

**ORGANIZADORES**

Wellington Pereira de Queirós

Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Airton José Vinholi Júnior

Clair de Luma Capiberibe Nunes

**PERSPECTIVAS  
DE CONSTRUÇÃO  
DO CONHECIMENTO  
NO ENSINO  
DE CIÊNCIAS**

**ORGANIZADORES**

Wellington Pereira de Queirós

Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Airton José Vinholi Júnior

Clair de Luma Capiberibe Nunes

# PERSPECTIVAS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

| São Paulo | 2 0 2 3 |



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P467

Perspectivas de construção do conhecimento no ensino de ciências /Organizadores Wellington Pereira de Queirós, Nádia Cristina Guimarães Errobidart, Airton José Vinholi Júnior, et al. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2023.

Outra organizadora: Clair de Luma Capiberibe Nunes

Livro em PDF

ISBN 978-65-5939-623-8

DOI 10.31560/pimentacultural/2023.96238

1. Ciências - Estudo e ensino. 2. Educação. 3. Tecnologia.  
I. Queirós, Wellington Pereira de (Organizador). II. Errobidart, Nádia Cristina Guimarães (Organizador). III. Vinholi Júnior, Airton José (Organizador). IV. Título.

CDD 507

Índice para catálogo sistemático:

I. Ciências - Estudo e ensino  
Janaina Ramos – Bibliotecária – CRB-8/9166

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2023 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2023 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons: Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - (CC BY-NC-ND 4.0). Os termos desta licença estão disponíveis em: <<https://creativecommons.org/licenses/>>. Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural. O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

---

Direção editorial	Patricia Biegging Raul Inácio Busarello
Editora executiva	Patricia Biegging
Coordenadora editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Edição eletrônica	Peter Valmorbidia Potira Manoela de Moraes
Bibliotecária	Jéssica Castro Alves de Oliveira
Imagens da capa	Pikisuperstar, Rawpixel.com, Freepik - Freepik
Tipografias	Swiss 721, Geometos, FranklinGothic URW
Revisão	Wellington Pereira de Queirós
Organizadores	Wellington Pereira de Queirós Nádia Cristina Guimarães Errobidart Airtton José Vinholi Júnior Clair de Luma Capiberibe Nunes

---

**PIMENTA CULTURAL**

São Paulo · SP

Telefone: +55 (11) 96766 2200

[livro@pimentacultural.com](mailto:livro@pimentacultural.com)

[www.pimentacultural.com](http://www.pimentacultural.com)



2 0 2 3

## CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

### Doutores e Doutoradas

Adilson Cristiano Habowski  
*Universidade La Salle, Brasil*

Adriana Flávia Neu  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Adriana Regina Vettorazzi Schmitt  
*Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil*

Aguimario Pimentel Silva  
*Instituto Federal de Alagoas, Brasil*

Alaim Passos Bispo  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*

Alaim Souza Neto  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Alessandra Knoll  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Alessandra Regina Müller Germani  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Aline Corso  
*Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil*

Aline Wendpap Nunes de Siqueira  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*

Ana Rosangela Colares Lavand  
*Universidade Federal do Pará, Brasil*

André Gobbo  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Andressa Wiebusch  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Andreza Regina Lopes da Silva  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Angela Maria Farah  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Anísio Batista Pereira  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*

Antonio Edson Alves da Silva  
*Universidade Estadual do Ceará, Brasil*

Antonio Henrique Coutelo de Moraes  
*Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil*

Arthur Vianna Ferreira  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Ary Albuquerque Cavalcanti Junior  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*

Asterlindo Bandeira de Oliveira Júnior  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Bárbara Amaral da Silva  
*Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*

Bernadette Beber  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos  
*Universidade do Vale do Itajaí, Brasil*

Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Caio Cesar Portella Santos  
*Instituto Municipal de Ensino Superior de São Manuel, Brasil*

Carla Wanessa do Amaral Caffagni  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Carlos Adriano Martins  
*Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil*

Carlos Jordan Lapa Alves  
*Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil*

Caroline Chioquetta Lorenset  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Cássio Michel dos Santos Camargo  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Faced, Brasil*

Christiano Martino Otero Avila  
*Universidade Federal de Pelotas, Brasil*

Cláudia Samuel Kessler  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Cristiana Barcelos da Silva.  
*Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil*

Cristiane Silva Fontes  
*Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*

Daniela Susana Segre Guertzenstein  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Daniele Cristine Rodrigues  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Dayse Centurion da Silva  
*Universidade Anhanguera, Brasil*

Dayse Sampaio Lopes Borges  
*Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil*

Diego Pizarro  
*Instituto Federal de Brasília, Brasil*

Dorama de Miranda Carvalho  
*Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil*

Edson da Silva  
*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil*

Elena Maria Mallmann  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Eleonora das Neves Simões  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Eliane Silva Souza  
*Universidade do Estado da Bahia, Brasil*

Elvira Rodrigues de Santana  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Éverly Pegoraro  
*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*

Fábio Santos de Andrade  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*

Fabrcia Lopes Pinheiro  
*Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Felipe Henrique Monteiro Oliveira  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Fernando Vieira da Cruz  
*Universidade Estadual de Campinas, Brasil*

Gabriella Eldereti Machado  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Germano Ehlert Pollnow  
*Universidade Federal de Pelotas, Brasil*

Geymeesson Brito da Silva  
*Universidade Federal de Pernambuco, Brasil*

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Handherson Leylton Costa Damasceno  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Hebert Elias Lobo Sosa  
*Universidad de Los Andes, Venezuela*

Helciclever Barros da Silva Sales  
*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais  
Anísio Teixeira, Brasil*

Helena Azevedo Paulo de Almeida  
*Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*

Hendy Barbosa Santos  
*Faculdade de Artes do Paraná, Brasil*

Humberto Costa  
*Universidade Federal do Paraná, Brasil*

Igor Alexandre Barcelos Graciano Borges  
*Universidade de Brasília, Brasil*

Inara Antunes Vieira Willerding  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Ivan Farias Barreto  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*

Jaziel Vasconcelos Dorneles  
*Universidade de Coimbra, Portugal*

Jean Carlos Gonçalves  
*Universidade Federal do Paraná, Brasil*

Jocimara Rodrigues de Sousa  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Joelson Alves Onofre  
*Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil*

Jônata Ferreira de Moura  
*Universidade São Francisco, Brasil*

Jorge Eschriqui Vieira Pinto  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*

Juliana de Oliveira Vicentini  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Julierme Sebastião Morais Souza  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*

Junior César Ferreira de Castro  
*Universidade de Brasília, Brasil*

Katia Bruginski Mulik  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Laionel Vieira da Silva  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Leonardo Pinheiro Mozdzenski  
*Universidade Federal de Pernambuco, Brasil*

Lucila Romano Tragtenberg  
*Pontificia Universidade Católica de São Paulo, Brasil*

Lucimara Rett  
*Universidade Metodista de São Paulo, Brasil*

Manoel Augusto Polastreli Barbosa  
*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil*

Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil*

Marcio Bernardino Sirino  
*Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Marcos Pereira dos Santos  
*Universidad Internacional Iberoamericana del Mexico, México*

Marcos Uzel Pereira da Silva  
*Universidade Federal da Bahia, Brasil*

Maria Aparecida da Silva Santandel  
*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Maria Cristina Giorgi  
*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow  
da Fonseca, Brasil*

Maria Edith Maroca de Avelar  
*Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*

Marina Bezerra da Silva  
*Instituto Federal do Piauí, Brasil*

Michele Marcelo Silva Bortolai  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Mônica Tavares Orsini  
*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*

Nara Oliveira Salles  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Neli Maria Mengalli  
*Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil*

Patrícia Bieging  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Patricia Flavia Mota  
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*

Raul Inácio Busarello  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Roberta Rodrigues Ponciano  
*Universidade Federal de Uberlândia, Brasil*

Robson Teles Gomes  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Rodiney Marcelo Braga dos Santos  
*Universidade Federal de Roraima, Brasil*

Rodrigo Amancio de Assis  
*Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil*

Rodrigo Sarruge Molina  
*Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil*

Rogério Rauber  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Rosane de Fatima Antunes Obregon  
*Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Samuel André Pompeo  
*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil*

Sebastião Silva Soares  
*Universidade Federal do Tocantins, Brasil*

Silmar José Spinardi Franchi  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Simone Alves de Carvalho  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Simoni Urnau Bonfiglio  
*Universidade Federal da Paraíba, Brasil*

Stela Maris Vaucher Farias  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*

Tadeu João Ribeiro Baptista  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil*

Taiza da Silva Gama  
*Universidade de São Paulo, Brasil*

Tania Micheline Miorando  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Tarcísio Vanzin  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Tascieli Feltrin  
*Universidade Federal de Santa Maria, Brasil*

Tayson Ribeiro Teles  
*Universidade Federal do Acre, Brasil*

Thiago Barbosa Soares  
*Universidade Federal de São Carlos, Brasil*

Thiago Camargo Iwamoto  
*Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil*

Thiago Medeiros Barros  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil*

Tiago Mendes de Oliveira  
*Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil*

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues  
*Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil*

Vania Ribas Ulbricht  
*Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil*

Wellington Furtado Ramos  
*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Wellton da Silva de Fatima  
*Instituto Federal de Alagoas, Brasil*

Yan Masetto Nicolai  
*Universidade Federal de São Carlos, Brasil*

## PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

### Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alessandra Figueiró Thornton <i>Universidade Luterana do Brasil, Brasil</i>	Jacqueline de Castro Rimá <i>Universidade Federal da Paraíba, Brasil</i>
Alexandre João Appio <i>Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil</i>	Lucimar Romeu Fernandes <i>Instituto Politécnico de Bragança, Brasil</i>
Bianka de Abreu Severo <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i>	Marcos de Souza Machado <i>Universidade Federal da Bahia, Brasil</i>
Carlos Eduardo Damian Leite <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i>	Michele de Oliveira Sampaio <i>Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil</i>
Catarina Prestes de Carvalho <i>Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil</i>	Pedro Augusto Paula do Carmo <i>Universidade Paulista, Brasil</i>
Elisiane Borges Leal <i>Universidade Federal do Piauí, Brasil</i>	Samara Castro da Silva <i>Universidade de Caxias do Sul, Brasil</i>
Elizabeth de Paula Pacheco <i>Universidade Federal de Uberlândia, Brasil</i>	Thais Karina Souza do Nascimento <i>Instituto de Ciências das Artes, Brasil</i>
Elton Simomukay <i>Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil</i>	Viviane Gil da Silva Oliveira <i>Universidade Federal do Amazonas, Brasil</i>
Francisco Geová Goveia Silva Júnior <i>Universidade Potiguar, Brasil</i>	Weyber Rodrigues de Souza <i>Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil</i>
Indiamaris Pereira <i>Universidade do Vale do Itajaí, Brasil</i>	William Roslindo Paranhos <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i>

## PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.





# SUMÁRIO

**Apresentação..... 11**

*Nyuara Mesquita*

**A Renovação dos estudos  
de caso na educação em ciências:**

uma tradução comentada ..... 16

**Autores**

*Arthur Stinner*

*Barbara A. Mcmillan*

*Don Metz*

*Jana M. Jilek*

*Stephen Klassen*

**Tradução e Comentários**

*Clair de Luma Capiberibe Nunes*

*Wellington Pereira de Queiros*

*Adriana Bortoletto*

**Ciência e tecnologia**

**e o desafio do cuidado de si..... 79**

*Marta Nunes da Costa*

**A Crítica da ciência**

**e da tecnologia em Herbert Marcuse:**

primeiros esboços..... 108

*Geilson Rodrigues da Silva*

*Marcelo Carbone Carneiro*



**Moisés Santiago Bertoni:**

um sábio europeu na fronteira Paraguai–Brasil..... 123

*Luiz Eugênio de Arruda*

*João José Caluzi*

**A concepção epistemológica  
de ciência nos projetos pedagógicos  
de cursos de licenciatura em química do IFMT:**

reflexos na formação de professores..... 145

*Anderson Plattini do Nascimento Eickhoff*

*Carla Busato Zandavalli*

*Maria Inês de Affonseca Jardim*

**Ensino de ciências por meio  
de metodologias ativas:**

uma revisão de literatura ..... 171

*Nudson Souza Santos*

*Daniele Correia*

**O ensino de ciências nos anos iniciais  
baseado na teoria da objetivação:**

possibilidades de utilização  
do Artefato Digital *Scratch* ..... 201

*Marcos de Oliveira Monteiro*

*Shirley Takeco Gobara*

**A mobilização de funções  
psicológicas superiores em sequência  
didática com atividades investigativas  
sobre o ciclo da água..... 225**

*Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos*

*Fernanda Zandonadi Ramos*

*Vera de Mattos Machado*

**A tábua da ciência:**

um modelo de seqüência didática  
em sala de aula invertida para o ensino  
de ciências da natureza ..... **255**

*Thomáz da Silva Guerreiro Botelho*

*Maria Inês de Affonseca Jardim*

*Amanda de Mattos Pereira Mano*

**Sobre os autores e autoras** ..... **275**

**Índice Remissivo** ..... **281**



# APRESENTAÇÃO

*Nyara Mesquita*

Ao ser convidada para prefaciar esse livro, o título foi o que me motivou ao aceite. Pensar perspectivas para a construção do conhecimento científico em contextos de ensino de ciências é sempre instigante para professores que formam professores. Nesse sentido, atendi ao chamado e me debrucei sobre os textos que compõem o livro de forma a compreender seus sentidos e os entrelaces com o tema da obra. A tessitura das argumentações relacionadas ao movimento passado, presente e futuro dos processos de construção do conhecimento científico demanda um aprofundamento teórico sobre o contexto epistemológico em suas diversas nuances. Dessa forma, elementos como a natureza do conhecimento científico, abordagens históricas e filosóficas, relações epistêmicas entre ciência e tecnologia, abordagens teóricas e metodológicas dos processos de ensino e investigação, dentre outros temas, podem perpassar toda a discussão sobre construção do conhecimento científico. É isso que se observa no livro em tela.

No capítulo intitulado “A RENOVAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: UMA TRADUÇÃO COMENTADA”, os autores rememoram um texto publicado anteriormente, traduzindo-o e comentando-o de maneira a atualizar os leitores sobre as possibilidades de abordagens contextuais e históricas para o ensino de ciências em diversos níveis educacionais. A partir disso, defende-se que o estudo de casos históricos pode se configurar para a abordagem em sala de aula considerando-se adaptações necessárias aos interesses dos estudantes dos cursos ou disciplinas de ciências. Salaria-se que tais perspectivas de trabalho docente só podem ser realmente efetivadas de forma coerente com professores que tenham compreensão dos temas e abordagens ligadas à História e Filosofia da Ciência.

sumário



Ao trazer o texto “CIÊNCIA E TECNOLOGIA E O DESAFIO DO CUIDADO DE SI”, a autora dá enfoque filosófico às discussões que envolvem o pensar as relações entre o sujeito, a ciência e a tecnologia no contexto contemporâneo. Para isso descreve quem é o sujeito a partir da experiência do cuidado, pois é a partir dessa experiência do exame de si e dos outros, que os indivíduos se tornam sujeitos. O texto prossegue dialogando sobre o questionamento sobre como pensar a relação entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido. Em um terceiro movimento de escrita para a discussão filosófica apresentada, a autora discute sobre a prioridade do conhecimento e o projeto da modernidade a partir de dois exemplos da ficção - a série Biohackers e os livros e série Carbono Alterado, em que retoma questões levantadas por Heidegger no texto “O que é a Técnica?”.

Ainda com enfoque na tecnologia, os autores do capítulo “A CRÍTICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA EM HEBERT MARCUSE: PRIMEIROS ESBOÇOS” sinalizam com profundidade sobre as ideias de Hebert Marcuse, um dos principais filósofos da escola de Frankfurt, que têm contribuído significativamente para as discussões críticas relacionadas à tecnologia. Nesse viés são discutidas questões relevantes para se pensar o uso das tecnologias como a responsabilidade dos cientistas sobre as consequências sociais da ciência e a integração entre ciência e sociedade que culminam na ideia de racionalidade tecnológica. Tais discussões enveredam no caminho do entendimento de que a Ciência e a Tecnologia estão a serviço de uma ideologia dominante e que podem ser utilizadas para modificar padrões de comportamentos das pessoas. Apoiados em Marcuse, os autores fundamentam que o olhar crítico para a ciência e tecnologia tende a ampliar debates importantes no contexto do mundo contemporâneo, do desenvolvimento tecnológico e do conhecimento científico.

Os autores do capítulo “MOISÉS SANTIGO BERTONI: UM SÁBIO EUROPEU NA FRONTEIRA PARAGUAI – BRASIL” trazem um elemento

## sumário



de historicização ao livro ao nos apresentarem o cientista Moisés Santiago Bertoni, um importante nome da ciência da América do Sul. Herdeiro científico de nomes como o filósofo e ativista político russo Piotr Alexeyevch Kropotkin (1842-1921) e o geógrafo francês Eliseé Reclus (1830-1905), Moisés Santiago Bertoni trouxe para territórios argentinos e paraguaios uma visão humanista para o cenário da agricultura sul-americana. Sua maior contribuição deu-se no projeto de reconstrução nacional paraguaio demandado após o término da Guerra da Tríplice Aliança. Trabalhou na “Escola Nacional de Agricultura” de Assunção formando agricultores e fazendo pesquisas. Teve importante contribuição no campo da agricultura, da botânica, no conhecimento dos costumes do povo Guarani sempre articulando saberes científicos ao humanismo que resultou de suas relações acadêmicas dos tempos de Genebra, onde cursou a escola de Agricultura.

A discussão sobre qual visão de ciência perpassa a formação de professores das áreas de ciências, especificamente da química, é abordada no capítulo “A CONCEPÇÃO EPISTEMOLÓGICA DE CIÊNCIA NOS PROJETOS PEDAGÓGICOS DE CURSOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DO IFMT: REFLEXOS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES”. Essa é uma discussão importante considerando-se que professores de ciências atuarão na educação básica a partir de suas visões epistemológicas estruturadas em seus conhecimentos acadêmicos. O viés de experimentação que caracteriza os cursos de formação de professores de química analisados é investigado a partir da discussão epistemológica do currículo e do cenário de três cursos de Licenciatura em Química do IFMT. A pesquisa evidencia lacunas formativas em termos epistemológicos que nos leva a pensar que esse é um debate importante que precisa permear discussões entre formadores de professores de ciências/química.

Uma outra abordagem sobre a construção do conhecimento científico no livro é trazida a partir do texto “ENSINO DE CIÊNCIAS

## sumário



POR MEIO DE METODOLOGIAS ATIVAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA”, pois a discussão sobre o contexto metodológico é inerente ao desenvolvimento e apropriação dos conhecimentos científicos. Nessa perspectiva, por meio de análise documental de artigos publicados em periódicos qualificados no sistema Qualis/capes e de anais do ENPEC, os autores identificam diferentes metodologias ativas utilizadas nas pesquisas publicadas. Dentre as abordagens destacam-se aprendizagem ativa, aprendizagem por problemas, aprendizagem por projetos, estudo de caso, instrução por pares e sala de aula invertida, com delimitação no campo de ensino de ciências para a educação básica. Os autores dialogam sobre a importância de uma maior atenção ao aprofundamento teórico nessas pesquisas, pois o referencial teórico é pouco explicado nos artigos, mas reforçam que o uso de metodologias ativas contribui para evidenciar o protagonismo dos estudantes nos processos de ensino e aprendizagem no campo das ciências.

No capítulo “O ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS BASEADO NA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO: POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO ARTEFATO DIGITAL SCRATCH”, somos convidados a compreender sobre os fundamentos teóricos da Teoria da Objetivação (TO) e de seu uso no contexto de elaboração e avaliação de uma proposta de ensino e aprendizagem utilizando as tecnologias digitais para o ensino e aprendizagem de conceitos de ciências. Ao sinalizarem os caminhos da pesquisa desenvolvida, os autores discutem os processos de objetivação e subjetivação inerentes à TO utilizando como artefato tecnológico-digital o software Scratch por meio da produção de uma animação com enfoque na temática “falta de esgoto sanitário e suas consequências”. A partir da análise de episódios relevantes do movimento da pesquisa, os autores evidenciam a vivência de professores e alunos de um modelo diferente de educação em que se observaram mudanças no comportamento individualista dos alunos a partir do labor conjunto e da ética comunitária nas interações estabelecidas durante o desenvolvimento das ações.

s u m á r i o



No capítulo “A MOBILIZAÇÃO DE FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES EM SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE O CICLO DA ÁGUA”, as autoras dão enfoque à perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano. Retomam conceitos vygotskyanos como instrumentos, signos e funções psicológicas superiores para entrelaçar uma discussão consistente com o uso de atividades pedagógicas de caráter investigativo por meio de uma sequência didática que aborda conceitos sobre o Ciclo da Água com alunos de uma turma do 4º ano do Ensino Fundamental. Por meio de uma argumentação baseada nos dados da pesquisa e nos referenciais teóricos imbricados ao texto, as autoras defendem que o equilíbrio entre a aprendizagem de aspectos conceituais, epistêmicos e sociais do conhecimento científico é importante para que os alunos construam uma visão mais complexa da Ciência. Além disso, destacam que o Ensino por Investigação (EI) propicia aproximações entre a cultura científica e a cultura escolar. Dentre as conclusões da pesquisa encontram-se a mobilização de práticas dos domínios conceituais, epistêmicos e sociais da Ciência, o emprego de termos científicos, trabalho com dados, comunicação de ideias, negociação de explicações, complementação e crítica a concepções de outros colegas.

