gasto de energia. Após a ingestão, o AA passa rapidamente pelo sangue. Sobre o uso, doses diárias inferiores a 1g praticamente não causam efeitos secundários. Por outro lado, doses superiores a 10g causa mal-estar, diarreia e brotoejas. Porém, é importante destacar que não existe hipervitaminose, afinal o excesso de vitamina é eliminado na urina (CAVALARI; SANCHES, 2018).

Nesse contexto, a vida de Linus Pauling e os seus estudos sobre o ácido ascórbico possibilitam articulações entre várias temáticas e conteúdos estudados pela Química. Assim, com a utilização da História da Ciência, a dinâmica das aulas é alterada, de maneira que o aprendizado dos alunos vai além da compreensão e memorização de conceitos, envolvendo o entendimento da dinâmica a respeito da produção e evolução do conhecimento científico. Desse modo, o objetivo deste trabalho é mostrar a possibilidade de utilizar a História da Ciência como recurso didático e metodológico para a compreensão sobre a vitamina C e suas particularidades. Ademais, busca-se verificar a importância da abordagem da vida de Linus Pauling para a Ciência, através de seus estudos.

2. METODOLOGIA

Essa pesquisa é de caráter qualitativo, definido, por Martins (2004), como aquele que privilegia a análise de microprocessos, através do estudo de ações sociais individuais e grupais,

realizando um exame intensivo de dados, sendo caracterizada pela heterodoxia no momento da análise.

Para a aplicação da proposta didática, preparou-se um vídeo sobre o tema proposto (disponível em: <https://bityli.com/LFyDV>), no qual se faz uma breve apresentação sobre a importância da História da Ciência para o ensino de Química, abordando a vida de Linus Pauling e os seus estudos sobre a vitamina C, bem como uma discussão sobre propriedades e usos do ácido ascórbico. Nessa perspectiva, foi possível relacionar conceitos químicos, como funções orgânicas e nomenclatura, ao estudo da vitamina C.

Como instrumento de avaliação da proposta, utilizando a plataforma *Google Forms*, aplicou-se um questionário com quatro questões subjetivas, que podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1: Perguntas feitas aos alunos no questionário de avaliação

Identificação	Perguntas
Q1	Você já teve contato com a HC? Se sim, de que maneira?
Q2	Com base no vídeo, você acredita que a HC pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem em Química? Comente.
Q3	Ao assistir ao vídeo, você considera importante conhecer aspectos da vida de Linus Pauling e suas contribuições para a Ciência? Comente.
Q4	O assunto que envolve a vitamina C foi facilitado, através do uso da HC? Comente.

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Participaram desta pesquisa dez graduandos do curso de licenciatura em Química da Universidade do Estado do Pará do ano de 2019. A análise dos dados ocorreu de forma qualitativa, definida por Creswell (2014) como um conjunto de práticas, que transforma o mundo visível em dados representativos, incluindo notas, entrevistas, fotografias, registros e lembretes. Os pesquisadores qualitativos buscam entender um fenômeno em seu contexto natural. Os resultados deste tipo de pesquisa se destinam a explicar somente o fenômeno ou o contexto, em que a pesquisa foi aplicada, não sendo capazes de generalizar os resultados para uma população ou para contextos diferentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do questionário aplicado, foi possível obter resultados positivos sobre a utilização da História da Ciência como facilitadora do aprendizado em Química. Com relação ao Q1, apenas dois alunos responderam que tiveram pouco ou nenhum tipo de contato com a HC, enquanto os que afirmaram ter tido contato com a HC, comentaram tê-lo feito somente na universidade, como podemos observar em uma das respostas: “[...] *sim, durante as aulas de história da química, já na graduação*” (informação verbal). Dessa maneira, é importante que o professor utilize a HC como possível recurso didático e metodológico, com o objetivo de contextualizar o conteúdo, tornando-o mais acessível e interessante aos alunos (ANDRADE; SILVA, 2018).

Ao segundo questionamento, as respostas foram unânimes. Os alunos concordaram com o fato de que a História da Ciência pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem de Química, como se observa neste relato:

“Com certeza, uma vez que possibilita aos alunos a capacidade de enxergar os conteúdos científicos não como fragmentos de conhecimentos desconectados da realidade que estão inseridos, mas sim da sua própria estrutura cognitiva [...]” (informação verbal).

Outro respondeu o seguinte: *“Sim, pois por meio da História da Ciência temos conhecimento de como foi desenvolvido diversas teorias e descobertas científicas ao longo dos tempos, o que torna a aprendizagem mais significativa”* (informação verbal). Dessa forma, Barp (2013) afirma que a Química é uma ciência com muitas abstrações, que precisa ser trabalhada em sala de aula, abordando aspectos fundamentais a sua compreensão, logo, partindo do estudo da sua história, pode-se agregar ainda mais ao desenvolvimento cognitivo dos alunos.

A terceira pergunta teve 100% de respostas afirmativas, pois os graduandos consideraram que os feitos de Pauling trouxeram avanços significativos para a Ciência, como podemos verificar na resposta de um dos participantes: *“[...] sim, um dos principais químicos do século XX com várias contribuições para ciência, tendo como em seu feito o diagrama de Linus Pauling”* (informação verbal). Outros responderam de forma mais geral, como se verifica: *“[...] sim, pois compreendemos as contribuições que os cientistas trouxeram para a ciência”* (informação verbal). De fato, devido a sua grande atuação em diversos campos científicos, Pauling contribuiu bastante para o avanço da Ciência (GONÇALVES-MAIA, 2016).

As respostas obtidas no último questionamento foram satisfatórias, como mostra o exemplo: *“[...] sim, pois pode observar os benefícios tanto das propriedades organolépticas do fruto quanto das contribuições de Linus Pauling para o entendimento da matemática relacionada ao fruto”* (informação verbal). Outra colocação relevante de um dos alunos foi sobre como se deu o estudo da vitamina C: *“[...] sim, visto que passamos a entender como se deu todo o processo de estudo da vitamina C ao longo da história”* (informação verbal). A História da Ciência proporciona aos alunos a oportunidade de contextualizar o conhecimento científico, dando-lhes condições de questionar e compreender os processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos (FERREIRA; FERREIRA, 2010).

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, evidenciou-se que Linus Carl Pauling construiu uma das carreiras científicas mais brilhantes do século XX. Com sua persistência e visão além de seu tempo, Pauling influenciou a Química e várias outras áreas da Ciência, com suas ideias e pesquisas, e seu legado permanece, até os dias atuais. Seus estudos sobre a vitamina C, embora tenham gerado polêmicas e debates, possibilitaram grandes pesquisas na área, moldando o avanço da Medicina.

Assim, utilizar a História da Ciência como uma maneira de facilitar e deixar o conteúdo mais atrativo para o aluno é uma alternativa válida para os processos de ensinar e aprender Química, uma vez que a HC possibilita a contextualização e permite a visualização do avanço científico.

Sabe-se que ainda existe a concepção, por parte de alguns estudantes, de que a Química é uma matéria isolada e abstrata, e afastada da sua realidade e cotidiano, dessa forma a Química carece de didáticas e metodologias, que facilitem a compreensão de seus conteúdos, por meio de

contextualizações, discussões, debates e análises históricas da construção do conhecimento. A HC traz um grande potencial para este avanço no processo de ensino-aprendizado.

Ademais, conhecer aspectos da vida de Linus Pauling e sua influência em diversos âmbitos científicos se mostra de grande importância neste processo. A partir disso, é possível tecer relações entre cultura, sociedade, política e economia, afinal a História da Ciência permite a exploração de todo este contexto histórico.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcela; SILVA, Fernando. Destilação: uma sequência didática baseada na História da Ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 97-105, 2018.

BARP, Edna. Contribuições da História da Ciência para o ensino da química: uma proposta para trabalhar o tópico radioatividade. In: IV JORNADA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: PROPOSTAS, TENDÊNCIAS E CONSTRUÇÃO DE INTERFACES, 4 a 6 de julho de 2013, São Paulo, 2013. **Anais ...** São Paulo, 2013.

CAVALARI, T. G. F.; SANCHES, R. A. Os efeitos da vitamina C. **Revista Saúde em Foco**, p. 749-765, 2018.

CRESWELL, John. **Qualitative, quantitative and mixed method approaches**. [S. l.]: Sage, 2014.

DAVIES, Jane; CROMPTON, Douglas; GRIFFIN, Allan; MIKLOS, Goyle. **Analysis of the mutants Passover and shaking-B2**. Greenspan, Palka, 1991.

DIAS, Diogo Lopes. **Ácido ascórbico (Vitamina C). Manual da Química**. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/curiosidades-quimica/acido-ascorbico-vitamina-c.htm>. Acesso em: 02 abr. 2024.

FERREIRA, Alexandre; FERREIRA, Maria. A História da Ciência na formação de professores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 2, p. 9-10, 2010.

GARCIA, Edilaine; PEREIRA, Kauani; FIALHO, Neusa. Metodologias Alternativas Para O Ensino De Química: Um Relato de Experiência. [S. l.]: PUCPR, 2017.

GONÇALVES-MAIA, Raquel. **Pauling**. 1. ed. Vol. 2. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

MARTINS, Heloisa. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.

PADAYATTY, Sebastian. Intravenously administered vitamin C as cancer therapy: three cases. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, v. 174, n. 7, p. 937-942, 2006.

SANTOS, Jordana Tres; KRUTZMANN, Marise Wilsmann; BIERHALS, Camila Correa; FEKSA, Luciane Rosa. Os efeitos da suplementação com vitamina C. **Revista Conhecimento Online**, v. 1, p. 139-163, 2019.

O LEGADO DE PAUL LE COINTE

Gabriel Pampolha Marques Moura

Rodrigo Pereira Costa

Maria Dulcimar de Brito Silva

Juliana Larissa Barbosa Santos

Palavras-chave: História da Química. Química no Pará. Escola de Chimica Industrial.

1. INTRODUÇÃO

No dia 3 de fevereiro de 1956, Paul Le Cointe veio a falecer na Santa Casa de Misericórdia de Belém. Le Cointe foi um importante cientista, pesquisador, educador e químico francês, ex-preparador de Química da Universidade de Nancy, que veio para Belém como pesquisador, em 1891, com a permissão da universidade para uma expedição exploratória, e, em 1919, fundou a Escola de Chimica Industrial do Pará, tornando-se seu diretor. Sua *magnum opus* é *l'Amazonie Brésilienne*, obra que levou anos para publicar, dado o compromisso e a honestidade com seu trabalho. Ainda em vida, o pesquisador foi condecorado com a Legião de Honra da França, a Ordem da Coroa da Bélgica e a de Oficial da Ordem Nacional do Cruzeiro do Sul (NIMUENDAJÚ, 1956).

Quem foi esta figura de tamanha importância histórica e que, hoje, pouco se encontra nos livros de história da Química? No dia 24 de setembro de 1870, nasceu Paul Georges Aimé Le Cointe em Tournon-sur-Rhône, cidade francesa. Pouco se sabe sobre a infância e adolescência de Le Cointe, pela falta de registros e acesso a eles. Porém, mesmo assim, há fontes muito bem preservadas, que permitem o estudo da vida de Le Cointe e do contexto, em que ele se encontrava (BASSALO; LIMA, 1996).

Era o período pós-Segunda Revolução Industrial, de Unificação da Alemanha e de fim da Guerra Franco-Prussiana, fatos que afetaram profundamente a França. O Brasil também se via em um momento muito conturbado de sua história, pois acabara de sair da Guerra do Paraguai, fato fundamental para a história do país, por ter sido uma das causas da proclamação da República. Esse foi o mundo em que Le Cointe cresceu e viveu (MACHADO, 2016).

Ao se tornar preparador da Universidade de Nancy, conheceu a obra de Charles-Marie e foi fascinado pela Amazônia descrita por seu compatriota. Sendo de família de poucas posses e, por isso, com poucas chances de trilhar uma carreira acadêmica de sucesso na Europa, decidiu voltar para as colônias francesas, em que pretendia ter alguma notoriedade. À época, Belém passava pela chamada *Belle Époque*, momento em que estudos e pesquisas se voltaram para a Amazônia e para a cidade e se inspiraram na arte e arquitetura da França (MACHADO, 2016).

Devido ao momento propício, ele conseguiu avançar em suas pesquisas com facilidade. Ao chegar aqui, seu objetivo inicial era apenas explorar e se aproveitar dos recursos naturais amazônicos, para que ganhasse reconhecimento e notoriedade. Tal visão mudou, após o Ministério da Instrução Pública francês enviar uma carta, notificando-o sobre o cancelamento de sua expedição. Recusando-se a regressar à França, Le Cointe afirma o que segue, numa carta enviada ao ministério: "Eu não vim para tão longe da França para voltar sem tentar fazer o que me propus:

Manaus não está a algumas horas de Paris". O pesquisador foi obrigado a viver em Belém, então, algo que não foi particularmente difícil, dada a sua origem e seus contatos (PETITJEAN, 2012).

Conforme o tempo passava, Le Cointe foi adquirindo uma participação mais ativa nos eixos econômicos, sociais, políticos e científicos, a ponto de chegar a dirigir o Museu Comercial do Pará. Seu trabalho foi tão impactante, que fez o governo federal implantar o curso de Química em algumas das principais capitais brasileiras, sendo encarregado de implantar o curso em Belém. Assim, nasceu a Primeira Escola Industrial de Química do Pará, unida ao Museu Comercial, e tendo Paul Le Cointe como diretor. Infelizmente, a escola durou pouco tempo, formando somente nove químicos, entre eles Clara Martins Pandolfo, e tendo emitido apenas um boletim científico, no qual se destacam duas pesquisas: *O cajueiro como matéria para produção de vinho*, tese elaborada por G. Bret e P. Le Cointe; e *A casca de pequêa como sucedâneo da noz de galha para produção de tinta*, tese elaborada por G. Bret (PETITJEAN, 2012).

Há diversos estudos publicados por Le Cointe na época em que era notável a sua defesa à extensa plantação de látex como meio para o desenvolvimento econômico da região. É irônico pensar que, anos depois daquele episódio com a diplomacia francesa e considerando o objetivo inicial de Le Cointe, ele iria defender interesses regionais, tão forte era sua radicação a esta terra. Em 1922, Adolpho Ducke, ao catalogar uma nova espécie vegetal, batizou-a *Lecointea amazonica*, numa referência a Paul Le Cointe (MACHADO, 2016).

Embora seja uma figura notória, pouco se sabe sobre seus primeiros anos de vida e trabalho iniciais, pois, com o passar do tempo Le Cointe se tornou uma figura obscura e foi esquecido aos poucos, assim como muitos outros cientistas de seu tempo. O cientista ficou amargurado e se aposentou, em 1931, depois de ver seus esforços falharem. Muitos seres humanos podem hoje ser lembrados por nomear um acidente geográfico, uma cratera em algum corpo celeste, um asteroide, uma equação matemática ou uma criatura da natureza, mas certamente prefeririam estar vivos a dar nome a tais fenômenos (MACHADO, 2016).