Após a leitura de textos envolventes que denotam profundidade, responsabilidade e comprometimento com a pesquisa e a formação de professores de ciências, repasso o convite que a mim foi feito e os convido também para lerem os textos presentes nesse livro tocando as palavras e deixando que as palavras também os toquem. O tocar aqui vai além da sensibilidade das mãos, mas passeia pelas ideias, pelos sentimentos, pelos planos de fazer com que o ensino e aprendizagem de ciências seja uma realidade que nos possibilite juntos combater os movimentos anticiência que assolam o país no cenário atual. Boa leitura!

Goiânia, maio de 2022.

s u m á r i o







**AUTORES**

Arthur Stinner

Barbara A. Mcmillan

Don Metz

Jana M. Jilek

Stephen Klassen

**TRADUÇÃO E COMENTÁRIOS**

Clair de Luma Capiberibe Nunes

Wellington Pereira de Queiros

Adriana Bortoletto

**A RENOVACÃO  
DOS ESTUDOS  
DE CASO  
NA EDUCAÇÃO  
EM CIÊNCIAS:**

uma tradução  
comentada

## INTRODUÇÃO

Há três anos, recebemos do Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas do Canadá (SSHRC)<sup>1</sup> o que pode ser considerado um financiamento considerável nos círculos de educação para a realização de dois seminários internacionais promovendo a inclusão da história e filosofia da ciência (HFC) no ensino de ciências. O fato deste financiamento ter sido atribuído com alguma hesitação é atestado pelo comentário feito na carta que o acompanha, colocado no final das observações habituais de felicitações: “O sentimento geral da comissão, no entanto, era de que não há evidências de que a inclusão de a história no ensino de ciências é eficaz no ensino de ciências”. Pode ser relevante mencionar que não houve cientistas ou educadores de ciências entre os membros da comissão de premiação.

A pesquisa mostrou que a incorporação do HFC no ensino de ciências é eficaz em levar os alunos a uma melhor compreensão da natureza da ciência (IRWIN, 2000; SOLOMON *et al.*, 1996; BRUSH, 1989). No entanto, o educador de ciências Lederman (1998) sugere sermos cautelosos ao apontar que nem todos os estudos do efeito da história da ciência na compreensão da natureza da ciência têm resultados positivos<sup>2</sup> (por exemplo, Dickinson *et al.* (1999), mostram pouco impacto). Lederman (1998) aponta que os estudos em que os objetivos da natureza da ciência estavam explícitos<sup>3</sup> no processo de ensino são os que tiveram mais sucesso (JONES, 1969; OGUNNIYI, 1983; OLSTAD, 1969). Existem também estudos de pesquisa que indicam resultados

1 Social Sciences and Humanities Research Council of Canada

2 Lederman reconhece dois tipos de abordagens de HFC no ensino de ciências: *implícitas* e *explícitas*. As primeiras abordam história da ciência, mas sem fazer uma abordagem de forma direta dos aspectos epistemológicos da produção do conhecimento científico. Enquanto as segundas, o emprego da história da ciência é acompanhado por uma discussão direta sobre as concepções epistemológicas na abordagem de temas científicos.

3 Isto é, quando o educador adota uma abordagem *explícita*.

positivos no emprego da história da ciência para encorajar a mudança conceitual do aluno (Seroglou *et al.* 1998; SNEIDER, OHADI 1998; WANDERSEE, 1985). Um estudo de Galili e Hazan é possivelmente o mais notável em demonstrar uma nítida evolução na compreensão do conteúdo dos alunos como resultado da ampla incorporação de modelos históricos no processo de ensino (GALILI, HAZAN, 2000). Embora esses estudos iniciais sejam animadores, eles não são conclusivos, devido ao seu pequeno número e à ausência de reprodução. Allchin *et al.* (1999) descobriram que as atitudes dos alunos em relação a, e a compreensão da ciência tendem a melhorar quando reconstruções históricas são emuladas em laboratórios, em comparação com as técnicas usuais de ensino em sala de aula. Finalmente, a abordagem temática histórica se presta à organização e planejamento de currículos e tem sido usada com sucesso na reforma de cursos e livros didáticos do primeiro ano (HOLBROW *et al.*, 1995).

O comentário feito pela comissão julgadora do SSHRC, é claro, não nos surpreendeu. Mesmo os professores de ciências pensam que, embora a inclusão ocasional de história nas aulas de ciências possa promover uma atitude positiva e acrescer “informações culturais ou interesses humanos” (MONK, OSBORNE, 1997, p. 406), não se espera que melhore a compreensão conceitual dos alunos sobre ciências. Para maioria dos professores de ciências o ensino de ciências é centrado nos produtos científicos acabados apresentados nos livros didáticos<sup>4</sup>. A mudança conceitual é considerada importante, mas preparar os alunos para os exames com base no conteúdo do curricular prevalece sobre todo o resto. Os professores de ciências apontam que os cientistas geralmente acreditam que o conhecimento de HFC é irrelevante para a prática de sua especialização científica<sup>5</sup> (BRUSH, 1974).

4 Além disso, como mostraram Nunes e Queirós (2020a), os livros didáticos podem apresentar uma visão deformada do trabalho científico (cf. Gil-Perez *et al.*, 2001) levando os alunos desenvolverem percepções inadequadas sobre a natureza do conhecimento científico e a história da ciência.

5 Trata-se de uma visão equivocada, a História da Ciência pode também contribuir para a pesquisa “dura” como mostra Martins (1989).

## sumário



Monk e Osborne, referindo-se à distinção de Reichenbach entre os *contextos da descoberta histórica* e da *justificação epistemológica*<sup>6</sup>, resumiram bem a situação:

No primeiro caso, as ideias são provisórias, senão especulativas, e descritas em uma linguagem interpretativa e figurativa, muitas vezes usando novas metáforas. A maioria dos professores de ciências percebem sua tarefa como estando muito preocupada com a transmissão dos produtos do “contexto da justificação epistemológica” - isto é, focando estritamente em “o que sabemos” ao invés de “como sabemos”. ... (MONK, OSBORNE, 1997, p. 406)

Eles continuam argumentando que os professores veem as ciências como um corpo estabelecido de conhecimentos e técnicas que requerem justificativas mínimas. Os professores de física, por exemplo, ao ensinar as leis de Newton, apresentam essas leis como se fossem óbvias e viessem totalmente à mente do grande homem, logo após a maçã cair em sua cabeça<sup>7</sup>. As leis são então ilustradas por experimentos como “verificação da segunda lei do movimento de Newton”<sup>8</sup> (STINNER, 1994b).

- 6 A distinção entre *Contexto da Descoberta* e da *Justificação* vem sendo contestada desde a década de 1970, principalmente com a emergência do *Programa Forte* e da *Etnografia do Trabalho Científico* (Shinn, Ragouet, 2008). Para detalhes sobre a crítica desta distinção ver Chalmers (1994), Maia (2001, 2013), Shinn & Ragouet (2008) e Silva (2009). Para uma introdução sobre estas abordagens ver Chalmers (1994), Shinn & Ragouet (2008), Hayashi, Rigolin & Kerbauy (2014) Massoni & Moreira (2017).
- 7 Sobre estas concepções inadequadas sobre as leis de Newton, ver Martins (2012a), Monteiro & Martins (2015) e Pires, Silva & Forato (2019).
- 8 O conceito de força proposto por Newton foi um objeto de bastante controvérsia na física, principalmente entre os positivistas como Mach (JAMMER, 2011). O físico-matemático francês, Henri Poincaré, realizou uma análise cautelosa sobre as leis de Newton e concluiu que elas não são falsificáveis (Poincaré, 1984). Em particular, sobre a Lei da Inércia, Poincaré (1984, p. 86) declara: “resumindo, essa lei, verificada experimentalmente em alguns casos particulares, pode ser estendida, sem medo, aos casos mais gerais porque sabemos que, nesses casos gerais, a experiência não pode contrariar nem confirmar”. Para uma discussão histórica sobre os conceitos de força ver Jammer (2011). Para uma análise epistemológica da mecânica newtoniana, ver Poincaré (1984, p. 79-112). Em particular, sobre a lei da Inércia ver Martins (2012a), Monteiro & Martins (2015) e Pires, Silva & Forato (2019).

Infelizmente, o contexto da justificação epistêmica<sup>9</sup> é apresentado aos alunos utilizando um aspecto limitado de apenas um dos dois componentes deste contexto, nomeadamente o *metodológico*<sup>10</sup>. O outro componente, o *interpretativo*, quase nunca é mencionado. O componente metodológico “está preocupado com a geração de hipóteses apropriadas para teste, a identificação e controle de variáveis relevantes (experimentos controlados), a coleta de dados confiáveis, o uso de modelos estatísticos básicos, confiabilidade e validade de medição (MONK, OSBORNE, 1997, p. 408). No entanto, durante a prática em sala de aula, devido à limitação imposta aos professores pelo tempo, currículo e a extensão de seu próprio conhecimento sobre o conteúdo de ciências, o componente metodológico está seriamente sub-representado.

Por essa razão, a aplicação da abordagem convencional de “processos científicos” acaba, necessariamente, levando a uma imagem empírico-indutiva da ciência<sup>11</sup>. A ideia de que existe um método científico especificável que garante a descoberta de leis científicas parece plausível para professores e alunos. Duschl (1994), no entanto, apontou que as ideias científicas que apresentamos às crianças são produtos da criatividade científica de uma cultura em um dado tempo. Este pensamento científico criativo não pode ser capturado pela aplicação de certas regras embutidas em um método específico. Portanto, é necessário apresentar episódios criteriosamente escolhidos de HFC integralmente utilizados no ensino de ciências, a fim de ilustrar a criatividade, a luta intelectual envolvida, a dificuldade de se comunicar e persuadir os outros, e a necessidade de chegar a um acordo sobre

9 As componentes da justificação epistêmica são: histórica, psicológica, sociológica, lógica, metodológica, interpretativa, crítica e ética (JAPIASSU, 1986).

10 A esse respeito é interessante ver as conclusões de Martins (2006a, p. XIX) sobre os usos da HFC no Ensino de Ciências: “o estudo histórico de como um cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica.”

11 Trata-se de uma abordagem insustentável, como mostrou Silveira e Ostermann (2002) e uma imagem deformada do trabalho científico bastante comum (Gil-Perez *et al.*, 2001). Ver também: McComas (1996).

definições, princípios, leis e teorias. Um exemplo de síntese entre os contextos de descoberta e pode ser encontrado na exposição de Matthews (2000) da história, filosofia e ciência do movimento do pêndulo<sup>12</sup>.

Nosso objetivo neste artigo é apresentar argumentos para abordagens contextuais e históricas para o ensino de ciências desde os anos iniciais até o ensino superior. Descreveremos o desenvolvimento de vinhetas, histórias científicas, estudos de caso históricos, narrativas científicas e abordagens temáticas para ajudar os professores a se tornarem mais eficazes na sala de aula de ciências. Elas serão discutidas no decorrer de cinco seções onde apresentaremos as abordagens históricas apropriadas para séries iniciais<sup>13</sup>, séries intermediárias<sup>14</sup>, séries finais<sup>15</sup>, *college*<sup>16</sup> e nível universitário são discutidas<sup>17</sup>.

## “ENREDO” COMO ABORDAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Vários escritores e pesquisadores em educação científica recomendaram e elaboraram a noção de usar uma abordagem de “enredo” para o ensino de ciências. Arons (1989) acredita que a melhor maneira de atrair a atenção dos alunos, bem como organizar um curso de ciências, é por meio de um “enredo”. Ele descreve com alguns detalhes as

12 Silveira e Ostermann (2002) inspirados neste trabalho de Matthews, conduziram uma pesquisa para mostrar a insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”.

13 No Brasil, corresponderia as séries iniciais ou Fundamental I (primeiro ao quinto ano), e ao sexto ano (Fundamental II).

14 No Brasil corresponderia aos anos finais, ou Fundamental II (sexto ao nono ano).

15 No Brasil corresponderia ao nono ano (Fundamental II) e ao Ensino Médio.

16 No Canadá, *college* se refere as escolas vocacionais que, em geral, focam no ensino profissionalizante em áreas de atuação específica. Já o *nível universitário* é o análogo a Universidade, porém é pouco acessível, já que seus custos são bastante onerosos.

17 Ao longo do texto manteremos a nomenclatura: séries iniciais, intermediárias, finais, *college* e universitário.

configurações históricas de importantes descobertas e eventos. Arons está se referindo ao que são essencialmente boas histórias de ciência que têm interesse intrínseco e mostram conexões que não são encontradas em livros didáticos. Ele argumenta que essas estórias<sup>18</sup> são excelentes porque são versões sucintas dos *estudos de casos históricos* de Conant (1957) “que podem ser infundidas em cursos introdutórios, sem comprometer seriamente a quantidade de física que está sendo abordada” (ARONS, 1989).

Wandersee tem usado o *Story Form*<sup>19</sup> de Egan para desenvolver o que ele chama de *Vinhetas Históricas*<sup>20</sup> para aprimorar o ensino de ciências para jovens estudantes. Ele usa “exemplos cuidadosamente escolhidos da história da ciência... adaptado aos interesses dos estudantes de ciências...”, (WANDERSEE, 1990). Parece que esses escritores, em menor ou maior grau, recomendam uma organização em forma de “enredo” de um tópico científico que se assemelha à nossa abordagem contextual original (STINNER, 1989; STINNER, WILLIAMS 1993; STINNER, 1994b). Nesta abordagem, descrevemos o que chamamos de *Large Context Problems*<sup>21</sup> (LCP)<sup>22</sup> que foi originalmente desenvolvido em resposta à descoberta de que o envolvimento significativo dos alunos poderia ser alcançado por um contexto bem desenvolvido com uma ideia unificadora que fosse capaz de capturar a imaginação dos alunos. Desenvolvemos um conjunto de diretrizes que são adequadas para projetar LCPs, bem como estudos de caso

18 Durante o texto, o autor emprega os termos *story* e *history*. O primeiro se refere a narrativas que podem ser ficcionais, semi-ficcionais ou não ficcionais. A segunda se refere a história enquanto ciência ideográfica. Neste texto, optamos em traduzir *story* como *estória* e *history* como *história*.

19 Formulário de Estória.

20 Vinhetas são apresentações curtas.

21 Itálicos nossos. A tradução literal seria *Problemas em Contexto Mais Amplo*. Na literatura nacional, este termo é empregado em seu léxico original.

22 “A abordagem LCP (Large Context Problems), desenvolvida por Arthur Stinner, consiste na utilização de um problema central e motivador como contexto interdisciplinar para o ensino de ciências, com foco na História da Ciência e na iniciação científica.” (PIMENTEL, DINIZ, 2013, p. 7304).

históricos. As diretrizes que serão usadas pelos alunos para escrever as LCPs, as unidades históricas, como vinhetas e estudos de caso, são fornecidas na Tabela 1. Esta abordagem pode ser usada para todas as modalidades de apresentação, das vinhetas históricas aos *Large Context Problems* (ver abaixo).

Os professores sabem que contar uma história (em qualquer nível) é uma ferramenta poderosa para envolver os alunos (ELLIS, 2000; CRESSWELL, 1997; ROACH, WANDERSEE, 1993). Contar uma história coerente, com um começo, um meio e um fim provisório, pode ser a melhor maneira de aprender, lembrar e recontar ideias<sup>23</sup> (KENEALY, 1989). Kenealy nos lembra que “Na verdade, a maioria das pessoas impõe coerência a um conjunto de sentenças aleatórias na tentativa de criar um contexto para o que estão lendo ou ouvindo” (KENEALY 1989, p. 210).

## AS UNIDADES DE APRESENTAÇÕES HISTÓRICAS NA CIÊNCIA

Antes de discutir a natureza do ensino contextual em ciências para os vários níveis de ensino, vamos delinear brevemente o que chamamos de “as unidades de apresentação histórica”. Esta não é uma lista exaustiva, mas inclui a maioria das abordagens usadas para inserir a ciência no contexto e na apresentação da história. Ao projetar essas unidades, nossos professores em formação usam as diretrizes fornecidas na Tabela 1.

*Vinhetas.* A menor unidade de apresentação é a vinhetas histórica, desenvolvida e discutida em detalhes por Wandersee (1992).

23 É importante enfatizar que por “contar histórias” entendemos a construção de uma narrativa que seja consistente com os eventos históricos e evite a mitificação de atores científicos. Sobre essa problemática recomendamos os textos de Martins (1998a, 1998b, 2001, 2006a, 2006b, 2012a).



Ele argumenta que a introdução de uma vinheta bem elaborada e bem escolhida na sala de aula conecta os conceitos e ideias em estudos com os interesses do aluno. As vinhetas também devem “servir como motivação e encorajamento para os alunos lerem mais sobre ciências e cientistas” (WANDERSEE, 1992, p. 21)<sup>24</sup>.

*Estudos de Caso.* Os estudos de caso são contextos históricos com uma ideia unificadora, projetados de acordo com as diretrizes para escrever um *Large Context Problem* (LCP), mostrado na Tabela 1. Os alunos formam grupos de três e se comprometem a planejar um estudo de caso. Cada grupo é convidado a apresentar o estudo de caso em três partes, cada parte preparada por um aluno:

1. *Contexto Histórico:* O primeiro aluno apresenta as ideias científicas do período histórico e mostra como estão ligadas ao tema.
2. *O(s) experimento(s) e as ideias centrais:* As ideias centrais e/ou suporte empírico basilares para o estudo de caso são apresentados pelo segundo aluno, auxiliado pelos seus colegas. Se possível, essas demonstrações também devem envolver os alunos na plateia.
3. *Implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências:* O terceiro aluno responde às seguintes questões: onde os conceitos se encaixam no currículo de ciências? Como apresentar esses conceitos/ ideias/ experimentos em sala de aula? Quais são as diversas conexões entre os conceitos em discussão?<sup>25</sup>

24 Sugerimos como fonte para a construção dessas vinhetas as seguintes obras: Silva & Guerra (2015, Silva e Silveira (2018a, 2018b) e Beltran, Saito & Trindade (2010a 2010b, 2014, 2016, 2017).

25 Ver nota anterior.

**Tabela 1 – Diretrizes para desenvolver estudos de caso históricos**

1. Mapeie um contexto com uma ideia central unificadora que é considerada importante na ciência e que provavelmente capturará a imaginação do aluno.
2. Fornecer ao aluno experiências que estão relacionadas ao seu mundo cotidiano, bem como serem explicadas de forma simples e eficaz pela ciência dos cientistas, mas em um nível que “faça sentido” para o aluno.
3. Invente um “enredo” (pode ser histórico) que dramatize e destaque a ideia central. Identifique um evento importante associado a uma pessoa ou pessoas e ache os antagonismos<sup>26</sup>, ou personagens ou eventos conflitantes (Egan, 1986) que podem ser apropriados para incluir na história.
4. Garantir que as principais ideias, conceitos e problemas do tema sejam gerados pelo contexto de forma natural; que incluirá aqueles que o aluno aprenderia de forma fragmentada em uma abordagem convencional do livro didático.
5. Garanta que a visão romântica conduza para a precisão e para a generalização (WHITEHEAD, 1985). A melhor maneira de fazer isso é mostrar ao aluno que:
  - a. as situações problemáticas emergem do contexto e são intrinsecamente interessantes;
  - b. que os conceitos estão conectados de muitas formas, tanto no cenário histórico como na ciência e tecnologia contemporâneas;
  - c. há espaço para o desenvolvimento individual e generalização de ideias, problemas e conclusões.
6. Mapeie e projete o contexto, preferencialmente, com o auxílio dos alunos, onde você, como professor, assume o papel de líder da pesquisa e o aluno passa a fazer parte de um programa de pesquisa em andamento.
7. Resolva o conflito que foi gerado pelo contexto e encontre conexões entre as ideias e conceitos discutidos com seus correspondentes contemporâneos

Fonte: Stinner *et al.*, 2003.

*Confrontos.* Muitas vezes acreditamos que a ciência moderna resolveu a maioria dos problemas. Porém, essa não é a história toda; a ciência no século 20 está repleta de confrontos, sendo que alguns foram completamente ou parcialmente resolvidos, enquanto outros ainda são palco de disputas fervorosas. Às vezes, existem muitas teorias concorrentes que procuram estabelecer as bases de uma nova disciplina, como no caso da ciência da eletricidade do século XVIII e da

26 Por exemplo, no desenvolvimento da Mecânica Quântica, Einstein e Bohr defenderam posições antagonônicas sobre a interpretação probabilística da microfísica. Einstein a considerava como uma limitação instrumental, enquanto Bohr a considerava como parte intrínseca da natureza.

nova química de Lavoisier e dos alquimistas, mas o confronto científico é principal forma de interação entre duas teorias rivais<sup>27</sup>.