A ideia de “cientista louco” nasce de casos de homens sábios “pobres, esquecidos, enlouquecidos e injustiçados”. No entanto, graças a trabalhos de pesquisa, como os de Jorge Machado e Patrick Petitjean, sabe-se um pouco mais sobre a vida de Le Cointe e o seu legado para a Química no Pará e no Brasil. Por isso, fez-se esta pesquisa a respeito deste incrível cientista, na tentativa de socializar o conhecimento sobre quem ele era e o que ele fez, além de denunciar a necessidade de outras, que investiguem, através de fontes confiáveis, as contribuições de pesquisadores e de povos, que muitas vezes foram historicamente perseguidos e desmerecidos, para a História da Ciência e para o desenvolvimento da Química.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada, durante o ano de 2023. Para que este resumo fosse realizado, foram utilizadas as plataformas de pesquisa *Google Acadêmico*, *Scielo*, Biblioteca Nacional Digital, Repositório do Museu Emílio Goeldi e Coleção Brasileira, nas quais foram usadas as seguintes palavras-chave: Paul Le Cointe; Escola de Chemical Industrial; e Química no Pará, buscando pesquisas publicadas de 1900 a 1999 e de 2000 a 2023. Outra obra que auxiliou neste trabalho foi a tese de Jorge Machado, que traz uma excelente pesquisa sobre Le Cointe e a Escola de Química Industrial do Pará, falando de todo o intervalo entre sua fundação e sua dissolução. Essa produção

foi de suma importância para a formação desta pesquisa, pois trata bastante da vida de Le Cointe, apesar do pouco que se sabe sobre seus primeiros anos de vida.

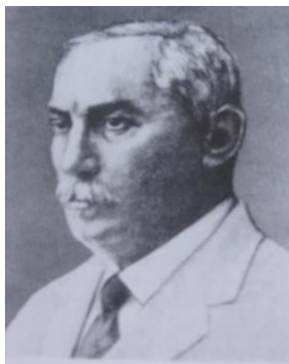
Pesquisas bibliográficas são sempre complicadas, devido à escassez de informações sobre a vida, as obras e as contribuições de seus autores. Por vezes, tais fontes até existem, porém são de difícil acesso, seja por se encontrar em outro idioma ou por precisar da autorização de governos internacionais. No entanto, através de uma pesquisa bibliográfica rigorosa, é possível encontrar artigos e periódicos publicados por Le Cointe em seus anos de vida, além de trabalhos feitos por outros cientistas, que discorrem sobre seus feitos.

3. RESULTADOS

É inegável que Le Cointe possui um legado para a história da Química e da Ciência, algo que foi reconhecido no seu tempo, apesar de, hoje, parecer uma coisa distante. Isso leva a pergunta: o que torna um indivíduo tão relevante em seu tempo pouco conhecido no meio acadêmico e desconhecido pela população, atualmente? Bem, diversos fatores podem ter influenciado neste processo (MACHADO, 2016).

Ao ver seus esforços falharem, Le Cointe ficou amargurado e se afastou da vida pública, vindo a se aposentar em 1931. A Figura 1 mostra uma foto de Le Cointe, antes de se isolar da vida pública. Certamente, isso contribuiu para o seu esquecimento, mas a falta de pesquisa e socialização sobre a história da Química é o principal fator, que redundou no seu desconhecimento, afinal a falta de divulgação sobre um pesquisador faz com que ele seja esquecido com o tempo, pois novas gerações vão surgindo e, à medida que os anos passam, nomes e feitos se apagam, se não forem lembrados (MACHADO, 2016).

Figura 1: Paul Le Cointe (Tournon, 1870 - Belém, 1956). Nessa imagem, o químico e naturalista francês aparece com cerca de 70 anos



Fonte: Machado (2016).

Lembrar e se inspirar naqueles que vieram antes é essencial ao progresso, pois ajuda a enxergar mais longe. Saber que muitos povos e culturas contribuíram para a formação do mundo e da ciência moderna é fundamental, pois dá uma nova visão a eventos históricos, como as grandes navegações, o Renascimento, as revoluções industriais, a Primeira e a Segunda Guerra Mundial etc. Obviamente, tal se reflete nas relações raciais, sexuais e xenófobas envolvidas na construção deste conhecimento, aspecto que muda aos poucos, hoje, em direção a um novo entendimento.

Durante a Idade Média e o Renascimento, uma figura se tornou muito conhecida no meio acadêmico: a imagem de um homem (muitas vezes, um anão) sobre os ombros de um gigante. Isso

simbolizava a ideia de que, para se enxergar longe, era preciso se basear naqueles que veem antes. Nem um conhecimento é feito por somente uma pessoa; mesmo que de forma indireta, há a contribuição de muita gente no ato científico. Desde a língua utilizada, até o papel em que foi escrito, muita coisa teve que ocorrer para que tal fosse possível; e este entendimento é fundamental.

Isso é algo comum na ciência, pois é necessário ter uma base teórica para se fazer pesquisa, o que, muitas vezes, deriva de apropriações de conhecimentos e recursos de povos dominados. Há diversos casos, tanto hoje em dia quanto antigamente, de trabalhos que foram publicados, sem o devido crédito a autores e comunidades, que auxiliaram na produção deste conhecimento, quando não ocorre uma tentativa de apagar a contribuição de povos e culturas para o desenvolvimento do conhecimento.

Casos como estes demonstram que a pesquisa científica tem um lado sociopolítico forte e pouco divulgado, por vezes até negado. Mas é necessário prestar atenção e se fazer um esforço para falar sobre ele. Questões, como a operação clipe de papel, devem ser mais discutidas com alunos e professores, pois mostram como o conhecimento pode ser neutro, porém a escolha do que fazer com ele, não é.

É lamentável que Le Cointe e seu legado estejam quase apagados da mente das pessoas, atualmente, mas através de estudos, pesquisas, divulgação e socialização, sua memória não será esquecida. Já está mais do que claro que ensinar a história da Química auxilia no ensino-aprendizagem dos alunos e na formação de professores da área, pois contextualiza a elaboração das equações e a construção das teorias. Entender como, quem e por que é mais do que necessário para o estudo da Ciência Química, e a história de Paul Le Cointe é mais um exemplo de como saber sobre o passado da Ciência e sua construção ajuda no desenvolvimento e progresso de pesquisas atuais, além de dar luz a cientistas e a diversas questões sociais envolvidas. A Figura 2 mostra a Escola de Chimica Industrial dirigida por Le Cointe, em que realizou pesquisas e formou cientistas.

Figura 2: O prédio à esquerda é o do Museu Comercial e o à direita é o da Escola de Chimica Industrial — localizado nos fundos do Theatro da Paz, esse espaço pertenceu originalmente à Cruz Vermelha Brasileira



Fonte: Machado (2016)

4. CONCLUSÃO

Apesar de suas contribuições, Le Cointe se tornou uma figura obscura com o tempo, muito provavelmente por estar ressentido pelo fato de seus esforços falharem, ficando esquecido no meio acadêmico, algo que não é incomum na ciência. Através de sua história, percebe-se a necessidade

de uma pesquisa voltada à História da Ciência, que demonstre a relevância destes cientistas e investigue, através de fontes confiáveis, suas vidas, obras e contribuições. Entender que o desenvolvimento de uma pesquisa é tão importante quanto os resultados obtidos dela é fundamental para as histórias da Química, da Ciência e da construção do conhecimento humano.

Estudar este desenvolvimento também é um fazer científico, uma vez que a história também é uma Ciência; algo que muitas vezes parece ser ignorado por aqueles que não compreendem que aprender sobre a História das Ciências enriquece o entendimento das teorias científicas auxilia no ensino-aprendizagem de alunos e professores, torna visível a participação de diversos cientistas na constituição daquela pesquisa, além de enaltecer a contribuição de muitos povos na realização de tais estudos.

REFERÊNCIAS

BASSALO, J. M. F.; LIMA, W. N. Pesquisadores Franceses em Belém do Pará: Escola de Chimica Industrial. In: HAMBURGER, Amélia Império; DANTES, Maria Amélia M.; PATY, Michel; PETITJEAN, Patrick (org.). **A Ciência nas Relações Brasil-França (1850-1950)**. São Paulo: Ed. USP; FAPESP, 1996. p. 183-188.

CALLEGARIO, Laís J. et al. A História da ciência no ensino de química: Uma revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015.

LE COINTE, Paul. **Amazônia Brasileira III: Árvores e Plantas Úteis**. Vol. 3, série 2. [S. l.]: Companhia Editora Nacional, 1947. 506 p. Disponível em: <http://brasilianadigital.com.br/brasiliانا/colecao/obras/241/amazonia-brasileira-iii-arvores-e-plantas-uteis-indigenas-e-aclimatadas>. Acesso em: 19 out. 2023.

LE COINTE, Paul. **O Estado do Pará: A Terra, a Água e o Ar; A Fauna e a Flora; Minerais**. Vol. 5, série 1. [S. l.]: Companhia Editora Nacional, 1945. 346 p. Disponível em: <http://brasilianadigital.com.br/brasiliانا/colecao/obras/440/o-estado-do-para-a-terra-a-agua-e-o-ar-a-fauna-e-a-flora-minerais>.

MACHADO, José Ricardo. **Educação, Ciência e Redenção Econômica em uma Capital na Periferia da Modernidade: A Escola de Chimica Industrial na Belém dos anos 1920**. 2016. 181 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

NIMUENDAJÚ, Curt. Os Apinayé. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 12, p. 1-150, 1956.

PETITJEAN, P. Composição e recomposição dos saberes sobre as substâncias naturais. In: DOMINGUES, Heloisa Maria Bertol; KLEICHE-DRAY, Mina; PETITJEAN, Patrick (org.). **História das substâncias naturais. Saberes tradicionais e química. Amazônia e América Latina**. Rio de Janeiro: MAST/MCTI; Paris: IRD, 2012.

SEQUEIRA, Manuel; LEITE, Laurinda. A história da ciência no ensino: aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 1, n. 2, p. 29-40, 1988.

PRIMO LEVI: DE AUSCHWITZ PARA ALÉM DA LITERATURA

João Victor dos Santos Cardoso
Matheus da Costa de Almeida
Maria Dulcimar de Brito Silva
Juliane Larissa Barbosa Santos

Palavras-chave: Tabela Periódica. Escritor. Ciência. Química.

1. INTRODUÇÃO

Sempre unidas, a Ciência e a História são partes importantes da vida e do cotidiano das pessoas. Não se pode desprezar a história que existe na Ciência, pois ignorar a história é esquecer de grandes marcos e acontecimentos significativos, que ocorreram na humanidade.

O conhecimento científico busca adaptar relações lógicas da natureza e da sociedade a necessidades e interesses humanos, controlando-as, conservando-as ou transformando-as, conforme suas necessidades e sua determinação, visando à solução de problemas que vão surgindo, ao longo de sua evolução, e lhe servindo como referência para a construção de uma visão de mundo coerente e objetiva (GERALDO, 2009, p. 34).

A divulgação científica pode ser definida como "[...] o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público em geral" (ALBAGLI, 1996, p. 397). Nesse sentido, a divulgação supõe a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga, visando atingir um público mais amplo.

A biografia pode ser definida como uma narração de fatos particulares das várias fases da vida de uma pessoa ou personagem, podendo ser construída em diversas linguagens, como livros (as mais comuns), filmes, peças teatrais, entre outras (GAUDÊNCIO, 2007, p. 17).

A biografia é uma das formas de realização da divulgação científica dos cientistas, ao levar o leitor a conhecer sua trajetória, feitos e contribuições para a Ciência. O cientista citado neste resumo foi Primo Levi, químico e escritor italiano e sobrevivente de Auschwitz, que possui uma grande jornada de vida, por vivenciar um período tão cruel da humanidade. Assim, o presente estudo tem, como base, a análise das contribuições do cientista e a relevância destas para a Ciência e a Literatura.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado, a partir de uma análise qualitativa dos tipos documental e bibliográfica, a qual mostrou como Primo Levi desenvolveu suas pesquisas. O processo de reunir informações foi executado, a partir da leitura de artigos encontrados em plataformas on-line, via *Google Acadêmico*.

3. RESULTADOS

Primo Levi nasceu em 31 de julho de 1919 na cidade de Turim, na Itália, em uma família judia não praticante. Em 1934, iniciou seus estudos na escola secundarista Liceu Clássico Massimo d'Azeglio, ingressando na Universidade de Turim em 1937, em que estudou Química. Em 1941, conseguiu se formar com méritos, mas seu diploma trouxe a menção "de raça judia" (RUSSO, 2018).

Em junho de 1943, Levi e alguns colegas se juntam a uma resistência antifascista, sem qualquer tipo de treinamento militar, o que, alguns dias depois, fez com que ele e seus companheiros fossem feitos prisioneiros pela milícia fascista. Ao revelar sua origem judaica, foi deportado para Auschwitz, no dia 11 de fevereiro de 1944, um dos mais famosos campos de concentração do nazismo (RUSSO, 2018).

Figura 1: Primo Levi



Fonte: Mota (2019).

Primo Levi sobreviveu por onze meses em Auschwitz, e sua sobrevivência foi garantida, em grande parte, pelos seus conhecimentos químicos e da língua alemã. O escritor fez uso de palavras para se expressar, escrevendo contos, poemas e novelas e contando suas experiências, mesmo sendo considerado impossível de as descrever.

Primo Levi ficou em Auschwitz até janeiro de 1945, quando retornou à Itália, dando início a sua primeira obra *É isto um homem?*. A obra descreve a visão do autor, sem colocar sua própria emoção, e faz uma análise da maneira pela qual os nazistas tratavam seus prisioneiros, como se não fossem humanos, fazendo-os vivenciar uma situação degradante e deplorável, vivendo sem água e comida e sendo obrigados a trabalhar, até ficarem completamente exaustos, podendo até chegar a morrer.

Quando finalizou a obra, Levi teve dificuldades em encontrar uma editora que aceitasse publicar o livro, já que o assunto não era de interesse público, à época. A obra foi lançada pela primeira vez com apenas 1.400 cópias, mas, em 1958, a renomada editora italiana Einaudi aceitou publicar seu livro, com uma tiragem maior (Figura 2).

Figura 2: Capa do livro *É isto um homem?*, de Primo Levi

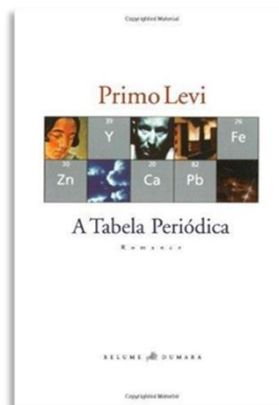


Fonte: Amazon (2013).

Após a publicação de seu primeiro livro, Levi decidiu dar sequência à carreira de escritor, o que lhe rendeu a divulgação de diversas obras sobre sua vivência, durante o período do holocausto, uma das quais foi adaptada em filme.

Levi voltou a trabalhar como químico, mas não deixou sua carreira na Literatura de lado. Ele inclusive decidiu juntar as duas áreas, quando escreveu a obra *A Tabela Periódica*, livro de contos em que relata 21 experiências autobiográficas dedicadas a elementos químicos. Os elementos são apresentados em capítulos separados, de maneiras diversas, com metáforas, meditações, poesias e até com uso de narrativa ficcional, como nos casos dos elementos chumbo, mercúrio e carbono. Essa foi uma de suas obras de maior destaque, a qual chegou a ser premiada como "O melhor livro de Ciência de todos os tempos", pela *Royal Institution of Great Britain*, em 2006 (Figura 3).

Figura 3: Capa do livro *A Tabela Periódica*, de Primo Levi



Fonte: Amazon (2000).