*Narrativas temáticas.* Esta abordagem identifica temas gerais que transcendem as fronteiras das disciplinas científicas individuais e podem articular conexões interdisciplinares e humanísticas. Por exemplo, o par temático atomismo e contínuo “desempenhou um papel importante na formação da estrutura conceitual da biologia e ciência no início do século XX” (JORDAN, 1989). Outros temas podem ser a conservação, tempo, regularidade e evolução. Esses temas transcendem as disciplinas individuais e frequentemente vinculam atividades importantes entre as várias disciplinas e fazem interfaces com as atividades humanísticas. Muitas vezes, é conveniente conectar diversos estudos sucintos de caso para produzir uma narrativa contínua com um tema subjacente.<sup>28</sup>

*Diálogos.* Galileu usou o formato de diálogo em seus livros para dramatizar sua ciência. Para tornar sua “nova ciência” mais acessível ao público geral, ele escreveu o texto em italiano, em vez do latim convencional. A abordagem de Galileu foi “redescoberta” por vários educadores científicos (LOCKHEAD & DUFRESNE 1989; RAMAN 1980): “O método que descobri recentemente foi apresentar as informações e ideias relevantes na forma de um diálogo em que os cientistas originais são postos para falar sobre suas ideias e teorias” (RAMAN 1980, p. 580). Os seguintes diálogos foram desenvolvidos e apresentados em aula pelos alunos: Copérnico e os aristotélicos; um criacionista

27 Sobre o papel das controvérsias ver o *talk* de Freire Jr. ao TeHCo USP (2020), Dascal & Boantz (2011), Engelhardt & Caplan, (1987) Freire Jr. (2015), Machamer, Pera & Baltas (2000), Miller (2013), Nudler (2011) Raynaud (2015).

28 Algumas obras que apresentam essa abordagem são: Freire Jr (1993), Whitrow (1993), Chalmers (1994, 129-150), Henry (1998), Silva (2006), Takimoto (2009, 2021), Gomes (2014) e Beltran (2017). O livro organizado por Andery *et al.* (2020) mostra como as concepções filosóficas foram influenciados pelo contexto material e social. Fourez (1995) mostra como as verdades científicas dependem dos contextos sociais e históricos.

confronta um evolucionista<sup>29</sup>; Priestley e Lavoisier discutem os méritos relativos das teorias do flogisto e do oxigênio para explicar a combustão e a “calcinação”.<sup>30</sup>

*Dramatização.* O papel do cientista na sociedade tem sido tema de dramaturgos há centenas de anos, muitas peças modernas foram escritas sobre a ciência e os cientistas na sociedade moderna (Brecht: *The Life of Galileo*; Golding: *The Physicists*; Kipphard: *In the Matter of J. Oppenheimer*. Recentemente, a peça Copenhagen, que é essencialmente um diálogo entre Heisenberg e Bohr em 1941, tem sido apresentada para audiências lotadas na Europa e na América do Norte. Duveen e Solomon (1994) escreveram e usaram peças como *The Great Evolution Trial*<sup>31</sup> para encorajar os alunos a representem na sala de aula.<sup>32</sup>

Em nossas aulas de história da ciência, desenvolvemos dramas (como dramaturgos amadores, é claro) com o propósito de apresentá-los em uma aula de ciências. Eles têm tido bastante sucesso no ambiente universitário: *O Julgamento de Galileu*; *O debate público entre a ciência e a Igreja da Inglaterra*: Darwin (na verdade, seu “bulldog” Huxley) confronta o Bispo Wilberforce; O debate *A Idade da Terra* (Um debate iniciado em 1872, com Kelvin, Huxley, Lyell e Helmholtz representando as disciplinas de física, biologia, geologia e cosmologia)<sup>33</sup>.

29 O autor se refere ao julgamento promovido pelo pastor William Jennings Bryan (criacionista) contra o professor de biologia John T. Scopes (evolucionista). Por se tratar de um tema delicado e com imprecisões históricas de ambos lados, recomendamos a leitura da obra organizada Numbers (2020), em particular o Mito 20.

30 Diálogos ficcionais entre Newton e Huygens foram usados por Einstein e Infeld (2008) para apresentar as diferenças entre as concepções corpuscular e ondulatória da luz.

31 Para uma análise histórica desse evento, ver Larson (2020).

32 Ao utilizar obras literárias, o educador deve apresentar aos alunos o que é fato histórico e o que é liberdade poética (à rigor, imprecisão histórica). A esse respeito recomendamos ver: Numbers (2020) e Nunes *et al.* (2020). Sobre Dramatização no Ensino de Ciências, citamos alguns trabalhos: Vestena e Pretto (2012), Machado e Matos (2012), Lima (2017), Freitas e Gonçalves (2018) e Costiche *et al.* (2019). Campanini e Rocha (2017) e Guimarães, Souza & Freire (2018) apresenta uma revisão de literatura extensa sobre trabalhos envolvendo dramatização nos ENPEC. Silva *et al.* (2019) apresenta uma proposta para curso superior de Medicina. Sobre questões metodológicas envolvendo teatro, ver Japiassu, R. (2001).

33 Para uma análise histórica destes eventos, ver Numbers (2020).



## OBSERVAÇÕES SOBRE O ENSINO CONTEXTUAL: DOS PRIMEIROS ANOS À UNIVERSIDADE

Acreditamos que um currículo de ciências deve ser humanístico, fundamentado na contextualização e bem articulado a uma estrutura teórica sólida (STINNER, 1994a). Deve conter uma sequência de experiências teóricas e empíricas envolvendo ensino contextual, histórias de ciências, ensino temático e ensino da literatura científica popular. Para os primeiros anos (K-4º ano), é desejável desenvolver um programa de histórias científicas simples que lidem com as concepções de mundo das crianças. Ensejamos reconhecer, respeitar e desenvolver as primeiras concepções das crianças, usando contextos motivadores que tragam um enredo emocionante e empreguem uma série de experiências diretas. Essas atividades devem ser orientadas por um modelo de desenvolvimento conceitual sólido. O modelo deve presumir que os professores não irão confrontar a ciência do “senso comum” das crianças com a ciência dos cientistas, nem tentar impor o entendimento científico às crianças. Em vez disso, os professores ajudam as crianças a construir conhecimento de domínio específico<sup>34</sup> e o raciocínio científico rigoroso por meio de uma instrução estruturada cuidadosamente sintonizada com a experiência e o pensamento prévios das crianças (ver FRASER, TOBIN, 1998; GLYNN, DUIT, 1995; MCGILLY, 1994; MINSTRELL, VAN ZEE, 2000; entre outros). As formas de orientar o desenvolvimento conceitual de crianças de seis a dez anos envolvem experiências que possibilitem a reestruturação de modelos conceituais por meio de investigações diretas que tornem público o que é observado e inferido (cf. GALLAS, 1994), falando, escrevendo, dançando, desenhando, e cantando sua compreensão do mundo).

34 Também chamado de *Domain-Specific Knowledge*, corresponde ao paradigma (no sentido Kuhniano) ou matriz disciplinar que orienta uma determinada ciência.

Essas atividades de exploração, prática e aplicação são parte de uma sequência de lições cuidadosamente projetadas que se baseiam em exemplos, analogias, temas, teorias ou modelos inacessíveis a crianças pequenas por meio de experiências cotidianas ou pensadas a partir do senso comum.

Espera-se que as histórias da ciência estejam conectadas a um programa de atividades como as sugeridas para uma introdução inicial à física por Osborne e Monk (OSBORNE, 1984; MONK, 1994). Essas atividades envolveriam mesas de ar<sup>35</sup> para um estudo qualitativo do movimento, observando e discutindo sobre os objetos em queda livre no ar e no vácuo, aprendendo que as palavras têm significados diferentes em diferentes contextos, discutindo imagens e passagens de histórias e filmes, e discutindo, depois que a experiência se torne óbvia, a necessidade de definições claras<sup>36</sup> em ciência.<sup>37</sup>

Durante os anos intermediários, essas primeiras histórias e atividades contextuais poderiam ser seguidas por histórias sobre a ciência baseadas na história e por contextos baseados nas experiências dos alunos e em questões contemporâneas em que os alunos estão interessados. A ciência dos gregos, por ser uma forma sofisticada de pensamento baseado somente na observação livre parece ser bastante adequado para o ensino de ciências nos anos intermediários<sup>38</sup>.

Nos últimos anos<sup>39</sup>, podem ser introduzidos estudos de caso que discutam uma ideia e/ou experimento central, bem como aqueles

35 Sobre a construção de uma Mesa de ar usando materiais de baixo custo, ver: [https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2003/993044MarceloL-Mauro%20F%20809%20RF.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/993044MarceloL-Mauro%20F%20809%20RF.pdf)

36 Trata-se do conceito cartesiano de que a veracidade de uma definição científica exige que ela seja óbvia e clara. Para detalhes, ver Losee (1979).

37 Para abordagens envolvendo o ensino de ciências em séries iniciais ver: Benetti (2011), Santana Filho, Santana e Campos (2011) e Daher e Machado (2016).

38 Em inglês, *middle years*, que corresponde a faixa etária de 10 à 12 anos.

39 Em inglês, *senior years*, que corresponde a faixa etária de 12 anos à 14 anos.

que promovem discussões temáticas sobre as ciências. É claro que muitos professores de ciências já usam, pelo menos implicitamente, temas como a natureza corpuscular da matéria, a noção de conservação e a dualidade onda-partícula da matéria. O critério de seletividade aqui deve ser fundamentado em até que ponto o desfecho da história é conhecido. Os professores de física que costumam usar a história da ciência sabem que contar a história dos experimentos de Galileu com o plano inclinado muitas vezes não irá causar impacto se os alunos já tiverem aprendido a descrição do movimento por meio de um livro didático<sup>40</sup>.

Contextualizações, incluindo estórias científicas, é claro, também construir interfaces entre ciência e tecnologia e sociedade. Claramente, os temas CTS que agora são muito populares podem ser facilmente acomodados pelo ensino contextual discutido aqui. Na verdade, alunos da Universidade de Manitoba e da Universidade de Winnipeg desenvolveram LCPs com base em temas como Energia Nuclear, A Inundação do Século, Processamento de Alimentos e Irradiação e Engenharia Genética. As questões CTS enfatizam a dimensão adicional da relação entre ciência, tecnologia e sociedade. No entanto, devemos tentar tornar o contexto para o ensino CTS interessante e apropriado para o aluno, mais ou menos como sugerido pelas diretrizes para escrever LCPs e histórias científicas<sup>41</sup>.

Para as aulas no *college* no primeiro ano universitário em ciências, precisamos de discussões mais amplas, contextualizações maiores e bem elaboradas que não abstraiam os detalhes e a complexidade matemática<sup>42</sup>.

40 Para um exemplo de abordagem histórica da história do movimento, ver Takimoto (2009).

41 Para uma apresentação dos pressupostos fundamentais da CTS ver: Santos e Mortimer (2002) e Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007).