Como mencionado, a obra possui vinte e um capítulos e junta elementos históricos e científicos, fazendo uma ligação entre a Literatura e a Ciência. Cada capítulo é nomeado e apresentado por um elemento químico, assim, por exemplo em “hidrogênio”, Levi relata uma experiência de seu tempo de estudante secundarista, quando, junto de seu amigo Enrico, procura realizar alguns experimentos químicos, mas, quando entram em um pequeno laboratório do irmão de Enrico, notam a falta de habilidade no manuseio dos equipamentos:

Os vidros do laboratório nos encantavam e nos intimidavam. O vidro, para nós, era aquilo que não se deve tocar porque se rompe e, no entanto, num contato mais íntimo

se revelava uma matéria diferente de todas, particular, cheia de mistérios e capricho (PINTO NETO, 2008).

Ele desenvolve sua narrativa sobre a experiência em metáfora com os elementos químicos da Tabela Periódica, organizada pelo químico Dmitri Mendeleiev. Devido à maneira como ele combina a linguagem literária à exploração de conceitos científicos, tornando a ciência acessível e interessante para um público mais amplo, a abordagem artística e emocional de Levi à Ciência pode proporcionar uma experiência única e envolvente aos leitores, além de estimular a reflexão sobre a interconexão entre o mundo natural e a experiência humana (PINTO NETO, 2008).

Cada conto do livro explora a relação entre o elemento, suas propriedades químicas e as experiências humanas, além de memórias pessoais e reflexões do autor. A abordagem de Levi é única, pois ele combina elementos da Ciência, autobiografia e ficção para criar uma obra literária, que transcende os limites tradicionais da literatura científica. Cada conto segue um padrão geral, em que o título é o nome do elemento químico em questão.

O estilo de escrita de Levi é lírico e introspectivo, combinando a precisão da linguagem científica à sensibilidade de um escritor literário. Ele encontra beleza e significado nas propriedades dos elementos, nas histórias por trás de suas descobertas e nas relações entre os elementos e as pessoas. O resultado é uma coleção de contos, que entrelaça Ciência, memórias pessoais e reflexões filosóficas de uma maneira única e profunda. *A Tabela Periódica* é uma obra que transcende os limites da Ciência e da Literatura, proporcionando, aos leitores, uma experiência que os leva a refletir sobre a natureza da Ciência, da humanidade e do mundo ao nosso redor.

4. CONCLUSÃO

O livro *A Tabela Periódica*, de Primo Levi, é considerado uma contribuição significativa para a interseção entre Literatura e Ciência, embora não seja uma obra científica no sentido tradicional. Em resumo, o livro de Levi transcende os limites da literatura científica convencional e contribui para uma visão mais ampla e humanizada da Ciência. Ele ressoa tanto entre leitores com formação científica quanto entre aqueles interessados em explorar a conexão entre a Ciência e a experiência humana. Sua abordagem literária inovadora tem um impacto duradouro na maneira como pensamos sobre a Ciência, tendo em conta sua importância na sociedade e sua relação com a cultura e a humanidade em geral.

Os trabalhos do autor ajudam a contribuir para a valorização da História da Ciência, por possibilitar uma contextualização sociocultural e interdisciplinar. Por fim, sabemos que a Literatura é pouco presente na Educação em Ciências, mas a obra *A Tabela Periódica* tem um grande potencial para abordar um contexto literário e possibilitar também o ensino de determinados conteúdos. Através da sua obra, é possível criar uma ligação entre a Literatura e a História da Ciência para o ensino de Química, por aliar a leitura de variadas obras aos conteúdos ministrados em sala de aula, facilitando a aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para cidadania. **Ciência da informação**, v. 25, n. 3, 1996.

AMAZON. **É isto um homem?**. 2013. Disponível em: https://m.media-amazon.com/images/I/71Ghf1QyAmL._SL1000_.jpg. Acesso em: 16 mar. 2024.

AMAZON. **Tabela Periódica, A: Romance**. 2000. Disponível em: https://m.media-amazon.com/images/I/411vI4Gj7JL._SL1000_.jpg. Acesso em: 16 mar. 2024.

GAUDÊNCIA, B. Metabiografia: Uma alternativa de construção biográfica. **Blecaute: uma revista de literatura e artes**, Campina Grande, n. 3, p. 17-20, 2007.

GERALDO, Antonio C. Hidalgo. **Didática de ciências naturais na perspectiva histórico-crítica**. Campinas: Autores Associados, 2009. (Coleção Formação de Professores)

MACIERA, Aislan Camargo; CARMINATI, Helena Bressan. Primo Levi além da literatura: um intelectual engajado. **Revista Italiano UERJ**, v. 11, n. 2, p. 19, 2020.

MASSI, Luciana et al. A Tabela Periódica de Primo Levi: Uma Análise a Partir das Concepções de Ciência e Arte de Lukács. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e37932-26, 2022.

MOTA, Urariano. **O centenário de Primo Levi e a necessidade irresistível de humanização**. 31 jul. 2019.

Disponível em: <https://www.redebrasilatual.com.br/wp-content/uploads/2019/07/primo-levi-centenario.jpg>. Acesso em: 26 nov. 2023.

PINTO NETO, Pedro da Cunha. A química segundo Primo Levi. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, Curitiba, PR, 2008. **Anais...** Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0880-1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

RODRIGUES, Breno Fonseca et al. **A tabela periódica, de Primo Levi: um escritor entre dois ofícios**. 2020. 106 f. Orientadora: Lyslei de Souza Nascimento. Dissertação (Mestrado em Letras) – Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.

RUSSO, Ana Lúcia Rodrigues Gama. Primo Levi-uma vida a descobrir. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 18, p. 140-152, 2018.

AS CONTRIBUIÇÕES DE FERREIRA PENNA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA PARAENSE

Bruno Araujo dos Santos
Yasmin de Almeida Santana
Maria Dulcimar de Brito Silva
Juliane Larissa Barbosa Santos

Palavras-chave: Museu. Divulgação. Pará.

1. INTRODUÇÃO

Domingos Soares Ferreira Penna nasceu em 6 de junho de 1818, no distrito de Oliveira, município de Mariana, antiga província de Minas Gerais nos tempos do Brasil-Império. Em 1858, Ferreira Penna foi convidado a ser secretário de governo, pelo recém-nomeado presidente da província do Pará tenente-coronel Manuel de Frias e Vasconcelos, onde se estabeleceu, até sua morte, em 6 de janeiro de 1888 (MEIRELLES FILHO, 2009).

Atuante como historiador e pesquisador, Ferreira Penna também teve participação em um dos maiores acontecimentos da história amazônica no século XIX, que foi a abertura do rio Amazonas à navegação internacional, importante para as navegações antigas. Ele também se destacou pelas diversas expedições que realizou, sendo algumas a pedido de presidentes da província da época, e, em decorrência destas expedições, divulgou trabalhos sobre a geografia e a história paraenses. Ferreira Penna também foi grande incentivador da divulgação científica, ficando conhecido como o idealizador do que é, hoje, o Museu Paraense Emílio Goeldi (CUNHA, 1989).

A presente pesquisa objetivou destacar a importância dos trabalhos e incentivos de Ferreira Penna à comunidade científica amazônica de época e seus impactos na atualidade.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado, a partir de uma análise qualitativa dos tipos documental e bibliográfico, com suporte à utilização de artigos científicos selecionados no *Google Acadêmico* e informações diversas sobre a importância de Ferreira Penna para o meio científico paraense.

3. RESULTADOS

Em virtude dos interesses do cientista e das suas muitas pesquisas, Ferreira Penna se tornou um grande historiador do passado paraense e começou a se familiarizar com estudos em Geografia, em Geologia, em Arqueologia e em Geografia Econômica da Amazônia, e particularmente do Pará (CUNHA, 1989).

Ferreira Penna realizou diversas viagens pelas regiões amazônicas, variando seus estudos entre períodos curtos e longos, no intervalo entre 1863 e 1882, explorando regiões, como Baixo Tocantins (até a cachoeira Guaribas), Breves, rio Anapu, Óbidos, Alenquer, Faro, Alter do Chão,

Vila Franca, Ererê (Monte Alegre), entre outras (MEIRELLES FILHO, 2009). Suas primeiras expedições foram a pedidos do governo da província, o qual queria obter conhecimentos sobre a população que vivia no interior do estado, posteriormente começou a realizá-las por conta própria, buscando estudar histórias, biodiversidade e geografia de seus novos pontos de visita (DUARTE, 2010).

É notado que suas expedições à região do Tocantins, por exemplo, resultaram em vários artigos sobre a geografia paraense, importantes para cientificar o governo da província sobre características geográficas e aspectos socioeconômicos da população que residia na região, além disto suas pesquisas arqueológicas resultaram em trabalhos considerados pioneiros sobre cerâmica marajoara e grupos primitivos que residiam aqui (CUNHA, 1989). Dessa forma, Ferreira Penna se consagrou como um grande divulgador científico, pulicando seus trabalhos em revistas e jornais e fazendo apresentações em palestras.

Assim, como relata Duarte (2010), Ferreira Penna foi se tornando uma referência como etnógrafo e geógrafo da região paraense, devido as suas expedições. Entretanto, Ferreira Penna passou a ser ainda mais conhecido, quando sua ideia da construção de um museu no Pará saiu do papel e se tornou realidade.

Ferreira Penna é considerado o idealizador do Museu Paraense, devido aos seus esforços para a sua concretização. Para isso, ele criou uma associação, com figuras influentes na sociedade de Belém, conhecida como "Associação Filomática", a qual tinha, como principal objetivo, a criação do museu. Eis as fotos do antigo Museu Paraense e do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Figura 1: Diferentes épocas do museu: antigo Museu Paraense (à esquerda); e Museu Paraense Emílio Goeldi (à direita)



Fonte: Academia.edu (2006) (imagem da esquerda) e Wikipédia (2015) (imagem da direita).

O museu teria um papel importante para a comunidade científica paraense, pois iria preencher a ausência de escolas de ensino superior em Belém. Portanto, Ferreira Penna incorporaria esta ideia, para que fosse inserido no meio intelectual da província da época. Além disso, uma das intenções para os espaços do museu era de abrigar uma sessão de extensão de ensino sobre História Natural e outros assuntos, direcionada a alunos das escolas de Belém ou interessados pelos temas (CUNHA, 1989).

Diante de seus trabalhos e ideias fascinantes, Ferreira Penna se destacou como primeiro diretor do Museu Paraense. Nesse cargo, propôs projetos voltados a sua melhoria, como a possibilidade da criação de uma biblioteca no museu. Ele chegou a dar início à ideia, porém a Biblioteca Pública do Pará teria surgido junto da do museu, e Ferreira Penna também se tornaria diretor daquela instituição, e dirigir duas instituições causaria uma comoção no governo, resultando no afastamento e abandono de ambas as instituições, pelo cientista. Entretanto, devido aos seus grandes feitos e por falta de um diretor competente à frente do museu, o governo foi obrigado a

convidar Ferreira Penna, novamente, e, com a insistência do presidente da província João Rodrigues Chaves, Ferreira Penna assumiria a direção do museu, novamente. Do mesmo modo, um tempo depois, Ferreira Penna foi afastado de seu cargo por problemas de saúde, sem voltar a dirigir sua grande conquista (CUNHA, 1989). Em 6 de janeiro de 1888, a vida de Domingos Soares Ferreira Penna terminaria: vítima de uma congestão pulmonar, o cientista mineiro faleceu aos 69 anos.

Após sua morte, o museu teve outros diretores, que deram continuidade à instituição e realizaram grandes mudanças na estrutura e coordenação de exposições, resultando no atual Museu Paraense Emílio Goeldi.

Em reação à mudança do nome do museu, prestando homenagem ao zoólogo suíço Emílio Goeldi, responsável pela reformulação da instituição, é registrada, na obra *Obras Completas de Domingos Soares Ferreira Penna*, a seguinte passagem:

Ainda que a homenagem e o preito de gratidão do Estado do Pará fossem perfeitamente justos, parece que não agradou aos espíritos mais sensíveis da época, porque acima de tudo obliterava a memória do sábio Ferreira Penna, que nada ficou a dever como brasileiro a outro sábio estrangeiro como era Emílio Goeldi. Grande injustiça acabara de ser cometido contra Ferreira Penna, o que levou ao Dr. Augusto Montenegro, como governador, algum tempo depois, a tomar a resolução patriótica de homenagear aquele grande conhecedor da Amazônia (PENNA, 1973, p. 37).

Em 22 de junho de 1908, 20 anos após a sua morte, foi inaugurado, no Jardim botânico do Museu Emílio Goeldi, o busto de Ferreira Penna. A obra foi aprovada pelo governador Augusto Montenegro, em resposta aos diversos pedidos de José Veríssimo, escritor que estava produzindo uma biografia sobre o cientista mineiro. O próprio José Veríssimo ficou encarregado da confecção do pedestal, em granito carioca, e do busto, esculpido pelo artista Rodolpho Bernardelli. Da parte frontal do pedestal consta: "D. S. FERREIRA PENNA (1818-1888) INICIADOR DA IDÉIA DO MUSEU PARAENSE" (PENNA, 1973). Dessa forma, o governo realizava uma homenagem singela às valiosas contribuições dadas pelo cientista à sociedade científica paraense. A grande determinação do pesquisador contribuiu para o desenvolvimento científico do Pará, deixando como principal legado a fundação do Museu Paraense. O busto do cientista é destacado na Figura 2.

Figura 2: Busto de Ferreira Penna



Fonte: Azevedo (2015).

4. CONCLUSÃO

Percebe-se a relevância da obra que Ferreira Penna desenvolveu em vida e os impactos desta no cenário científico paraense atual. O museu conquistado por Ferreira Penna ainda é uma referência em pesquisas na região amazônica e realiza regularmente exposições e publicações científicas. Portanto, embora o museu tenha tido vários diretores, que contribuíram para a melhora de sua estrutura e a sua difusão, Ferreira Penna merece grande destaque, por ter começado o projeto da instituição e pelo seu empenho em promover a Ciência, em uma época com poucos espaços de divulgação. Consideramos a relevância da pesquisa, pois vem divulgar todos os aspectos, que fazem parte do estudo sobre Ferreira Penna.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA.EDU. **Reencontros:** Emílio Goeldi e o Museu Paraense. 2006. Disponível em: https://www.academia.edu/1014634/Reencontros_Em%C3%ADlio_Goeldi_e_o_Museu_Paraense. Acesso em: 30 nov. 2023.

AZEVEDO, Gê. **Belém:** Museu Paraense Emílio Goeldi. 17 nov. 2015. Disponível em: <https://www.mineirosnaestrada.com.br/belem-emilio-goeldi/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CUNHA, Osvaldo Rodrigues da. **Talento e atitude: Estudos Biográficos do Museu Emílio Goeldi.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1989.

DUARTE, Dércio Pena. **Bases para o espírito:** Ferreira Penna, ciência e educação na Província do Grão-Pará (1866 – 1891). 2010. Dissertação (Mestrado – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

MEIRELLES FILHO, João. **Grandes Expedições à Amazônia Brasileira – 1500 – 1930.** [S. l.]: Metalivros, 2009.

MUSEU Goeldi celebra o bicentenário de seu criador e lança ações comunitárias. Museu-Goeldi.br, 2018. Disponível em: <https://www.museu-goeldi.br/noticias/museu-goeldi-celebra-o-bicentenario-de-seu-criador-e-lanca-acoes-comunitarias>. Acesso em: 9 ago. 2023.

PENNA, Domingos Soares Ferreira. **Obras completas de Domingos Soares Ferreira Penna.** Belém: Conselho Estadual de Cultura do Pará, 1973.

WIKIPEDIA. **Museu Goeldi.** 2015. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/61/Parque_Zoobot%C3%A2nico_do_Museu_Paraense_Em%C3%ADlio_Goeldi-01.jpg. Acesso em: 30 nov. 2023.

A TOXICIDADE DO ARSÊNIO RETRATADA NO FILME *O NOME DA ROSA*

Anthoniél Hendel da Silva Souza
Áyla Seabra Rodrigues
Maria Dulcimar de Brito Silva
Juliane Larissa Barbosa Santos

Palavras-chave: Arsênio. Cinema. Ensino de Química.

1. INTRODUÇÃO

O arsênio é considerado um dos elementos químicos mais letais do mundo. Seu alto grau de toxicidade o fez ser amplamente utilizado em práticas de assassinatos, até o final do século XIX, em que havia o ato de passar veneno nas páginas de alguns livros considerados perigosos, por possuírem conhecimentos, que, se fossem difundidos, afetariam o alto clero, como é retratado no filme *O nome da rosa*, inspirado na obra literária de mesmo nome escrita por Umberto Eco.

A descoberta do arsênio ocorreu no ano de 1250 e é atribuída a Alberto Magno, primeiro filho do Conde de Bollstadt, brilhante erudito e divulgador de obras de Aristóteles (MONTE, 2020). Alberto era um bispo católico alemão dominicano e faleceu no ano de 1280, na Alemanha.

O arsênio é encontrado na natureza na forma de cristais, geralmente combinado com outros minerais apresentando diversas aplicações industriais (MONTE, 2020). De acordo com Andrade e Rocha (2016), o arsênio elementar não é tóxico, mas é convertido, pelo organismo humano, em trióxido de arsênio, que reage com os grupos sulfidrilas das proteínas, inibindo a ação enzimática e bloqueando a respiração celular.

O uso da História da Ciência no ensino de Química vem sendo amplamente apresentado como um importante recurso pedagógico para promover a educação científica (CALLEGARIO *et al.*, 2015). Nesse sentido, a incorporação de mais conteúdos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tenciona produzir uma melhor contextualização de conteúdos e discussões da natureza da ciência na visão do aluno, como contribuidora para a humanização do ensino científico (REZENDE, 2008).

O filme *O nome da rosa* foi utilizado como mediador do conhecimento científico, visto que o cinema é um símbolo da sociedade industrializada e pode atuar como difusor de ideologias (SILVA, 2011), além de servir para apresentar conceitos sobre a toxicidade do arsênio, desconhecidos da população, e alguns casos de morte oriundos do uso do arsênio como pigmento de papel (ANDRÉ, 2012).

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi de caráter qualitativo, desenvolvida a partir da realização de um minicurso para um público-alvo de 11 licenciandos do Curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado do Pará no ano de 2021. No decorrer do minicurso, foram repassadas informações acerca do filme e do contexto histórico da época, assim como se buscou identificar

uma intoxicação por arsênio e o uso de métodos científicos na elaboração de hipóteses, que derivaram na descoberta da toxicidade do arsênio, dentro do filme. Apresentou-se, ainda, algumas propriedades das tintas e as formas de obtenção dos mais variados tons.

Em seguida, foram utilizadas cinco cenas curtas do filme, em que foram postos em prática os ensinamentos passados no minicurso. As cenas foram tituladas como: A: autópsia do primeiro cadáver introduzido no filme; (B): descoberta do segundo cadáver; (C): teste de hipóteses levantadas por Guilherme de Baskerville; (D): descobrimento da biblioteca com livros proibidos; e (E): evidência da causa das mortes.

Consequentemente, foi realizada a coleta de dados, através de um formulário composto por cinco perguntas abertas aos participantes, cujas respostas tornaram possível discutir os resultados do curso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obra cinematográfica utilizada neste trabalho traz consigo aspectos relevantes acerca do contexto histórico da época, sendo crucial nas abordagens históricas da toxicidade do arsênio e da utilização de elementos químicos tóxicos, pela humanidade, seja por desconhecimento ou imprudência. Os pontos abordados no longa-metragem foram satisfatórios à (re)construção do pensamento crítico dos licenciandos atuantes na pesquisa, que puderam participar desta reconstrução de conhecimentos, através da trama cinematográfica, não sendo apenas ouvintes passivos no processo de aprendizagem. Dos formulários, foram selecionadas as respostas mais gerais dos licenciandos, que foram enumerados de 1 a 11, às perguntas, que serão discutidas a seguir.

Quando perguntados sobre a aplicação do método científico pelo monge (Guilherme de Baskerville) e seu noviço (Adso von Melk), houve comum acordo, entre os licenciandos, quanto à percepção desta construção, como afirma o Licenciando 5: “*Sim, após a visualização das cenas, é possível observar algumas etapas do método científico sendo realizadas, a etapa de observação, de levantamento de hipóteses [...]*” (informação verbal do Licenciando 5, 2021).

Tais etapas também são apontadas por Jiménez e Jacinto (2017) como fundamentais ao desenvolvimento da verdade científica: “Isso constitui uma metodologia geral para desenvolver investigações que se baseiam no caminho dialético do conhecimento da verdade”.

A respeito da contribuição analógica do método científico para a evolução da sociedade, ao longo do tempo, o Licenciando 3 diz: “*Com certeza. O conhecimento científico é muito importante para a evolução da sociedade. A gente pode observar isso na História da Ciência no audiovisual*” (informação verbal do Licenciando 3, 2021). Para Rezende (2008), “Métodos análogos aos desenvolvidos para o uso de audiovisuais no ensino de história podem ser incorporados ao uso de filmes e vídeos no ensino de História das Ciências”.

Porém, questionados sobre a eficácia do método científico para a descoberta do composto tóxico no filme, os entrevistados fizeram menções ao período medieval, a exemplo do Licenciando 10: “*Na época não foi eficaz pelo fato do encobrimento dado pela igreja e somente após muitas mortes alguém ficou tentado a descobrir o motivo*” (informação verbal do Licenciando 10, 2021).

Silva (2011) afirma, nesse viés:

[...] a película ajuda problematizar o mito da Idade Média como “Idade das Trevas”, um retrocesso se comparada a Antiguidade Clássica e um atraso em relação à Idade Moderna e à contemporaneidade (SILVA, 2011).

Para muitos historiadores, a Idade Média foi um tempo de aprendizagem e evolução, e não apenas tenebroso e obscuro. Na área da Química, por exemplo, teremos o surgimento e desenvolvimento da Alquimia, que foi a base da Química moderna.

Ao serem questionados sobre o motivo de o arsênio ter sido largamente utilizado como componente de pigmentos de papel, a maioria dos licenciandos deu ênfase ao desconhecimento da característica tóxica do elemento e à relevância da obtenção da cor pretendida, o que pode ser entendido no relato do Licenciando 8: “[...] *principalmente se devia ao pouco conhecimento científico do potencial tóxico do arsênio e somente se avaliava a cor gerada*” (informação verbal do Licenciando 8, 2021).

Em seu trabalho, André (2012) reforça o enorme interesse econômico pelo “verde de Scheele”, cor obtida por combinados de arsênio, que compunham os mais variados tipos de objetos, visando os interesses de uma sociedade capitalista, como os papéis de parede produzidos na Inglaterra, por volta do século XIX, que teriam sido associados a diversas mortes no período.

Os licenciandos ainda foram perguntados se conseguiram identificar características de intoxicação por arsênio no filme. O Licenciando 1 associou as mortes ao arsênio contido nas páginas do livro, quando afirmou: “[...] *notava-se o grande inchaço dos indivíduos que passaram pelo envenenamento do arsênio nas páginas dos livros que se identificava através das manchas de tinta na ponta dos dedos*” (informação verbal do Licenciando 1, 2021).

Em concordância, o Licenciando 4 frisou a ação dos monges, ao folhear os livros: “*Sim, os monges que faziam a leitura do livro envenenado, levavam o dedo a boca para folhear o mesmo*” (informação verbal do Licenciando 4, 2021).

As manchas citadas dizem respeito à característica deste elemento, referida por Andrade e Rocha (2016), que, ao entrar em contato direto com o corpo humano, promove intoxicação crônica e algumas doenças patológicas, entre elas a hiperpigmentação da pele.

O recurso audiovisual atrelado ao ensino da História das Ciências oferece possibilidades de melhor contextualização histórica e social dos assuntos a serem tratados. Nesse trabalho, foi possível utilizá-lo como contribuinte à análise da ação tóxica do arsênio no corpo humano.

4. CONCLUSÃO

Ao final da aplicação do minicurso, foi perceptível a pertinácia de se utilizar o cinema atrelado à História da Ciência, possibilitando demonstrar, aos licenciandos de Química, a importância do método científico, bem como a sua eficácia, para a evolução da sociedade, além de discutir suas etapas, que passam por observação dos problemas, levantamento de hipóteses, testes, resultados e análises.

Além do mais, foi possível trabalhar o uso do arsênio, tanto em tintas quanto como item medicinal — e como veneno, consequentemente. O hábito de as pessoas levarem a mão à boca para folhear as páginas de um livro é enfatizado no filme, demonstrando uma forma de assassinato “silenciosa”, o que se explica pelo fato de passar arsênio nas folhas de livros considerados proibidos, para que o leitor entrasse em contato com este elemento nocivo e perecesse.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Daiene Flor; ROCHA, Márcia Santos. A toxicidade do arsênio e sua natureza. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, v. 3, p. 102-111, 2016. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br>. Acesso em: 26 set. 2021.

ANDRÉ, João Paulo. O verde que não era esperança. Braga: Ed. Abril, 2012. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/22040>. Acesso em: 26 set. 2021.

CALLEGARIO, Laís J. et al. A História da ciência no ensino de química: uma revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1195>. Acesso em: 20 dez. 2021.

JIMÉNEZ, Andrés Rodríguez; JACINTO, Alípio Omar Pérez. Métodos científicos de indagação e de construção do conhecimento. **Revista Ean**, n. 82, p. 179-200, 2017. Disponível em: <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1647>. Acesso em: 23 dez. 2021.

MONTE, Manuel João. Arsénio. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 8, n. 1, 2020. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2020/005/>. Acesso em: 20 dez. 2021.

REZENDE, Luiz Augusto. História das ciências no ensino de ciências: contribuições dos recursos audiovisuais. **Ciência em tela**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2008. Disponível em: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0208rezende.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021.

SILVA, Edlene Oliveira. Cinema e o ensino de história: a idade média em O nome da rosa de Jean-Jacques Annaud. **Olhos da História**, Salvador, n. 7, dez. 2011. Disponível em: <http://oohodahistoria.ufba.br/wp-content/uploads/2016/03/edlene-1.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2021.

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA EXPLORADA NO FILME *HOMEM ARANHA 2* COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Raissa Gerald Santos
Flávia Leandra Miranda Alcântara
Maria Dulcimar de Brito Silva

Palavras-chave: História da Ciência. Cinema. Ensino de Química.

1. INTRODUÇÃO

A História da Ciência é uma aliada no ensino de Química, pois contribui para o entendimento e a significação de conceitos, destacando a produção científica com enfoque humanizado, aproximando a pesquisa de prestigiados cientistas às similaridades dos alunos e retratando dificuldades e limites encontrados na construção do conhecimento científico (LOBATO, 2020).

Todavia, o senso comum possui uma concepção errônea acerca da História da Ciência, vendo-a como um conjunto de dados cronológicos ou de biografias de grandes cientistas (GOMES, 2020). Na verdade, esse ramo da Ciência estuda a evolução e a construção do conhecimento científico em cada época, sendo um sistema contínuo de mudanças no pensamento (BARBOSA; AIRES, 2019; LAÇIN-SIMSEK, 2019; GOMES; AIRES; BARBOSA, 2023).

Na Química, grande é a importância da História da Ciência, devido a proporcionar uma reflexão da evolução do ser humano, ao longo dos anos, tornando possível a significação e a aproximação dos alunos a conceitos abstratos e complexos. Nessa perspectiva, os Novos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCN+) incentivam o uso da História da Ciência, em especial a História da Química (HQ) como ferramenta relevante ao processo de ensino e aprendizagem, sendo assim:

[...] história da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos (BRASIL, 2002, p. 66).

Logo, é notória a valorização histórica da Ciência, a fim de que as aulas de Ciências se tornem mais desafiadoras, reflexivas e críticas, conferindo significado a leis, conceitos, fórmulas e equações (TESTONI; VIANA, 2016).

Nesse contexto, destaca-se a trajetória do físico-químico Ernest Rutherford, em razão de suas descobertas estarem diretamente ligadas à abordagem histórica sobre o papel da radioatividade, sendo uma temática muito importante para o ensino de Ciências (SCHWANTES *et al.*, 2019). Ernest Rutherford foi o descobridor do isótopo trítio, descoberta que alcançou o mundo das produções cinematográficas no filme *Homem-Aranha 2*, lançado em 2004. A capacidade energética do trítio mencionada no enredo do filme é verídica, porém muitos espectadores podem julgar todas as informações do filme como ficção, apenas, sendo importante um trabalho mediador, quanto aos conceitos científicos presentes no filme.

Em suma, explorar o conhecimento científico em filmes cinematográficos é importante para que o aluno entenda a Ciência envolvida na narrativa, ajudando-o no processo de aprendizagem no ensino de Química. Logo, o presente trabalho visa identificar e discutir conhecimentos químicos retratados no filme *Homem Aranha 2*, que estejam relacionados ao trabalho desenvolvido por Rutherford, possibilitando o desenvolvimento de reflexões e conhecimentos, relacionados à presença da História da Ciência no cinema.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa tem caráter quali-quantitativo e foi elaborada por pesquisas bibliográficas, resultando na produção de uma oficina virtual, realizada por videochamada, via *Google Meet*, com o auxílio de *slides*, trechos selecionados do filme e formulários eletrônicos, com o seguinte tema: “Limites e possibilidades no ensino de Química voltado para História da Ciência vinculado ao cinema”.

Nessa aplicação, questionamos 26 graduandos do 6º semestre do curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado do Pará, em 2021. O planejamento desta oficina foi dividido em seis momentos: no primeiro momento, foi repassado o formulário de avaliação prévia; no segundo momento, houve a introdução histórica direcionada ao filme escolhido; no terceiro momento, apresentamos a sinopse do filme *Homem Aranha 2* (de 2004), dirigido por Sam Raimi. Na quarta etapa, foram realizadas análises das cenas relacionadas à Química, por meio de um cinema interativo, com o aprofundamento de percepções científicas presentes no filme. No quinto momento, foi realizada a explanação conceitual sobre a Química constante das cenas do filme, fazendo a separação entre fatos verídicos e os presentes na ficção. Ao final da dinâmica, foi aplicado um segundo formulário, para coleta das opiniões dos graduandos, com perguntas relacionadas à aplicação da atividade da História da Ciência em filmes.

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado, a partir de uma análise qualitativa dos tipos documental e bibliográfica, tendo, como suporte, a utilização de artigos científicos selecionados no *Google Acadêmico*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A importância de um ensino de Química lúdico e significativo, por meio da História da Ciência no cinema

A dificuldade dos alunos em compreender alguns conteúdos da Química é gerada principalmente pelo alto grau de abstração presente na aprendizagem de determinados conceitos. Nesse contexto, é importante que os professores de Química relacionem o ensino da disciplina ao cotidiano dos estudantes, possibilitando uma maior assimilação (SEMINATTI *et al.*, 2022).

Uma proposta para facilitar a compreensão em Química é demonstrar a construção da Ciência repleta de hipóteses e técnicas para comprovações de conceitos atuais. O professor deve ensinar de forma criativa, explorando a vivência e a tradição dos alunos, tornando a aprendizagem mais significativa. A História da Ciência pode motivar e seduzir os alunos, durante as aulas (CALLEGARIO *et al.*, 2015).