42 Essa é a abordagem proposta por Holton (1952). Para tópicos específicos (e mais avançados), recomendamos Bassalo (2006, 2012) e Martins (2012b).

## INSERÇÃO ADEQUADA DE MODOS DE APRESENTAÇÃO

Por fim, comentamos sobre a inserção adequada dessas várias formas de apresentação na aula de ciências para todos os níveis. Monk e Osborne (1997) apresentam um modelo pedagógico sólido e bem articulado que permite a inserção do HFC ao lado de cada ideia ou conceito central discutido na aula de ciências. Eles ressaltam que não podemos confiar em livros didáticos para incorporar HFC<sup>43</sup> significativamente, e que o modelo que prevalece para a incorporação de HFC no ensino de ciências tem sido fazer acréscimos ocasionais para complementar e “humanizar” o ensino das ciências apresentadas nos livros didáticos. Por outro lado, uma apresentação histórica completa, nos moldes do *Harvard Project Physics* (HPP)<sup>44</sup>, deve ser considerada impraticável<sup>45</sup>. HPP foi um esforço heroico para ensinar física inteiramente usando sequências de contextos históricos conectados por grandes temas que infelizmente terminaram com um “fracasso glorioso”. O material para este admirável projeto ainda está disponível e existem “ilhas de excelência” nos Estados Unidos onde a física

### sumário

43 Sobre os usos de HFC em livros ver: Ostermann (1991), Ostermann e Ricci (2002, 2004), Boss *et al.* (2016), Santos (2017) e Nunes e Queirós (2020a).

44 O Projeto Física de Havard ou Projeto Havard foi uma proposta de programa curricular para o ensino de física para o ensino médio (secundário), desenvolvida na década de 1960, que seguia uma abordagem radicalmente histórica. Os diretores do projeto foram o educador científico F. James Rutherford, o historiador da ciência e físico Gerald James Holton e o pedagogo Fletcher G. Watson e teve a colaboração do historiador da ciência e físico David C. Cassidy. O projeto gerou seis unidades temáticas, a saber: 1. *Conceitos de Movimento*; 2. *Movimento nos Céus*; 3. *O Triunfo da Mecânica*; 4. *Luz e Eletromagnetismo*; 5. *Modelos do Átomo*; 6. *O Núcleo*. Cada unidade temática era acompanhada de três livretos: texto, manual de experiências e atividades. Posteriormente esse material foi compilado em um volume único com o título de *Understanding Physics* (Cassidy, Holton, Rutherford, 2002).

45 Essa é uma opinião também compartilhada por Martins (2010).



do ensino médio é ensinada usando este material por professores de física exemplares e ousados.<sup>46</sup>

Aprovamos os argumentos de apoio e o modelo apresentado por Monk e Osborne, mas recomendamos uma abordagem eclética para a inserção de HFC no ensino de ciências. Para um grande número de ideias e conceitos, principalmente nas séries intermediárias, acreditamos que o modelo por eles proposto seria adequado. No entanto, sugerimos a apresentação oportuna e a discussão de uma vinheta (Co-roa de Arquimedes e Heron<sup>47</sup>) nos moldes sugeridos por Wandersee (1990)<sup>48</sup>; o uso de um estudo de caso (experimento de plano inclinado de Galileu) antes da discussão centrada no livro didático, substituindo a discussão de algumas seções extensas do livro didático por sequências temáticas historicamente contextualizadas (leis do movimento de Newton descritas por Stinner (1994c))<sup>49</sup>

Claramente, esse tipo de ensino eclético de ciências só pode ser confiável para professores que tenham familiaridade com história e filosofia de ciência e tenham uma base sólida de conhecimento pedagógico de conteúdo em ciências. Por isso nosso objetivo deve ser projetar programas de formação de professores que produzam tais professores.

Passaremos agora à discussão detalhada do uso de ajustes contextuais, histórias e modos de apresentação e a adequação dessas abordagens para aulas de ciências, desde os primeiros anos até o *college* e o nível universitário.

Barbara McMillan, uma especialista em ciências para os primeiros anos, discute a educação científica para crianças pequenas e a conveniência de incluir aspectos da história da ciência em um programa

46 Uma reflexão sobre as dificuldades e as possibilidades uso de HFC no ensino de ciências, ver Martins (2010, 2012a).

47 Os autores grifam Hero.

48 Também recomendamos Martins (2005).

49 Também recomendados Takimoto (2009).

## sumário



para os primeiros anos. Ela argumenta que o aspecto reflexivo das estórias, vinhetas históricas bem articuladas é adequado. Arthur Stinner, um educador científico, apresenta um estudo de caso fascinante que é adequado para aulas de ciências para as séries intermediárias. Ele demonstra que essa história interessante pode ser chamada de um confronto científico que das séries intermediárias achariam interessante e seriam capazes de entender. Don Metz, um educador em física especializado em formação de professores de física, discute a mudança do modelo de eletricidade, usando uma abordagem temática. Ele acredita que o estudo da evolução dos modelos em eletricidade ajudará os alunos a compreender melhor a natureza da ciência. Jana Jilek, uma instrutora em um *college* técnico usa uma abordagem temática para traçar a história dos conceitos e unidades elétricas fundamentais. Ela argumenta que o conhecimento da história da ciência e da tecnologia pode ajudar os alunos a desenvolver a alfabetização tecnológica além de sua especialização. Finalmente, Stephen Klassen, especialista em ensino introdutório à física em nível universitário, apresenta um esboço para um estudo de caso que discute o que pode ser chamado de atividade de «alta tecnologia» da década de 1860. Ele mostra que isso envolve uma habilidade matemática considerável e é adequado para o ensino de física no contexto da educação superior para estudantes universitários.<sup>50</sup>

## CIÊNCIA NAS SÉRIES INICIAIS

Dado o nível de simplicidade em que as crianças pequenas são familiarizadas com os conceitos elementares da ciência, não fica claro de imediato como a história da ciência poderia tornar possível uma compreensão mais profunda. São os resultados cognitivos, em oposição aos resultados afetivos, que levaremos em conta, uma vez que as

50 Cf. Santos e Mortimer (2002) e Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007).

crianças pequenas não precisam ser convencidas de que a ciência é empolgante e interessante e a uma prática na qual as pessoas estão ativamente engajadas. Nessa perspectiva, a decisão a ser tomada em relação à história da ciência não é como ela pode ser integrada ou anexada, mas onde no currículo o contexto histórico é o mais apropriado para o ensino visando a obtenção dos resultados gerais e específicos apontados nos documentos curriculares provinciais<sup>51</sup> e nacionais. Encontrar a resposta para a última é uma tarefa mais difícil do que examinar atentamente os resultados de aprendizagem incorporados em um currículo e localizar as seções nas quais uma vinheta biográfica, experimento histórico ou uma das histórias científicas mencionadas por Milne (1998) poderiam ser incorporadas.

Usando o currículo de ciências de Manitoba para o quarto ano das séries iniciais<sup>52</sup> como exemplo, pode-se fazer uso de qualquer um dos seguintes episódios históricos: a história dos relógios de sombra e relógios solares<sup>53</sup>; A investigação de Jan Baptista van Helmont de um salgueiro envasado no solo; O estudo de Gilbert sobre magnetismo e a história da bússola; o experimento da campânula pneumática de von Guericke e sua confirmação por Boyle; Estudos de Konrad Lorenz sobre o comportamento das aves; Os experimentos de Newton com prismas de vidro e a refração da luz solar; e outros eventos muito numerosos para serem mencionados aqui<sup>54</sup>. Independentemente do episódio escolhido, pode-se notar que sua relevância para a unidade é mínima, uma vez que apoia a aquisição de um número muito limitado de resultados de aprendizagem, ou que a consciência conceitual

51 O Canadá é um país que apresenta 10 províncias e três territórios. As províncias são semelhantes aos estados estadunidenses, pois elas preservam uma autonomia em relação ao governo federal. Já os territórios não são soberanos, mas tem um comissário que os representa no Governo Federal.

52 No Brasil, corresponde ao quarto e ao quinto ano do fundamental.

53 Os relógios de sombra são relógios solares aperfeiçoados e mais precisos. No Brasil ambos relógios são chamados de Relógios Solares.

54 Uma coletânea de experimentos em física pode ser encontrada em Peruzzo (2012a, 2012b, 2013).

necessária para dar sentido ao episódio é muito avançada para ser significativa para crianças. O Manitoba “2ª Série”<sup>55</sup>, Unidade 2: Propriedades de Sólidos, Líquidos e Gases”, e o que é comumente conhecido como experimento “eureka” de Arquimedes é um caso claro<sup>56</sup>.

Existem dezenove resultados de aprendizagem específicos (SLOs)<sup>57</sup> listados no documento de estrutura curricular de Manitoba para a Unidade 2, que essencialmente introduz crianças pequenas à físico-química e aos estados da matéria. Três desses dezenove SLOs<sup>58</sup> são focados em materiais ou objetos que afundam ou flutuam ou podem ser feitos para afundar ou flutuar. Espera-se que ao final da unidade as crianças percebam que a capacidade de flutuação dos sólidos é variável, que a forma de um material ou objeto afetará sua capacidade de flutuar, que a leveza e o peso<sup>58</sup> (densidade) de um líquido irão afetar até que ponto os objetos sólidos flutuarão ou afundarão, e que os materiais que flutuam independentemente de sua forma não são afetados quando são fixados uns aos outros para compor uma forma maior, fazendo orifícios neles ou cortando-os. Não há nenhuma tentativa de fazer as crianças considerarem por que um objeto flutua ou afunda em um líquido. No entanto, é essa explicação que Arquimedes procurou fornecer ao determinar que um objeto flutua quando desloca um volume de líquido que é equivalente em peso ao peso do próprio objeto. Este conjunto particular de circunstâncias levanta a questão: a água deslocada pela coroa do Rei Hero e a água deslocada por um pedaço de ouro de igual peso ajudam as crianças a compreender o conteúdo desta unidade? O que exatamente a história de Arquimedes contribuiria se fizesse parte do currículo de ciências da 2ª série? Não é possível responder a essa pergunta sem saber a forma final de como a história será apresentada.

55 Corresponderia ao segundo e o terceiro ano do fundamental.

56 Uma abordagem histórica desse episódio pode ser vista em Martins (2005).

57 *Specific Learning Outcomes*

58 Na acepção usual da palavra.

Aqueles que leem regularmente para crianças pequenas apreciarão que, em comparação com as ciências biológicas, da terra e espaciais, existe um número inadequado de materiais estimulantes nas ciências físicas. Belas peças da literatura infantil sobre afundar e flutuar, como a de Pamela Allen (1982) *Who Sank the Boat?* existem e são usadas por professores, mas são raras. Em contraste, histórias biográficas de cientistas famosos como Galileu, Newton, Pasteur, Faraday, Curie, Darwin e Einstein são comuns. Pesquisas por assunto e palavra no título do banco de dados da biblioteca pública local identificou cinco biografias sobre Arquimedes na literatura juvenil<sup>9</sup>. Nenhuma das pesquisas incluiu os muitos textos que dedicam várias páginas em um ou dois capítulos aos eventos importantes na vida de Arquimedes<sup>9</sup>. Sem dúvida, existem recursos biográficos para os professores acessarem, mas, como ficará evidente, eles podem ou não estar contando as histórias que historiadores e filósofos da ciência gostariam que as crianças ouvissem.

No livro de Gordon, Arquimedes recebe a coroa do Heron, caminha lentamente para casa pensando sobre o problema que o Heron colocou, “senta-se e tenta encontrar a resposta” (1971, pp. 22-26). Enquanto pensando profundamente, ele decide se banhar. Ao entrar na banheira preparada por um servo, a água transbordou. Nesse ponto da história, Gordon escreve: “Aqui estava a resposta! Ele saltou da banheira e, ainda nu, desceu correndo a rua de paralelepípedos, passando pela praça do mercado e chegando ao palácio. As pessoas olhavam para sua figura nua enquanto ele passava correndo gritando, “Eureka, Eureka”, o que significa. “Eu encontrei, eu encontrei”. Gordon continua descrevendo a demonstração de Arquimedes e a explicação para o Rei Hero do deslocamento desigual da água pela coroa e um peso igual de ouro.

Bendick (1962, pp. 54-60), Lafferty (1991, pp. 23-26) e Lexau (1969) se desviam da narrativa de Gordon ao fazer Arquimedes passar dias e noites sentado e olhando para a coroa. Na versão de Lexau, Arquimedes é descrito andando de um lado para o outro, esbarrando

## sumário



em prédios, desenhando e escrevendo no chão de areia de sua residência, falando consigo mesmo (pensando em voz alta) e esquecendo nomes e pessoas, bem como a passagem do tempo. Bendrick faz Arquimedes esquecer de comer, tomar banho ou trocar de roupa. Ele fica tão desleixado que dois de seus escravos acabam pegando-o e levando-o para os temas<sup>59</sup>. No caminho, Arquimedes grita e exige que o larguem porque tem coisas mais importantes a fazer.

Ispen (1988, pp. 10–17), em vez de simplesmente recontar a história da *eureka* em seu capítulo intitulado “Verdade Nua”, fala sobre sua exatidão. Depois de escrever, “Grandes pensadores parecem muitas vezes ser lembrados mais por suas ações do que pensamentos”, ele informa ao leitor que os historiadores não sabem realmente o que Arquimedes descobriu, porque “Arquimedes se esqueceu de escrever o que fez”. Ele então discute vários métodos que poderiam ter sido usados por Arquimedes para determinar a pureza da coroa do herói.

Crianças que ouvem essas histórias vão rir da distração de Arquimedes e podem concebivelmente ir embora pensando que os cientistas estão preocupados com seu trabalho, gastam uma quantidade excessiva de tempo em pensamentos contemplativos, tentam resolver os problemas dos outros e trabalham sozinhos. Várias crianças podem até estar convencidas de que, se você se sentar e pensar sobre um problema por muito tempo, e muito, a solução acabará chegando a você da mesma forma que veio a Arquimedes. A pesquisa sobre a recordação de longo prazo, no entanto, indica que os alunos particularmente tendem a se lembrar mais de informações narrativas, imagens e ações de personagens, do que nomes, definições e o conteúdo objetivamente importante (ver CUNNINGHAM, GALL, 1990; SADOSKI, QUAST, 1990; entre outros). Isso sugere que [a abordagem de] Ispen é mais perspicaz do que gostaríamos de acreditar; que as crianças vão se lembrar de Arquimedes correndo pelado, não do seu nome ou do que sua mente aguçada ajudou a ele e aos outros a ver de um jeito novo.

59 Termas ou banhos públicos eram os ambientes públicos destinados a higiene pessoal.

Talvez a melhor conclusão a se tirar da discussão anterior seja aquela que os autores do documento Benchmarks chegaram a articular. Ou seja, “[a] história da ciência e tecnologia é um assunto muito avançado para alunos das primeiras séries” (AAAS 1993, p. 15). Afinal, a ciência que ensinamos às crianças é mais compatível com a história natural do que a física, a biologia ou a química contemporânea. O conteúdo é observável e o foco é sempre o que você sabe e como sabe, em vez de por que as coisas são como são e por que as coisas acontecem da maneira que acontecem. Isso não significa, no entanto, que os professores devam evitar contar histórias de cientistas para crianças pequenas. As histórias científicas e os contextos nos quais os eventos se desenrolam devem ser simplesmente de cientistas que observaram o mundo natural e descreveram e classificaram seu conteúdo. Explicações de fenômenos usando matemática e operações lógicas podem esperar.

## CIÊNCIA NAS SÉRIES INTERMEDIÁRIAS

### Ensino Contextual de Ciências nas Séries Intermediárias

Muitas das principais ideias e conceitos em biologia, química e física do século 18 e da primeira metade do século 19 podem ser discutidos nas séries intermediárias e muitos dos experimentos centrais replicados. A história de Lavoisier e a revolução química e a teoria atômica de Dalton é apropriada para a ciência das séries intermediárias<sup>60</sup>. Em biologia, os professores devem desenvolver abordagens simplificadas para mostrar como os experimentos de Pasteur refutaram a geração espontânea e como a observação de Semmelweiss levou à

60 A esse respeito ver Santos (2017).

teoria dos germes da doença<sup>61</sup>. A maioria dos experimentos clássicos de Faraday sobre eletricidade e magnetismo, bem como os de Joule no estabelecimento do princípio da conservação de energia, são facilmente replicados e os conceitos relevantes são passíveis de análise elementar<sup>62</sup>. Provavelmente deveríamos fazer melhor aqui do que os livros convencionais nos permitem alcançar.

### Conde Rumford e a Teoria Calórica do Calor

Escolhemos uma vinheta que discute um famoso confronto na ciência que a maioria dos livros didáticos relata em uma ou duas frases. Este modo de apresentação pode ser considerado um “mini confronto”, adequado para as aulas de ciências do final das séries intermediárias.

## O CONTEXTO HISTÓRICO

O conde Rumford (Benjamin Thompson) foi um dos cientistas mais pitorescos e criativos dos tempos modernos. Ele era um personagem incrível, uma combinação de um James Bond do século XVIII e Indiana Jones. A maioria dos livros didáticos faz uma referência histórica fugaz a ele, apenas enfatizando seus experimentos que “refutaram a teoria calórica do calor”. Mesmo uma revisão superficial da história, entretanto, revelará que a história real é mais complicada e muito mais interessante. Rumford foi um excelente físico e um dos mais criativos experimentadores do século XVIII, investigando uma série de fenômenos físicos aparentemente [causados por princípios] diferentes.

61 Ver Martins *et al.* (1997).

62 Sobre esses dois tópicos, ver Silva e Guerra (2015).



Benjamin Thompson nasceu na pobreza em 1753 em Woburn, no estado colonial de Massachusetts. Mais tarde, ele ficou conhecido como Conde Rumford, General do Exército da Baviera, famoso cientista, inventor versátil, benfeitor público e um espião sagaz. Ele estava muito interessado nas ideias científicas, dispositivos mecânicos e experimentos envolvendo calor, luz e artilharia. Ele fez contribuições originais para cada uma dessas áreas (ver Brown, 1962, 1968–1970, 1976 para relatos mais completos da vida e realizações do Conde Rumford). Entre seus muitos legados estão o famoso “Englische Garten” em Munique e o Royal Institute of London<sup>63</sup>. Hoje, o primeiro é o parque favorito dos habitantes de Munique e o último ainda funciona como um fórum bem frequentado para a educação pública de ciência e tecnologia em Londres.

Aos 58 anos, o Conde Rumford deixou Londres e passou seus últimos anos em Paris. Ele se casou com a viúva de Lavoisier, mas o relacionamento mostrou-se conflituoso, para o deleite da sociedade parisiense. Em Paris, ele continuou suas investigações científicas que iam do estudo da irradiação de calor à invenção de um dinamômetro para testar a eficiência de uma carruagem puxada por cavalos.

Rumford morreu repentinamente em Paris em 1814, aos sessenta e um anos. Suas investigações científicas incluíram trabalhos seminais em irradiação de calor por diferentes tipos de superfícies, difusão de líquidos e gases, medição do equivalente mecânico do calor (antecipando o trabalho de Joules em cerca de trinta anos), desenvolvimento do fotômetro para medir a intensidade da luz, estudos da transferência de calor por meio do vácuo (o primeiro a diferenciar claramente os processos de irradiação, convecção e condução na transferência de calor), experimentos para testar a teoria calórica do calor e a determinação da densidade da água em várias temperaturas.

63 Trata-se de um espaço dedicado a promoção da educação e da divulgação científica.

## Ideias centrais e experimentos

Para explicar fenômenos como a expansão térmica, resultados experimentais da calorimetria, calor latente da água e condução de calor em metais, foi desenvolvida a teoria calórica. A teoria calórica nos deixou um legado que é visto em expressões convencionais como “o fluxo de calor”, “capacidade de calor” e o menos usado “calor latente”, “calor de vaporização” e “calor específico”<sup>64</sup>. A teoria teve muito sucesso e foi defendida pelos maiores cientistas da época, incluindo Lavoisier, Laplace, Priestly e outros. Na verdade, mesmo os experimentos brilhantes de Rumford não foram suficientes para derrubar a teoria até décadas após sua morte. A teoria parecia ser um triunfo notável da inteligência racional (WILSON, 1960, p. 61). Era capaz de explicar a diferença entre sólidos, líquidos e gases, por meio da condução de calor em sólidos e pela expansão térmica.

A teoria era apenas parcialmente satisfatória em explicar por que o calor específico dos sólidos deve aumentar com a temperatura e por que a condução do calor deve aumentar com a densidade de um sólido. No entanto, a teoria calórica encontrou grandes dificuldades ao tentar explicar o “calor latente” das substâncias, por que a compressão de uma substância deveria ejetar o calórico e por que, quando se aplica pressão aos sólidos, gases e líquidos, sua temperatura aumenta.

Rumford estava encarregado pelo trabalho no arsenal militar da Baviera, supervisionando a perfuração e o acabamento dos canhões na década de 1780. Ele acreditava que o calor envolvido nessa ação era muito mais do que poderia ser contabilizado somando-se a quantidade total de calor na fundição, na ferramenta de corte e nos cavacos. Ele projetou um experimento elegante para testar essa hipótese de *que*

64 Outra expressão que é uma herança do calórico é dizer “estou com calor” ou “estou com frio” para se referir ao desconforto térmico. A concepção do calor com uma substância explicava o desconforto térmico como um excesso ou ausência de calor.