Sabendo que a História da Ciência é uma potencial facilitadora do ensino de Química, essa metodologia pode ser ainda mais eficaz, quando ajuntada ao cinema. O uso de recursos visuais desperta o interesse e a curiosidade do aluno, enquanto a inserção de recursos visuais, expressos por filmes, vídeos e figuras, facilita a aprendizagem. No entanto, os educadores devem adequar estes recursos para os fins educacionais, demonstrando aos alunos que a obra cinematográfica vai além da diversão, tendo, como objetivo principal, a obtenção de conhecimento (SILVEIRA, 2020). O cinema é um espaço de acesso à cultura, diversão e expressões artísticas, enquanto a sala de aula pode ser definida como espaço de mediação de conhecimentos. Apesar das diferenças, o cinema e a sala de aula são espaços de socialização, e os filmes podem contribuir para maior interação dos alunos no assunto ministrado em sala (FERREIRA; COSTA, 2017).

Os filmes cinematográficos possuem o objetivo de ser exibidos em salas comerciais ou canais de TV e estão fundamentados em histórias fictícias ou em livres adaptações de histórias reais. Atualmente, há grande aceitabilidade dos filmes entre o público infanto-juvenil, o que lhes permite ser uma ferramenta de ensino e aprendizagem (FARRÉ *et al.*, 2004). Ademais, o uso do cinema como estratégia didática proporciona a criação de espaços de debates e reflexão na sala de aula, de modo que os alunos possam atribuir sentido ao conhecimento, para que este não seja marcado por memorização de fórmulas e de nomes complicados, apenas (SOUSA; CICUTO; LUCCHESI, 2020).

3.2 A história de Ernest Rutherford e a descoberta do isótopo trítio

Ernest Rutherford nasceu na Nova Zelândia, em 30 de agosto de 1871, em uma família de imigrantes ingleses e escoceses. Iniciou seus estudos na Escola Foxhill, aos cinco anos, e, com 16 anos, recebeu uma bolsa de estudos para o Colégio Nelson. Por ser um ótimo aluno, em 1889, ganhou uma bolsa na universidade Canterbury e se formou bacharel em Ciências (LOPES, 2009).

A caminhada acadêmica de Ernest Rutherford foi marcada por inúmeras publicações de trabalhos, infelizmente suas contribuições científicas foram cessadas em 19 de outubro de 1937, com seu falecimento, em decorrência de uma hérnia. A maioria dos trabalhos de Rutherford ainda apresenta aplicação nos dias atuais. Sendo digno de honras, suas cinzas foram enterradas na Abadia de Westminster, junto ao túmulo de Issac Newton (LOPES, 2009).

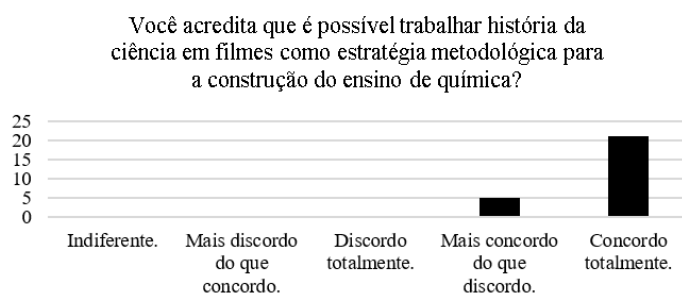
Uma das contribuições de Rutherford para a Ciência foi a descoberta do isótopo trítio, em 1934. O isótopo radioativo de hidrogênio (H) foi descoberto, a partir de pesquisas realizadas em colaboração com Mark Oliphant e Paul Hartek. Eles bombardearam o deutério, que havia sido descoberto apenas três anos antes, por Harold Urey, com dêuterons, que são os núcleos do próprio deutério (SILVA; COTA; MOREIRA, 2021).

O trítio é obtido de reações nucleares exotérmicas, que envolvem interações entre isótopos de hidrogênio (H) e de deutério (D) em altas temperaturas, nas quais os átomos de deutério e de trítio se fundem e se ionizam em estado de plasma. A fusão nuclear pode se transformar em um recurso energético de grande relevância, visto que a reação resulta na liberação de uma quantidade de energia aproximadamente cinco vezes maior por unidade de massa, relativamente ao processo de fissão convencional de urânio (CANAL *et al.*, 2021).

3.3 Perspectiva de graduandos em Química sobre a história de Ernest Rutherford, atrelada ao filme *Homem Aranha 2*

Sabendo de que a História da Ciência, em conjunto ao cinema, promove o ensino lúdico e significativo em Química, foi proposto, a 26 graduandos em Química, o trabalho de aproximar a narrativa do filme *Homem Aranha 2* da história de Ernest Rutherford e dos conceitos de isótopos, radioatividade e termoquímica. A Figura 1 demonstra o nível de aceitação prévia dos graduandos, referente à aplicação da História da Ciência no cinema, visando o ensino de Química.

Figura 1: Questionamento prévio, referente ao nível de satisfação dos alunos, em relação à proposta



Fonte: elaboração dos autores (2023).

Em princípio, cinco discentes não demonstraram concordância sobre as contribuições da metodologia proposta ao ensino de Química. No entanto, o relato do Graduando A no questionário sobre a possibilidade de trabalhar História da Ciência em filmes revela a importância da mediação científica, durante a exibição de filmes.

“Sim, foi uma experiência muito proveitosa, já tinha assistido esse filme, mas nunca tinha visto ele por esse lado, ainda não tinha visto ele com um olhar científico, mas sim como mais um filme de ação” (informação verbal do Graduando A, 2021).

Em relação ao contato com a História da Ciência em filmes como estratégia metodológica para construção de conhecimentos químicos, 25 graduandos gostaram da proposta. O relato do Graduando B demonstrou uma opinião similar à da maior parte dos relatos: *“Sim, é muito importante associar filmes a conceitos químicos pois facilita o entendimento do aluno e torna a aula mais interessante”* (informação verbal do Graduando B, 2021).

Para Martins (2006), “O estudo histórico de como um cientista desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica”, entendendo, assim, que a Ciência é resultado de um processo extremamente complexo, construído por investigações, tentativas, erros e acertos.

4. CONCLUSÃO

Com o intuito de discutir os conhecimentos químicos retratados no filme *Homem Aranha 2* e motivar reflexões, por meio da História da Ciência atrelada ao cinema, constatou-se que a proposta metodológica contribuiu para a construção do conhecimento científico, pelos alunos, sendo um instrumento eficaz para o ensino de Química. Vale destacar que o filme escolhido é popular e muitos alunos já tinham assistido, sem a mediação científica, no entanto. Quando alguns

alunos relataram que só compreenderam os conceitos científicos, a partir da proposta, ficou clara a importância da mediação educativa no cinema. Ademais, a compreensão de aspectos da História da Ciência no filme *Homem Aranha 2* pressupõe a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem, pois está utilizando a história para compreender fatos e seus processos de transformação e de desenvolvimento. Em síntese, a História da Ciência, em conjunto com a mídia cinematográfica, diversifica as aulas, torna o ensino mais dinâmico e prazeroso, permite que os alunos observem diretamente o percurso do cientista e torna a Ciência mais humanizada, proporcionando um contato mais palpável com ela e com o conteúdo estudado e fazendo com que o aluno seja capaz de construir seu conhecimento de forma mais crítica e significativa.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, F.; AIRES, J. A. Aspectos consensuais da natureza da ciência e suas implicações para o ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, p. 26-44, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O.; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015.

CANAL, G. P. et al. **Proposta de programa nacional de fusão nuclear**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/pesquisa-desenvolvimento-e-ensino-na-area-nuclear/copy2_of_GustavoPaganiniCanalPropostadeProgramaNacionaldeFusoNuclear_compressed.pdf. Acesso em: 21 nov. 2023.

FARRÉ, M.; BOSCH, F.; ROSET, P. N.; BANOS, J. E. Putting clinical pharmacology in context: the use of popular movies. **J. Clin. Pharmacol.**, v. 44, n. 1, p. 30-36, jan. 2004. DOI: 10.1177/0091270003260679.

FERREIRA, B. COSTA, V. B. O cinema na formação de professores: Interfaces com o PIBID Química. **Iniciação & Formação Docente**, v. 5, n. 1, 2017.

GOMES, R. V. **A História da Ciência no ensino de Química**: um estudo sobre a Tabela Periódica desenvolvido com futuros Professores. 2020. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2020.

GOMES, R. V.; AIRES, J. A.; BARBOSA, R. G. Estratégias para o ensino de química na sala de aula: a utilização da natureza da ciência para abordagem de história da ciência no cárcere. In: XIII WORKSHOP E III ESCOLA DE VERÃO DO PPGECEM/UFPR, 2023. **Anais...** 2023.

LAÇIN-SIMSEK, C. What Can Stories on History of Science Give to Students? Thoughts of Science Teachers Candidates. **International Journal of Instruction**, v. 12, n. 1, p. 99-112, 2019.

LOBATO, C. B. A história da ciência como “remédio” no ensino de química: episódio - estudo sobre a invenção da teoria atômico-molecular moderna. **Revista Química Nova**, v. 43, n. 9, p. 1350-1361, 2020.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: Da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Programa de Pós-graduação em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.

MACHADO, C. J.; SILVEIRA, R. M. C. F. Interfaces entre cinema, ciência e ensino: uma revisão sistemática de literatura. **Pro-Posições**, v. 31, 2020.

SEMINATTI, Guilherme et al. Química em quadrinhos empregando o uso dos Jogos Olímpicos para o ensino de ligações e ligas metálicas. In: CATAPAN, Edilson Antonio. **Estudos na área da educação e seus impactos na sociedade**. São José dos Pinhais: Ed. Brazilian Journals, 2022. 168 p. DOI: 10.35587/brj.ed.0001354.

SILVA, A. F. P.; COTA, S. D. S.; MOREIRA, R. M. Aplicações de trítio na determinação de tempos de residência no ciclo hidrológico. **Derbyana**, v. 42, 2021.

SILVEIRA, P. **Química e Cinema**: Um estudo sobre as possibilidades de inserção do filme perdido em Marte nas aulas de Química. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

SCHWANTES, M. F. et al. A biografia de Rutherford e sua contribuição à Física Moderna. In: 8ª MOEPEX. **Anais...** 2019.

SOUZA, G. A. P.; COSTA, G.; LIMA, L. S. Análise da história da ciência no livro didático de química. **Revista Scientia Naturalis**, v. 3, n. 1, p. 274-287, 2021.

SOUSA, M. C. F. de; CICUTO, C. A. T.; LUCCHESI, M. M. Cinema in the teaching of natural sciences: analysis of the “Sammy’s Adventures” movie. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 9, p. e232997026, 2020.

TESTONI, L. A.; VIANA, H. E. B. História da ciência e ensino socioculturalmente contextualizado: o que pensam os futuros professores de Ciências? **Rev. Cienc. Educ. Americana**, n. 36, p. 119-137, jul./dez. 2016.

SEBASTIÃO SODRÉ DA GAMA E A DIREÇÃO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL NO PERÍODO DE 1929 A 1951

Allec Matheus Marques dos Anjos
Reginaldo Oliveira Corrêa Junior

Palavras-chave: Observatório Nacional. Diretor. Sebastião Sodré da Gama.

1. INTRODUÇÃO

O Observatório Nacional (ON) é uma das mais antigas instituições científicas do Brasil, o qual foi criado pelo Decreto Imperial de 15 de outubro de 1827 (BRASIL, 1827), com o intuito de centralizar as atividades astronômicas no Brasil (SANTOS, 2018, p. 23), assim como compôs uma estratégia para organizar a navegação e determinar os limites geográficos do país, que necessitavam de trabalhos em Astronomia e Geodésia (VIDEIRA; VIEIRA, 1997, p. 7). Logo, o ON tinha o objetivo de aperfeiçoar a instrução dos alunos militares em Astronomia e Geodésia, além disso prestava serviços, como, por exemplo, determinar a hora e informar situações meteorológicas.

A instituição foi regida por diferentes diretores. O primeiro encarregado foi Pedro de Alcântara Bellegarde (1827-1845). Em 1845, já no reinado de Dom Pedro II, o ministro da Guerra nomeou Eugênio Fernando Soulier de Suave (1845-1850), período no qual o observatório ganhou um regimento definitivo e estabeleceu seu nome: Imperial Observatório (IO). Em 1870, Dom Pedro II convidou o astrônomo francês Emmanuel Liais (1870-1881) para dirigir do IO, gestor que buscou a autonomia da instituição, desvinculando-a das Escolas Militares. Em seguida, a instituição foi regida pelo astrônomo belga Luiz Ferdinando Cruls (1881-1908), que inicialmente a dirigiu de forma interina, sendo efetivado em 1884. Sua principal meta na direção foi a transferência do IO para um local mais adequado a práticas observacionais, o que só viria a ocorrer anos mais tarde, sob outra gestão. Com a Proclamação da República, Cruls tratou de mudar o nome da instituição, que passou a se chamar Observatório Nacional, conforme é conhecido, atualmente.

Em 1908, o astrônomo Henrique Morize assumiu a direção da casa (ficando até 1929), hiato em que entre várias contribuições à Ciência brasileira está a participação do ON na observação do eclipse solar total de 1919, na cidade de Sobral, no Ceará, episódio no qual foi possível comprovar a Teoria da Relatividade Geral, de Albert Einstein. Segundo Videira (2019), esse evento astronômico pode ser considerado o ápice da carreira de Morize. Em 1929, Alix de Lemos assume a direção do ON de forma interina, entregando o cargo logo depois ao cientista paraense Sebastião Sodré da Gama (1929-1951), gestor do ON de 1930 a 1951. Esse período administrativo é o objeto de estudo desta pesquisa, que busca esclarecer a escolha de Sebastião Sodré da Gama para a direção do ON, detalhando o cenário político e administrativo que a instituição passava nos anos de 1929 e 1930, assim como parte de sua gestão.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa qualitativa dos tipos documental e bibliográfica. A pesquisa documental foi feita na hemeroteca digital do *site* da Biblioteca Nacional, em que foram

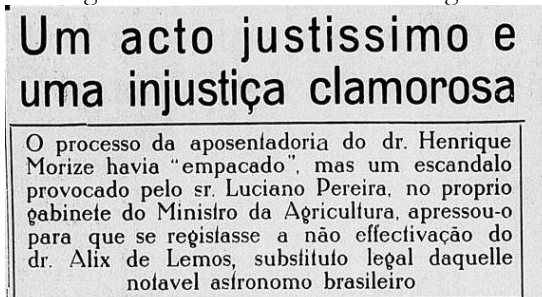
encontrados diversos jornais — foram feitas seleções de jornais, a partir dos períodos estabelecidos pelo *site*, que são de dez em dez anos. Os jornais selecionados foram encontrados no período de 1919 a 1929. Nessas condições, foram selecionados os periódicos que tratavam das mudanças na direção do Observatório Nacional. Em seguida, foi feita a análise de conteúdo, proposta por Bardin, para interpretar e extrair mensagens e enunciados, assim como informações de interesse, de todas as formas de discurso apresentadas nos jornais. A pesquisa bibliográfica foi feita em trabalhos, como monografias, dissertações, teses e artigos científicos, assim como nos *sites Google Acadêmico* e *SciELO*, que apresentavam a transição na direção do ON na época. A palavra-chave para ambas as pesquisas foi Sebastião Sodré da Gama, colocando-o entre aspas, para obter um melhor resultado.

Os jornais selecionados se configuram como referência principal da pesquisa, sendo usados apenas como fontes de informação de temática livre, ou seja, apresentam anúncios, propagandas, notícias, reportagens, questões culturais, políticas, econômicas etc. (SILVA; FRANCO, 2010, p. 7). Foi aplicada a Análise de Conteúdo, como metodologia de tratamento e avaliação, para obter as informações de interesse dos documentos (BARDIN, 1977, p. 34). Há, também, jornais, noticiando discussões envolvendo cientistas em conflitos de ordem política. Além do mais, foram aplicados elementos da pesquisa historiográfica, pois, segundo Cruz (2006, p. 163), esses são eficazes “[...] na identificação das diversas influências sociais, políticas e econômicas e pessoais que um cientista ou ciência sofreu, entre outras funções”. Nesse sentido, buscou-se compreender momentos importantes da vida de Sebastião Sodré da Gama na sua chegada à direção do Observatório Nacional.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa mostram que houve um desentendimento no Ministério da Agricultura, órgão responsável pelo ON, entre Alix de Lemos (diretor interino) e Luciano Pereira (secretário do gabinete do ministro da Agricultura) (A MANHÃ, 1929). O jornal *A Manhã* (RJ) do dia 18 de abril de 1929 publicou, na capa, a notícia *Um acto justissimo e uma injustiça clamorosa*. O ato justíssimo foi a concessão de aposentadoria a Morize e a injustiça clamorosa foi a não escolha de Alix de Lemos para o cargo (A MANHÃ, 1929, p. 1).

Figura 1: Imagem da notícia sobre a troca de gerência no ON



Fonte: jornal A manhã (1929)

Com base no conteúdo da notícia, nota-se que o jornal está a favor de Alix de Lemos e, nesse momento, Sodré da Gama é professor catedrático na Escola Politécnica e não apresenta relação com a situação. Ainda de acordo com o jornal, Luciano Pereira chamou Alix de Lemos para

uma conversa, cujo assunto incluía uma consulta técnica a respeito de um livro da biblioteca do ON, contudo não foi informado o nome do livro ou do que se tratava a consulta (A MANHÃ, 1929, p. 1).

O jornal destaca a forma como Alix de Lemos foi tratado pelo secretário, durante a conversa. De acordo com o jornal, Luciano Pereira trata com prepotência, arbítrio e violência "[...] os mais graduados serventuários da secretaria do Estado entregue pró-forma ao Sr. Lyra Casto" (A MANHÃ, 1929, p. 1). Vale ressaltar que Lyra Castro é ministro da Agricultura, órgão responsável pelo ON. Alix de Lemos foi chamado ao gabinete para conversar com o secretário e, ao chegar, foi tratado de forma violenta. O assunto era uma consulta técnica a um livro da biblioteca do ON. Alix não se submeteu à forma como foi tratado e, por isso, houve grande discussão entre os dois no gabinete, do qual o secretário foi expulso de forma violenta.

As informações sobre a discussão foram repassadas ao jornal por um dos funcionários do gabinete, cujo nome não é citado. Aos que ouviram a discussão e viram Alix saindo do gabinete, pareceu que ele não assumiria a direção do ON. Ainda de acordo com o jornal A Manhã, o próprio Alix não aconselhou Washington Luís, presidente do Brasil à época, a efetivá-lo. Era natural pensá-lo como substituto de Morize, pois Alix era um astrônomo com reconhecimento profissional, que atuava nas áreas de Sismologia, Marés e Geomagnetismo e foi responsável por organizar as pesquisas destas áreas no ON. Além do ocorrido, de acordo com Araújo (2019, p. 143), Alix possuía um temperamento severo e intransigente, que ficou marcado em episódios de sua gestão, como a punição de três dias de trabalho ao funcionário que não limpou o corrimão da escadaria do prédio do ON.

Alix ainda tinha um opositor para assumir a direção do ON: o astrônomo e engenheiro Mario de Sousa, autor do projeto da sede do ON no Morro de São Januário, e já havia um inquérito administrativo envolvendo os dois (ARAÚJO, 2019, p. 144). Assim, Alix não seria a escolha do ministro da Agricultura para ocupar a direção do ON. À ocasião, Sodré da Gama foi escolhido, sem experiência científica na área de atuação do ON e em gestão. Sua escolha foi para resolver um problema político interno (REIS, 2013, p. 15). No entanto, esse motivo não pode ser considerado como único, pois, naquele momento, Sebastião Sodré da Gama já possuía uma trajetória acadêmica consolidada na Escola Politécnica, situada na cidade do Rio de Janeiro, como professor catedrático da disciplina de Mecânica Racional, apesar de não ter experiência científica na área de atuação do ON.

Vale destacar que, durante sua gestão, ele deu continuidade às pesquisas que estavam sendo desenvolvidas, visto que o governo da época não demonstrava interesse pela área científica (ARAÚJO, 2019, p. 145). Foi na sua gestão que o ON passou por uma reforma, ideia que surgiu de uma visita do ministro da Aviação ao órgão. Após a visita, Sodré da Gama se reuniu com os astrônomos do observatório e chegou ao projeto de reforma e reestruturação. Domingos da Costa, com o apoio de Lélcio Gama e Alix de Lemos, foi o desenvolvedor do projeto, no ano de 1936. O próprio Sebastião apresentou o projeto ao ministro da Educação, Gustavo Capanema, que o encaminhou ao presidente. Em 1937, foi aprovado o projeto denominado "Reforma do Observatório Nacional" (ARAÚJO, 2019, p. 146). Uma das solicitações do projeto era a ampliação do quadro de funcionários, que mais tarde foi concedida. Esse aumento era uma pauta solicitada nas gestões passadas e foi somente na sua que foi atendida. Pode-se notar que a gestão de Sodré no ON era administrativa, sendo os astrônomos do observatório responsáveis pela gestão científica.

Um dos grandes feitos que Sodré Gama estimulou foi o desenvolvimento de levantamentos magnéticos sistemáticos (REIS, 2013, p. 16) e, em 1933, foi instalada provisoriamente uma estação magnética na ilha de Tatuoca, no estado do Pará, por exigência da Comissão Internacional do Ano Polar, já que a ilha satisfazia algumas exigências, como a proximidade à linha do equador (ALENCAR; CARVALHO, 2019, p. 871). A instalação do observatório era de interesse internacional, visto que contribuiria para o estudo do campo magnético na América do Sul.

Do projeto, constava um observatório de montanha, que serviria para pesquisas em Astrofísica e Geofísica. O local escolhido para a instalação foi a Serra da Bocaina, entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Essa seria a localização ideal, pois apresentava as condições meteorológicas e atmosféricas que possibilitariam as pesquisas, além de estar afastado dos grandes centros urbanos, assim diminuindo a poluição luminosa. Sodré da Gama designou Domingos da Costa para ficar à frente das aquisições de equipamentos. Todos os materiais necessários e solicitados foram aprovados pelo ministro da Aviação e pelo presidente, contudo, com o advento da Segunda Guerra Mundial, os equipamentos não chegaram e o projeto do observatório da montanha foi interrompido, voltando a ser cogitado somente em 1964, com uma nova concepção e dentro da Comissão Brasileira de Astronomia (CBA) (REIS, 2013, p. 16).

4. CONCLUSÃO

A chegada de Sebastião Sodré da Gama à direção do Observatório Nacional está relacionada a uma questão política do gabinete do ministro da Agricultura entre Luciano Pereira e Alix de Lemos, evento no qual Sodré da Gama não teve participação direta. Além do mais, Sodré da Gama já ocupava um cargo de professor na Escola Politécnica, portanto sua escolha foi uma solução para um problema político, ainda que não tivesse experiência na área de atuação do ON. Vale ressaltar que sua gestão apresentou um caráter mais administrativo, dirigindo a instituição com elevado espírito de justiça e seguindo seus regulamentos. Além disso, Sodré da Gama conseguiu realizar reformas, nas quais seus antecessores não foram atendidos, e houve momentos, em que ele precisou conversar com a imprensa, quando solicitado, e sanar dúvidas da população sobre eventos astronômicos.

REFERÊNCIAS

Acervo da Fundação Biblioteca Nacional – Brasil. A Manhã, Rio de Janeiro, 18 de abril de 1929.

Acervo da Fundação Biblioteca Nacional – Brasil. Gazeta de Notícias, Rio de Janeiro, 24 de setembro de 1937.

ALENCAR, Renan de Melo; CARVALHO, Kassio Lisboa de. O Observatório Nacional do Rio de Janeiro e a estação magnética de Tatuoca no estado do Pará (1933-1972): Um relato sobre a implantação de uma estação magnética internacional no estado do Pará. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 859-884, dez. 2019.

ARAÚJO, Fábio Ferreira de. **Contribuições de Lélío Gama no processo de Construção de uma nova identidade para a ciência no Brasil**. 2019. Tese (Doutorado em Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Matemática, Instituto de Matemática, Universidade Federal do

Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://pemat.im.ufrj.br/index.php/pt/producao-cientifica/teses/2019/61-a-contribuicao-de-lelio-gama-no-processo-de-construcao-de-uma-nova-identidade-para-a-ciencia-no-brasil>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. [S. l.]: Edições 70, 1977.

BRASIL. Decreto, de 15 de outubro de 1827. Dispõe sobre a criação do Observatório Astronômico. **Coleção de Leis do Império do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 1, 1827. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/historicos/dpl/dpl-15-10-1827.htm. Acesso em: 25 jan. 2024.

CRUZ, Robson Nascimento. História e historiografia da ciência: Considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006.

SANTOS, P. M. dos. **Uma retrospectiva de 50 anos da Astronomia Observacional no Brasil (1952-2002)**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas-Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: https://www.iag.usp.br/sites/default/files/2023-01/2018_pms_50_anos_astronomia_brasil.pdf. Acesso em: 31 jul. 2023.

SILVA, Márcia Pereira da; FRANCO, Gilmar Yoshihara. Imprensa e política no Brasil: considerações sobre o uso do jornal como fonte de pesquisa histórica. **Revista História em Reflexão**, Dourados, UFGD, v. 4 n. 8, jul./dez. 2010.

REIS, Keila Juliete de Castro. **História da ciência no Brasil: a importância do uso da história da ciência no ensino de física, conhecendo a trajetória do cientista paraense Sebastião Sodré da Gama**. Orientador: Ruy Guilherme de Castro Almeida. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Naturais) – Universidade do Estado do Pará, 2013.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. Henrique Morize e o eclipse solar total de maio de 1919. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, p. e20190135, 2019.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos; VIEIRA, Cássio Leite. Da terra ao Céu: A trajetória do Observatório Nacional. **Observatório Nacional (ON)**. 1997 Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/assuntos/biblioteca/imagem/170anosON.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2024.

JORGE ANDRÉ SWIECA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA TEORIA QUÂNTICA DE CAMPOS NO BRASIL: UM LEGADO PARA A FÍSICA TEÓRICA

Athirson Fernando Borges Lima

Felipe Vera da Rocha

Reginaldo Oliveira Corrêa Junior

Palavras-chave: Teoria Quântica de Campos. Jorge André Swieca. Física Teórica.

1. INTRODUÇÃO

Um dos pilares da Física moderna e contemporânea é a Teoria Quântica de Campos (TQC), que estabelece uma conexão entre a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade Restrita (MARINO, 2015). Para compreender a TQC, é necessário conhecer certos conceitos fundamentais, que podem ser de natureza matemática ou física. Um destes conceitos é o de campo físico, função matemática capaz de expressar todas as propriedades do campo em cada ponto do espaço, num certo instante de tempo (ROCHA, 2009). Através desta função, é possível estudar com mais clareza as interações dos objetos que estão sob a ação do campo, além de descrever com precisão a sua evolução temporal. De certo modo, é possível identificar um processo, no qual os campos fornecem informações primordiais à descrição do nosso universo, como apontam Gomes *et al.* (s/d):

Indiscutivelmente, campos são ferramentas matemáticas que permitem a descrição de diversos fenômenos reais. Todavia, com o advento da mecânica quântica, tornou-se possível vê-los como ontologicamente mais fundamentais do que as próprias partículas. De fato, as conhecidas partículas fundamentais parecem ser apenas uma maneira simples de interpretarmos uma região de campo intenso (GOMES *et al.*, s/d).

Essa perspectiva coloca os campos como protagonistas no entendimento dos fenômenos físicos e, principalmente, quânticos. Se as partículas eram consideradas elementos básicos da matéria, agora elas se tornam consequência de interações de campos quânticos. Essa visão mais abrangente e profunda dos campos permitiu avanços significativos na compreensão das propriedades fundamentais da matéria e da natureza.

Com efeito, a construção mundial da TQC contou com a ajuda de importantes cientistas, tais como Paul Dirac (1902-1984), com seu método da segunda quantização, e Richard Feynman (1918-1988), com seu trabalho em Eletrodinâmica quântica renormalizável e covariante, que deram grande impulso ao programa da Teoria Quântica do Campo. No contexto brasileiro, a teoria teve um desenvolvimento significativo, a partir de 1949, com a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), que se tornou um dos principais espaços de pesquisa em Física Teórica no país. Entre os físicos teóricos brasileiros com contribuição para o progresso da TQC está o físico polonês Jorge André Swieca (1936-1980), que colaborou significativamente na construção desta teoria no Brasil e na formação de importantes físicos teóricos brasileiros, como, por exemplo, Marcelo Gomes (IAG-USP), Gil da Costa Marques (FEP-USP) e Eduardo Cantera Marino (IF-UFRJ).

Esse trabalho tem, como propósito, investigar e compreender a relevância de Jorge André Swieca na consolidação da Teoria Quântica de Campos no Brasil e na formação de novas gerações de físicos teóricos no país, demonstrando a importância do trabalho de Swieca para a ciência brasileira e para o desenvolvimento científico nacional.

2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo, a metodologia utilizada consistiu de uma revisão bibliográfica de trabalhos publicados na *Internet*. Foram consultados bancos de dados acadêmicos, como *Google Acadêmico* e *SciELO*, buscando-se artigos, memorandos, livros e/ou teses relacionadas ao tema. Os materiais selecionados foram analisados, de acordo com os objetivos do estudo, enfatizando-se as principais contribuições de Swieca, bem como os aspectos históricos e culturais que influenciaram sua trajetória na ciência brasileira.

3. RESULTADOS

O físico Jorge André Swieca era polonês, nascido em 22 de dezembro de 1936, e posteriormente ganhou a cidadania brasileira. Swieca se graduou em Física na Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)), no ano de 1958, sendo que os dois últimos anos de sua graduação tiveram lugar no CBPF, onde foi aluno de H. Moyses Nussenzveig e Plínio Sussekund Rocha. Finalizada sua graduação, Swieca foi direcionado à pós-graduação na USP e, ao chegar na instituição, foi acolhido e recebeu o incentivo inicial do físico Mario Schönberg, na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. Swieca iniciou o doutorado em Física Teórica no ano de 1959, sob a orientação do físico alemão W. Güttinger, então professor visitante no Instituto de Física da USP (SANTANA, 2019). Nesse cenário, Swieca era introduzido definitivamente ao estudo da Teoria Quântica de Campos e, em 1961, em um doutorado sanduíche, viaja para Munique, Alemanha, onde foi trabalhar sob orientação de Werner Heisenberg no *Max Planck Institute* (MPI), por um ano.

Swieca foi um dos maiores físicos teóricos do Brasil e contribuiu significativamente para o desenvolvimento da Física de Partículas e da TQC no país. Entre suas principais realizações, destaca-se a demonstração rigorosa do Teorema de Goldstone, que estabeleceu a relação entre a quebra espontânea de simetria e a existência de bósons de massa nula, como os fótons e os glúons (SWIECA, 1965).

O Teorema de Goldstone foi proposto em 1962, e afirma que, quando uma simetria contínua é quebrada espontaneamente, novas partículas escalares sem massa (ou com massa muito pequena, se a simetria não for exata) aparecem no espectro das possíveis excitações. Essas partículas são chamadas bósons de Goldstone e estão associadas aos geradores da simetria quebrada (GOLDSTONE; SALAM; WEINBERG, 1962). Ou seja, o Teorema de Goldstone diz que, quando uma regra da natureza é mudada de repente, aparecem novas partículas, muito pequenas e sem massa (ou quase sem massa). Essas partículas são chamadas bósons de Goldstone, como mencionado.

Uma analogia que pode representar o caso descrito acima é o exemplo de um ímã que pode apontar para qualquer direção. Esse ímã tem uma regra de girar para qualquer lado, mas, se ele fica em um lugar com um campo magnético forte, essa regra é mudada de repente. O ímã vai apontar

para a mesma direção do campo magnético e não vai mais girar livremente. As vibrações do ímã, em torno da direção em que ele apontou, são os bósons de Goldstone para este caso.

Mas, tal proposição foi apresentada, sem uma prova rigorosa, baseada apenas em argumentos semiclássicos. Em 1966, Swieca, junto com Kastler e Robinson (KASTLER; ROBINSON; SWIECA, 1966), apresentou uma prova rigorosa do teorema, usando com habilidade os métodos da formulação algébrica da TQC, que deviam muito a Haag (MARINO, 2015).

Assim, acreditamos que nossa caracterização abrange todos os automorfismos do tipo "interno" por exemplo, transformações de calibre do primeiro tipo, spin isotópico, SU (3) etc. No âmbito de uma teoria de campo com estrutura local, invariância de translação e um estado de vácuo cíclico, mostramos que os automorfismos sempre levam a simetrias se a menor massa na teoria é diferente de zero. Assim, no mesmo contexto, podemos concluir que se houver uma "simetria quebrada", a menor massa deve ser zero. Esta conclusão confirma a conjectura de Goldstone (KASTLER; ROBINSON; SWIECA, 1966, p. 119, tradução nossa).

Posteriormente, Swieca amplia as ideias por trás dos desdobramentos do trabalho de Goldstone, formulando de um teorema mais geral, que mostra que a ausência de massa dos fótons implica a existência de estados com carga elétrica na natureza, como os elétrons e os prótons (SWIECA, 1967).

Tal teorema, por vezes conhecido como Teorema de Swieca, revela uma relação profunda entre a existência de setores com carga não nula no espectro de estados assintóticos de uma TQC e o espectro de massa dela. Mais especificamente, mostra que a existência de estados carregados ocorre se e somente se a teoria possuir partículas de massa zero mediando a interação (MARINO, 2015, p. 5).

O Teorema de Swieca tem importantes implicações para os estudos das fases da matéria e das transições de fase em sistemas físicos. Por exemplo, ele coloca que as fases ordenadas com simetria espontaneamente quebrada são caracterizadas por um *gap* no espectro de energia e por correlações de longo alcance entre os graus de liberdade locais. Além disso, ele permite definir rigorosamente o conceito de ordem por quebra de simetria, em termos da existência de bósons sem massa (FRADKIN, 2013).

Além disso, Swieca desenvolveu técnicas para estudar os fenômenos da TQC em situações simplificadas, que ainda capturam as propriedades essenciais da Física, descrevendo, por meio de geometrias bidimensionais, o que se tornaram laboratórios teóricos para o estudo de modelos solúveis em baixas dimensões, como a eletrodinâmica quântica bidimensional (SCHWINGER, 1962; SWIECA, 1976).

[...] outra vertente importante da obra de Swieca consiste no estudo de modelos bidimensionais de TQC que se tornaram laboratórios teóricos extremamente úteis para o estudo de diversos fenômenos descritos pelo Modelo Padrão, tais como o confinamento e a quebra da simetria quiral (MARINO, 2015, p. 6).

4. CONCLUSÃO

Para concluir, Jorge André Swieca teve um papel importante para a Física Teórica no Brasil e no mundo. Ele foi um dos primeiros a provar o Teorema de Goldstone, propôs o Teorema de

Swieca e investigou os modelos bidimensionais de TQC, que forneceram ferramentas eficazes para analisar fenômenos relevantes ao modelo-padrão das partículas elementares. Swieca foi um cientista brilhante, criativo e original, que deixou um legado importante para a Física brasileira. Ele formou vários alunos e colaboradores, que continuaram sua linha de pesquisa e difundiram seus ensinamentos. Ele também foi um defensor da Ciência como um bem público e um direito humano, que deve ser acessível a todos e todas. Ele lutou contra a ditadura militar e pela democratização do país, sendo perseguido e exilado por suas ideias. Ele é um exemplo de integridade, coragem e compromisso com a verdade e a justiça.

REFERÊNCIAS

FRADKIN, Eduardo. **Field theories of condensed matter physics**. [S. l.]: Cambridge University Press, 2013.

GOLDSTONE, Jeffrey; SALAM, Abdus; WEINBERG, Steven. Broken symmetries. **Physical Review**, v. 127, n. 3, p. 965, 1962.

GOMES, D. et al. **Introdução às teorias de campo: desenvolvimento histórico e aplicações**. [S. l.]: Instituto de Física - Universidade de São Paulo, s/d. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2230487>. Acesso em: 21 jul. 2023.

KASTLER, Daniel; ROBINSON, Derek W.; SWIECA, André. Conserved currents and associated symmetries; Goldstone's theorem. **Communications in Mathematical Physics**, v. 2, n. 1, p. 108-120, 1966.

ROCHA, José. O conceito de “campo” em sala de aula - uma abordagem histórico-conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1604, 2009.

MARINO, Eduardo C. Jorge André Swieca: Uma figura ímpar na física brasileira. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 3602-1-3602-6, 2015.

SANTANA, Walker Antonio Lins de. **Teoria quântica de campos pelas trilhas da eletrodinâmica quântica no Brasil, 1948-1980: as contribuições dos físicos J. Leite Lopes, T. Maris e J.A Swieca**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, UFBA, 2019.

SCHWINGER, J. Gauge invariance and mass. II. **Physical Review**, v. 128, n. 5, p. 2425-2429, 1962.

SWIECA, J. A. Charge screening and mass spectrum in quantum electrodynamics. **Physical Review**, v. 162, n. 5, p. 1439-1444, 1967.

SWIECA, J. A. Goldstone's theorem and related topics. **CERN Report No. TH-410**, 1965.

SWIECA, J. A. Solitons and Bose fields in two-dimensional models. **Nuclear Physics B**, v. 121, n. 3, p. 509-522, 1976.

WRESZINSKI, Walter F. J.A Swieca faria 80 anos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, p. e3601, 2016.

EFEITO FARADAY: DA ATIVIDADE ÓPTICA NATURAL À TEORIA DO ELÉTRON

Marcelo Costa de Lima
Bruno Cesar da Silva Matos

Palavras-chave: Birrefringência circular. Atividade óptica magnética. Elétron.

1. INTRODUÇÃO

A descoberta da atividade óptica induzida magneticamente, em 1845, por Michael Faraday (1791-1867), foi ponto de partida da transição da óptica fundamentada na dinâmica do éter tipo sólido elástico, a Teoria Elástica da Luz, para a óptica fundamentada na dinâmica do campo eletromagnético, a Teoria Eletromagnética da Luz (FARADAY, 1846). Buscamos ilustrar, nesse trabalho, como a descoberta seminal do Efeito Faraday se inseriu no debate teórico pré-existente sobre a Teoria Elástica da Luz, serviu de trampolim para a Teoria Eletromagnética da Luz, terminando por contribuir para a compreensão da separação entre o que é material (átomo) e não material (campo) na consolidação do moderno atomismo, através da então chamada Teoria do Elétron. O que apresentamos aqui é uma versão sintética do trabalho de Matos e Lima (2022).

2. METODOLOGIA

Realizamos pesquisas bibliográficas, em fontes primárias e secundárias, e pesquisas historiográficas.

3. RESULTADOS

No período anterior ao da descoberta da **atividade óptica induzida magneticamente**, entre 1818 e 1822, Jean-Baptiste Biot (1774-1862), defensor da Teoria Emissionista da Luz, caracterizou a **atividade óptica natural** sobre o eixo óptico de cristais de quartzo, como resultado da rotação do plano de polarização da luz. Augustin Jean Fresnel (1788-1827) incorporou a noção de polarização ao escopo da Teoria Ondulatória da Luz, quando pôde caracterizar a **atividade óptica** como um novo tipo de birrefringência: a **birrefringência circular** (FRESNEL, 1866, 1868). A descrição teórica da **atividade óptica natural** do quartzo foi desenvolvida por James MacCullagh (1809-1847), na qual a luz é pensada como onda de deformação elástica, de natureza cisalhante, no éter (MACCULLAGH, 1837). De sua análise, resultou uma equação de onda modificada:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial z^2} = C \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial z^3} \quad (1)$$

Na equação, C o parâmetro característico do quartzo responsável pela atividade óptica ($C = 0$ implica a equação de onda usual no meio transparente, sem atividade óptica). Com a descoberta

do Efeito Faraday, houve o primeiro caso de **atividade óptica induzida magneticamente**. George Biddell Airy (1801-1892), por sua vez, explorou similaridades e diferenças entre as atividades óptica natural e magneticamente induzida (AIRY, 1846), para propor uma equação de onda da luz, sob ação da rotação magnética. Tomando o trabalho de MacCullagh como inspiração, Airy propôs possíveis equações de onda modificadas para a luz, pensada como deformação elástica:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial z^2} = C_m \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial t^3} \quad (2.1)$$

Ou:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{e}}{\partial z^2} = C_m \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial z^2 \partial t} \quad (2.2)$$

Airy sugeriu que o tipo de dispersão envolvida seria dado pela fórmula que segue:

$$\frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial t^3} \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial z^2 \partial t} \quad (3)$$

O autor definiu que este fenômeno deveria ser determinado pela experiência. Ele se aplica ao parâmetro C_m , que dependeria da capacidade magnética indutora da **atividade óptica**, raciocínio análogo ao do parâmetro C introduzido por MacCullagh na **atividade óptica natural**.

O Efeito Faraday foi a primeira evidência experimental de um elo entre luz e magnetismo. Diferentemente da atividade óptica natural, Faraday mostrou que a rotação do plano de polarização da luz, induzido magneticamente, depende do sentido de aplicação do campo magnético. Em um percurso de ida e volta, o raio luminoso tem sua rotação desfeita na atividade óptica natural, enquanto, na atividade óptica magneticamente induzida, a rotação é duplicada.

Quando James Clerk Maxwell (1831-1879) formulou sua Teoria Eletromagnética da Luz, em 1865 — hoje, consagrada —, teve também a pretensão de oferecer a explicação do Efeito Faraday a partir dela, sem alcançar êxito neste ponto específico (MATOS; LIMA, 2022; MAXWELL, 1873, 1965). Faltou-lhe a compreensão sobre a natureza eletromagnética da própria matéria, em que o Efeito Faraday se desenrola. Ainda assim, mesmo considerando que o “mecanismo” permanecia oculto a sua compreensão, Maxwell favoreceu o tipo de dispersão dado pelo termo:

$$\frac{\partial^3 \vec{e}}{\partial z^2 \partial t} \quad (4)$$

Isso se deveu a sua visão de que o magnetismo representava algum tipo de turbilhão etéreo, em que $\partial \vec{e} / \partial t$ representa a velocidade de oscilação da onda luminosa e $\nabla \times (\partial \vec{e} / \partial t)$, o turbilhão a ela associado. Assim, o teórico sempre concebeu que a dispersão rotatória fosse simultaneamente espacial e temporal.

Descobertas subsequentes, como o efeito magneto-óptico, de Kerr, e o efeito Hall, tornaram mais urgente a necessidade de entendimento da separação entre o que provém do éter (“do campo”) e dos constituintes da matéria. A culminância desta depuração se deu na década de

1890, com a Teoria Iônica da Matéria (MATOS; LIMA, 2022; WHITTAKER, 1951), quando a própria matéria pôde ser pensada como constituída de “átomos de eletricidade”. Só então o Efeito Faraday pôde ser entendido, a partir da Teoria Eletromagnética da Luz, de Maxwell, e da Teoria Iônica da Matéria, conjuntamente.

A primeira tentativa de oferecer um mecanismo eletromagnético para justificar o Efeito Faraday se deveu a Henry Augustus Rowland (1848-1901), então orientador de Edwin Herbert Hall (1855-1938), quando o último descobriu o efeito que hoje leva seu nome, em 1879. O efeito Hall consiste da rotação da corrente elétrica de condução, $\vec{J}$, no condutor, por ação do campo magnético $\vec{B}$. Conforme descoberto por Hall, isso dá origem à força eletromotriz, dada pela relação:

$$\vec{E} = r_h \vec{B} \times \vec{J} \quad (5)$$

Nessa equação, r_h é a constante Hall do material. Engenhosamente, Rowland percebeu que, se o efeito Hall ocorresse em dielétricos, em que a corrente associada é a chamada **de deslocamento**, $\varepsilon \partial \vec{E} / \partial t$, teríamos, analogamente à Equação 5, a seguinte relação:

$$\vec{E} = r_h \varepsilon \vec{B} \times \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (6)$$

A conjectura da ocorrência da Equação 6 é suficiente para modificar a equação da onda eletromagnética na teoria de Maxwell, conforme mostrado por Rowland, o que resulta na equação de onda eletromagnética que segue, relativamente ao campo elétrico:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = -r_h \varepsilon B \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{E}}{\partial z^2 \partial t} \quad (7)$$

Tal equação reproduz de fato a rotação magneticamente induzida de Faraday, que levou Rowland a um entusiasmo precoce. No entanto, medidas da constante Hall r_h revelaram não ter relação com a atividade óptica induzida magneticamente no mesmo material, tornando o mecanismo de Rowland infundado.

A partir da década de 1890, ocorreu a gradual adesão à óptica eletromagnética, em detrimento da óptica baseada na Teoria Elástica da Luz. Tal mudança de mentalidade se deu, a partir das descobertas de Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894). No período 1886-1888, Hertz produziu ondas eletromagnéticas em laboratório, demonstrando que tais distúrbios se comportavam tal e qual a luz. Tratava-se das, hoje, chamadas “ondas de rádio”, forma de radiação totalmente desconhecida, à época, mas do tipo de radiação predita por Maxwell em suas equações eletromagnéticas (HERTZ, 1962). Abriu-se, então, o campo da óptica das “**ondas hertzianas**”, bem como se ampliaram os horizontes e o apelo da Teoria Eletromagnética da Luz. O **irradiador** de Hertz — na prática, a primeira antena — consistiu basicamente em um dipolo elétrico oscilante, o que levou à sugestão da presença de pequenos “irradiadores de Hertz” no íntimo da matéria, responsáveis pela emissão de luz, por parte desta, e pela dispersão da luz que a atravessava. Para uma nova geração de físicos, a Teoria Eletromagnética da Luz ganhou apelo superior ao da Teoria Elástica da Luz, com economia de elementos e disponibilidade de técnicas experimentais para medi-los.

Herman von Helmholtz (1821-1894), ex-mentor de Hertz, foi o primeiro responsável pela tradução da antiga Teoria da Dispersão da Luz, concebida no contexto da Teoria Elástica da Luz, para a versão eletromagnética, em 1893 (HELMHOLTZ, 1893). A ideia básica era de que os íons presentes no íntimo da estrutura da matéria atuavam como “dipolos de Hertz”, induzidos e indutores de ondas eletromagnéticas secundárias. Na forma final da Teoria do Elétron, tal irradiador será simplesmente o elétron ligado ao seu sítio, que, uma vez perturbado pela onda que atravessa o meio, torna-se ele próprio um irradiador de ondas secundárias, formando o dipolo de Hertz e contribuindo para a dinâmica da onda como um todo.

Estabelecidas as bases de uma teoria da dispersão eletromagnética, coube a Paul Drude (1863-1906) conceber dois mecanismos capazes de produzir os acoplamentos efetivos entre a dinâmica da luz, agora entendida como um distúrbio do campo eletromagnético, $\vec{E}$, e a dinâmica dos íons constituintes da matéria (DRUDE, 1959). No primeiro mecanismo, o qual chamou **Hipótese Hall**, a dinâmica da luz modificada pela ação dos íons é dada pela equação:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = -v_h \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{E}}{\partial t^3} \quad (8)$$

No segundo, chamado **Hipótese dos Circuitos Moleculares**, a dinâmica é dada por:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = -v_m \hat{z} \times \frac{\partial^3 \vec{E}}{\partial z^2 \partial t} \quad (9)$$

Em Drude (1959), o tipo de dispersão associada se distinguiu pelo modo como os íons da matéria perturbavam a dinâmica da onda eletromagnética. Nas equações 8 e 9, os parâmetros v_h e v_m desempenhavam o papel do parâmetro C_m de Airy, nas equações 2.1 e 2.2. Em Drude (1959), porém, v_h e v_m são definidos, a partir de propriedades essenciais dos íons, como massa, frequência natural de oscilação no átomo, amortecimento e momento magnético intrínseco (no caso dos “circuitos moleculares”). A distinção essencial entre eles era de que v_h dependia do campo de indução magnética $\vec{B}$, indutor da atividade óptica do meio, enquanto v_m dependia dos momentos magnéticos intrínsecos dos íons e, portanto, da magnetização $\vec{M}$ induzida no meio como um todo.

Após a descoberta do elétron, em 1897, seguiu-se a gradual compreensão deste como íon fundamental de eletricidade e constituinte básico e universal da matéria. Isso sedimentou a **Hipótese Hall** (v_h), de Drude, como descrição do Efeito Faraday no nível mais fundamental, sendo os íons de Drude idênticos e identificados com elétrons. O mesmo resultado foi obtido independentemente, a partir da **Teoria do Elétron**, de Hendrik A. Lorentz (1853-1928) (LORENTZ, 1909). Eis o mecanismo que sobreviveu e chegou aos nossos dias, e aos nossos livros didáticos, como a “descrição clássica” do Efeito Faraday. A **Hipótese dos Circuitos Moleculares** (v_m), por sua vez, definiu, mostrando-se incapaz de reproduzir os fatos observados na atividade óptica magneticamente induzida de sistemas fortemente dependentes da magnetização.

4. CONCLUSÃO

Acompanhar o desenrolar do debate científico na busca por entendimento e descrição do Efeito Faraday, historicamente contextualizado, fornece uma ilustração significativa do processo

de desconstrução do mecanicismo na Física, ocorrido no transcorrer do século XIX, com a ascensão do conceito do **campo eletromagnético**, e da luz como comportamento dinâmico dele, bem como de parte das razões que levaram à promoção da primeira teoria microscópica e atomística (no sentido grego) da matéria: a **Teoria do Elétron**.

A análise do episódio também revela duas ironias curiosas. A **Hipótese dos Circuitos Moleculares**, de Drude, falhou em descrever a atividade óptica dos meios fortemente dependentes da magnetização. Anacronicamente, isso sugere descartar a hipótese de que o elétron possua momento magnético intrínseco. No entanto, com o advento da Física Quântica, no século XX, voltou-se a admitir a hipótese do momento magnético intrínseco do elétron, ao qual se associa o número quântico de *spin*, que, como que por ironia, associa-se intimamente à capacidade de certos materiais em sustentar uma forte e permanente magnetização. A segunda ironia é de que, embora o tipo de dispersão favorecida por diversos autores do período fosse simultaneamente espacial e temporal, a qual parecia mais natural, à luz das hipóteses físicas concebidas, foi a dispersão puramente temporal que se revelou a mais fundamental à descrição do Efeito Faraday.

REFERÊNCIAS

AIRY, G. B. **Philosophical Magazine**, v. 28, n. 469, 1846.

DRUDE, P. **The Theory of optics**. New York: Dover Publ. Inc., 1959.

FARADAY, M. **Philosophical Transactions of Royal Society**, v. 136, n. 1, 1846.

FRESNEL, A. J. **Oeuvres Complètes**. Vol. 1. [S. l.]: MM. Henri de Senarmont, Emile Verdet e Léonor Fresnel, 1866.

FRESNEL, A. J. **Oeuvres Complètes**, Vol. 2. [S. l.]: MM. Henri de Senarmont, Emile Verdet e Léonor Fresnel, 1868.

HELMHOLTZ, H. **Annalen der Physik**, v. 284, n. 389, 1893.

HERTZ, H. **Electric Waves**. New York: Dover Publ. Inc., 1962.

LORENTZ, H. A. **The Theory of electrons**. London: MacMillan & Co., 1909.

MACCULLAGH, J. **Philosophical Magazine**, v. X, n. 42, 1837.

MATOS, B. C.; LIMA, M. C. Efeito Faraday: entre a atividade óptica natural e a teoria dos elétrons. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 44, e20210395, 2022.

MAXWELL, J. C. **A treatise on electricity and Magnetism**. Oxford: Clarendon Press, 1873.

MAXWELL, J. C. **The Scientific Papers of J. C. Maxwell**. New York: Dover Publ. Inc., 1965.

WHITTAKER, E. T. **A history of the theories of Aether and Electricity: the classical theories**. London: Thomas Nelson and Sons Ltd., 1951.

UMA PESQUISA DE ESTADO DA ARTE SOBRE PUBLICAÇÕES NOS ANAIS DO SNEA, QUE TRATAM DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

João Vítor Silva Ferreira
Bruno de Lucas Guimarães de Aguiar

Palavras-chave: Ensino de Astronomia. Estado da arte. Concepções alternativas.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o ensino de Ciências da natureza enfrenta diversos desafios a sua promoção, dos quais se destacam reduzida carga horária, pouca instrumentação e equipamentos para realização de atividades experimentais no ambiente escolar, desmotivação dos educandos, entre outros. As ciências naturais compreendem um conjunto de conhecimentos a respeito de grandes áreas da natureza, tais quais Astronomia, Biologia, Física e Química, no entanto apenas três possuem uma grade curricular específica na educação básica brasileira: a Biologia, a Física e a Química. A área de Astronomia acaba tendo alguns de seus conceitos principais trabalhados e construídos em aulas de Física, principalmente.

A elaboração do currículo de ciências, em conformidade com a BNCC, é dividida em três unidades temáticas, que se repetem em todo o ensino fundamental: matéria e energia; vida e evolução; e Terra e Universo. Segundo o documento, os conhecimentos de Astronomia estão previstos na unidade temática Terra e Universo, em que os educandos devem compreender as características da Terra, do Sol, da Lua e dos outros corpos celestes (BRASIL, 2018).

Como mencionado, os conhecimentos de Astronomia são, em sua maioria, construídos e trabalhados pelo professor de Física. Além disso, os discentes discutem alguns conceitos básicos de Astronomia em Geografia, entretanto de maneira superficial, mais voltados ao posicionamento geográfico no globo terrestre. Isso exposto, é natural e compreensível que os estudantes criem concepções sobre conceitos de Astronomia não condizentes com o conhecimento científico. Teodoro (2000) elenca alguns dos nomes mais utilizados para se referir a estas concepções: “conceitos intuitivos”; “concepções espontâneas”; “ideias ingênuas”; “concepções prévias”; “pré-conceitos”; “ideias de senso comum”; e “concepções alternativas”. Nesse trabalho, vamos adotar a última nomenclatura.

A astronomia está em destaque nas últimas décadas, em especial nos anos mais recentes, com o desenvolvimento de foguetes capazes de retornar ao planeta — algo inimaginável em um passado próximo. Portanto, é esperado que a sociedade tenha mais interesse pelo assunto. Porém, com o grande fluxo de informações e divulgações na área, é comum surgirem concepções alternativas sobre conceitos astronômicos. Objetivando elaborar um panorama geral sobre trabalhos destinados a pesquisas sobre o tema, no presente trabalho, far-se-á um levantamento do estado da arte sobre trabalhos acadêmicos publicados no Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA), com ênfase naqueles que discutem concepções alternativas no ensino de Astronomia.

2. METODOLOGIA

Esse é um trabalho descritivo e analítico, baseado no levantamento de estado da arte, em que foi feita uma varredura bibliográfica nos anais do Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA), com a finalidade de contabilizar a frequência de publicações que tratam sobre concepções alternativas no ensino de Astronomia no Brasil.

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, os autores entenderam que a modalidade de pesquisa estado da arte era a mais adequada. Segundo Ferreira (2002), os trabalhos em estado da arte têm, como desafio, mapear e discutir sobre determinado tema acadêmico em diferentes campos do conhecimento.

A coleção escolhida para realizar a pesquisa foi a dos anais do SNEA, que, de acordo com Rodrigues e Langhi (2018), teve a sua primeira edição em 2011, na cidade do Rio de Janeiro, e teve apresentações de diversos temas na área de ensino de Astronomia. Idealizado em 2009, o SNEA é um evento nacional promovido pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), que visa debater, discutir e dialogar sobre questões que envolvem o ensino de Astronomia no território brasileiro, desde o nível de educação básica, até a educação superior.

3. RESULTADOS

A expectativa em torno desta pesquisa era de encontrar menos publicações sobre concepções alternativas em ensino de Astronomia, uma vez que o tema é pouco tratado nos espaços de ensino, além dos próprios educadores carregarem consigo concepções errôneas sobre Astronomia, dessa forma compartilhando informações cientificamente inexatas para os seus educandos.

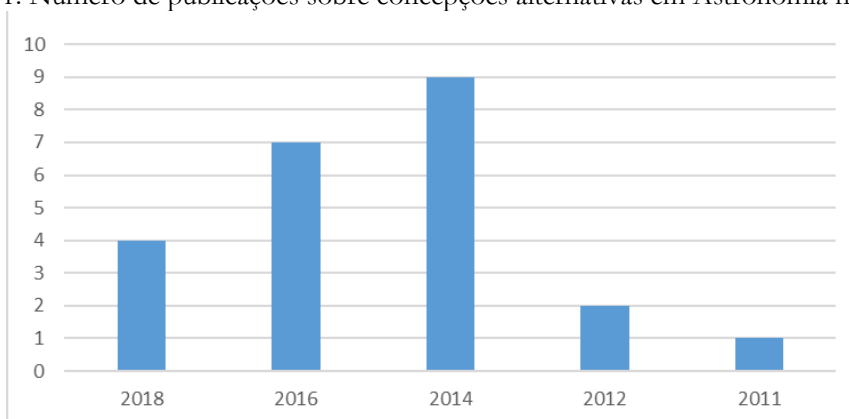
Durante a pesquisa, houve dificuldades em encontrar os endereços eletrônicos de algumas edições do evento, principalmente as últimas, que ocorreram de forma on-line, por conta da pandemia de COVID-19. Por outro lado, nos anos escolhidos, houve relativa facilidade em realizar a pesquisa, pois as páginas estavam organizadas e divididas nas modalidades de apresentação, palestras e mesas redondas.

Tabela 1: Número de trabalhos sobre concepções científicas alternativas no SNEA

Ano	Nº de publicações	Oral	Painel
2018	4	2	2
2016	7	3	4
2014	9	5	4
2012	5	2	3
2011	1	0	1

Fonte: elaboração dos autores (2023).

Figura 1: Número de publicações sobre concepções alternativas em Astronomia no SNEA



Fonte: elaboração dos autores (2023).

De acordo com os dados analisados e apresentados na tabela, o primeiro evento contou apenas com um trabalho voltado ao estudo de concepções alternativas no ensino de Astronomia. A partir deste ano, até 2014, houve um crescente no número de publicações, sendo 2014 o ano com a maior quantitativo de publicações entre os pesquisados.

No ano de 2014, o trabalho em destaque foi *Concepções de estudantes de pedagogia e filosofia da UFRB com relação a temas de astronomia*. Nesse trabalho, os autores identificam concepções prévias sobre temas de Astronomia entre estudantes de graduação de Pedagogia e Filosofia. Centralizando a discussão nos resultados dos estudantes de Pedagogia, os autores concluíram que a formação inicial do pedagogo é falha, quando se trata de assuntos relacionados à Astronomia e ao Universo. Destacamos este trabalho, devido ao fato de que o profissional pedagogo exerce a função de professor nos anos iniciais do ensino fundamental, tendo que lidar com tópicos de Ciências com suas turmas. Logo, enfatiza-se que a formação inicial do professor, quando se trata de Ciências, ainda precisa ser pensada de forma mais ampla e completa, principalmente quanto a questões conceituais de Astronomia.

A segunda edição com maior número de trabalhos sobre temática ocorreu em 2016. Vale discutir que este número alto pode ter sido reflexo de um dos maiores eventos científicos da última década: a detecção das ondas gravitacionais, ocorrido em 2016. Nessa edição, um trabalho de destaque, intitulado *Concepções sobre o Sol: uma proposta de categorização*, apresentou concepções alternativas de estudantes dos ensinos médio e superior, em relação ao Sol. As turmas de nível superior eram de calouros dos cursos de Física e Matemática. É interessante destacar que, embora se tratasse de públicos de níveis diferentes de escolaridade, ambos apresentaram concepções alternativas, referentes à estrela mais próxima da Terra. Portanto, reforça-se a necessidade de proporcionar um currículo mais completo, em relação a tópicos conceituais de Astronomia.

4. CONCLUSÃO

Por fim, após atingir o objetivo esperado, ou seja, fazer um panorama geral de publicações sobre concepções alternativas no ensino de Astronomia nos eventos do SNEA, frisa-se que foi encontrado um número razoável de publicações, dentro do intervalo de cinco edições do encontro, quantitativo que mostrou que esta linha de pesquisa teve um relevante crescimento nos últimos anos, o que desperta a perspectiva de futuros trabalhos, que poderão dar sequência a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB))**. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: [MEC], 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC-SEF, 1998.

FERREIRA, Norma. As pesquisas denominadas “Estado da arte”. **Educação & sociedade**, v. 23, p. 257-272, 2002.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, 2000.

LEITE, C. **Os professores de ciências e suas formas de pensar a Astronomia**. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, USP, 2002.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A história das ciências e seus usos na Educação**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

PENITENTE, Luciana; CASTRO, Rosane. A História e Filosofia da Ciência: Contribuições para o Ensino de Ciências e para a formação de professores. **Pesquiseduca**, v. 2, p. 231-244, 2010.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas-problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

RODRIGUES, Fábio; LANGHI, Rodolfo. As produções científicas nos simpósios nacionais de educação em astronomia: Afinal, sobre o que estamos publicando? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA (SNEA), Londrina, 2018. **Anais...** Londrina, 2018.

SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA. **Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. 2011. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/eventos/snea/>. Acesso em 10 set. 2023.

TEODORO, S. R. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2000.