*o calor gerado pela fricção parecia ser inesgotável*, mesmo quando os corpos friccionados estavam perfeitamente isolados. Rumford então fez duas perguntas fundamentais: “De onde veio esse calor?” e “O que é o calor afinal?” Inspirado por uma ideia centenária, ele acreditava que Boyle e Hooke deviam estar certos quando sugeriram que “o calor nada mais é do que um movimento vibratório ocorrendo entre as partículas do corpo” (Wilson 1960, p. 164).

### **Implicações para a aula de ciências**

Muitos dos experimentos que Rumford realizou podem ser replicados por alunos no final das séries intermediárias e nos primeiros anos das séries finais. No entanto, antes de fazer isso, os professores poderiam apresentar a teoria calórica ao longo das linhas sugeridas anteriormente e discuti-la como uma teoria que explicava muitos fenômenos do cotidiano. Depois disso, os professores podem criar experimentos inspirados em Rumford.

Depois de realizar o experimento e discutir os resultados, bem como a explicação de Rumford para seus experimentos de calor, os alunos poderiam receber uma versão resumida da carta que o notório John Dalton escreveu para Rumford. Dalton discordou vigorosamente da explicação de Rumford. Dalton, que acreditava na teoria calórica, argumentou que, uma vez que um corpo estava em equilíbrio térmico com o ambiente ao seu redor, ele estava em um estado de repouso absoluto. Ou seja, todos os átomos e moléculas estariam em estado de repouso absoluto. Rumford, entretanto, rebateu que havia uma conexão entre o calor e o movimento, mesmo no equilíbrio térmico. Para mostrar que era assim, ele realizou o seguinte experimento que os alunos poderiam tentar replicar.

Rumford pegou dois líquidos, uma solução de sal e água pura (destilada), e colocou-os em um recipiente de vidro de forma que o sal ficasse no fundo do copo e a água no topo. Ele colocou a água primeiro e, em seguida, introduziu a solução de sal abaixo da água, despejando-a por um funil no fundo do copo. Em seguida, ele deixou cair uma única gota de óleo de cravo no copo. A gota afundou na água, mas flutuou na solução de sal, parando na metade da coluna de líquido. Todo o experimento foi realizado em sua adega, onde a temperatura era constante. Ele descobriu que pôs fim a gota de óleo de cravo subiu lentamente à superfície. Sua explicação foi que os movimentos internos das partículas do líquido continuavam mesmo no equilíbrio térmico, o que contradizia a teoria calórica do calor<sup>65</sup>.

Quem foi Benjamin Thompson? Ele foi um aventureiro, um estadista, um gênio militar, um grande inventor, um benfeitor social, talvez um grande cientista? Claramente, Rumford não se encaixa no estereótipo popular do cientista recluso e introvertido. Ao examinar suas vidas pessoais e ao rastrear seus caminhos para a descoberta de princípios científicos fundamentais e de longo alcance no contexto do conhecimento científico e das crenças de seu tempo, os alunos chegarão a compreender que a ciência é algo diferente da verdade revelada, como parecer ser frequentemente retratado nos livros didáticos. Claro, essa mesma abordagem pode ser usada com cientistas mais contemporâneos, como James Watson, Francis Crick, Linus Pauling e Stephen Hawking<sup>66</sup>.

## CIÊNCIA NAS SÉRIES FINAIS

Nas séries finais, os alunos começam a passar de uma abordagem descritiva da ciência para uma abordagem mais explicativa por meio do uso de modelos, leis e teorias. Anteriormente, constatamos

65 Sobre Thompson e uma cópia de seu ensaio original, ver Lima (2015).

66 No artigo original, o nome está grafado incorretamente como "Steven".

que a educação científica continua a se concentrar em uma apresentação focalizada nos livros didáticos onde a ciência é um produto acabado, vista como um corpo de conhecimentos bem-estabelecidos onde os modelos, leis e teorias da ciência requerem justificativa mínima. Apesar dos esforços curriculares recentes (estruturas científicas Pan-Canadenses) para promover uma visão mais eclética da ciência e uma compreensão da natureza da ciência, existem poucos contextos onde tal visão possa ser praticada em sala de aula. Estou argumentando que, em muitos casos, o desenvolvimento histórico de modelos conceituais (HDCM)<sup>67</sup> fornecerá tal cenário para atender a muitos dos objetivos e resultados da visão Pan-Canadense da natureza da ciência.

Um modelo é uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema (GILBERT, BOULTER, 1995) que pode ser expresso de muitas maneiras diferentes (como diagramas, modelos físicos, linguagem). Inferimos e construímos modelos imaginativos que conectam nossas experiências e observações com a teoria científica. Os modelos, portanto, mantêm uma posição entre nossa realidade observada e a teoria científica. Gilbert e Osborne (1980) também sugerem que os modelos permitem concentrar o estudo nas características especiais de um fenômeno e que os modelos estimulam investigações ao apoiar a visualização do fenômeno.

Gobert e Buckley (2000) recentemente delinearão os pressupostos básicos e os princípios fundamentais dos programas de pesquisa em ensino e aprendizagem baseados em modelos. Eles aceitam a posição de que as pessoas constroem e raciocinam com modelos mentais, e que a avaliação de um modelo pode levar o aluno a rejeitar ou revisar o modelo. Buckley descreve a aprendizagem baseada em modelos como um processo dinâmico e recursivo que envolve a formação, teste e reforço, revisão ou rejeição de modelos mentais. Em seu estudo, Buckley usa vários modelos do coração como um meio

67 Historical Development of Conceptual Models.

de desenvolver uma compreensão do sistema circulatório e como uma via para o aluno gerar e considerar outras investigações. Em vez de uma contabilidade factual da relação entre os sistemas circulatório e digestivo, os alunos usam uma abordagem multimídia baseada em um contexto anatômico que fornece acesso aberto, quando necessário, a informações relevantes.

Stinner (1994a) nos lembra que a aprendizagem em ciências é bem motivada pelo ensino contextual, e que outra forma de conseguir isso é por meio do contexto histórico. O contexto histórico fornece ao aluno a sensação de que as teorias científicas são desenvolvidas em um cenário histórico e que os confrontos e as teorias concorrentes na ciência desempenham um papel importante no desenvolvimento de novas ideias. Priorizar a compreensão de como os conceitos científicos foram adquiridos permite ao aluno ver os produtos e os processos da ciência e ter uma visão mais autêntica da natureza da ciência.

Esforços curriculares recentes, como o Projeto 2061<sup>68</sup> e as estruturas científicas pan-canadenses, sugerem que a natureza da ciência deve desempenhar um papel proeminente no currículo de ciências de hoje. No entanto, pouca ou nenhuma conjuntura é fornecida para que os professores implementem objetivos como o “desenvolvimento de teorias e tecnologias científicas ao longo do tempo” (p. 26) na sala de aula de ciências. Lederman (1998) defende um tratamento mais explícito da natureza da ciência. Eu sugiro que o HDCM pode fornecer uma conjuntura para abordar esses conceitos de natureza da ciência explicitamente de uma maneira pedagogicamente sólida e motivadora.

68 “O Projeto 2061 é uma iniciativa em longo prazo da AAAS [American Association for Advancement of Science] para reformular o currículo K-12 [corresponde ao nosso ensino fundamental]. Iniciado em 1985, (2061 marca a próxima passagem do cometa de Halley), o projeto está desenvolvendo um conjunto de instrumentos para ajudar os educadores municipais, estaduais e nacionais dos Estados Unidos, a redesenhar o currículo K-12 nas áreas de ciências e matemática e assegurar o seu sucesso. Uma das finalidades do projeto 2061 é promover a alfabetização em ciência, matemática e tecnologia” (EPSTEIN, 2002, p. 230).

A inclusão do desenvolvimento histórico dos modelos conceituais naturalmente promove uma melhor compreensão da natureza da ciência. Em geral, os modelos são vistos mais como provisórios do que as teorias ou leis (KIPNIS, 1998; MACHAMER, 1992). Além disso, as contribuições de muitos indivíduos ao longo do tempo, retratam a ciência como um esforço mais humanístico, marcado por lutas intelectuais e influências pessoais e culturais. Nesse sentido, passamos da visão ingênua de que os modelos dos livros didáticos são uma réplica exata da natureza para a visão de que os modelos são produtos da criatividade e da imaginação humanas. Justi e Gilbert (2000) também sugerem que o desenvolvimento de modelos históricos delinea uma compreensão mais autêntica da filosofia da ciência. Eles propõem uma visão lakatosiana<sup>69</sup> da ciência usando questões como “de qual forma o modelo supera as deficiências explicativas de seu predecessor ou concorrente”, para chamar a atenção para programas de pesquisa de-generados ou progressivos.

Em outro esforço para propor um currículo filosoficamente válido, Hodson (1988) argumenta que conforme as crianças começam a adquirir mais experiência, elas precisam desenvolver suas teorias pessoais em estruturas mais complexas e passar por vários estágios de desenvolvimento. Esses estágios incluem uma introdução provisória de vários modelos, uma busca por evidências, seleção do melhor modelo por meio de discussão e crítica, e posterior elaboração do modelo em uma teoria mais sofisticada. No ensino de ciências, os alunos devem ser capazes de apresentar suas próprias experiências, tornar suas próprias ideias explícitas por meio da escrita e da discussão, e explorar, desafiar e criar testes para pontos de vista alternativos<sup>70</sup>.

69 Trata-se do modelo de reconstrução racional e de programas de pesquisa proposto por I. Lakatos. Para detalhes ver: Chalmers (1993), Massoni (2005), Moreira e Massoni (2011a, 2011b, 2016), Lecourt (2018) e o próprio trabalho de Lakatos (1979). Para uma crítica ao conceito de experiência crucial em Lakatos, ver Hacking (2012).

70 Fourez (1995, p. 145-153) fornece uma atividade envolvendo quadrinhos que permite os educandos e o educador discutirem questões epistemológicas e criativas na criação científica.

A ciência como produto acabado, como é abordado atualmente nos livros didáticos, não cria oportunidades para o aluno desenvolver seus modelos provisórios. O HDCM permite que os alunos comparem seus preconceitos à luz de alguns dos primeiros conceitos de grandes cientistas. Essas ideias iniciais formam uma introdução de um modelo provisório que pode ser confrontado por quebra-cabeças não resolvidos e eventos discrepantes à medida que o modelo é modificado ou substituído por um modelo mais plausível. Além disso, promove uma melhor compreensão da natureza da ciência, incentivando os alunos a desafiar os primeiros modelos de ciência e, em última análise, suas próprias concepções. O exemplo a seguir descreve uma estratégia de HDCM que pode ser usada para introduzir eletricidade em uma de aula de ciências no ensino secundário.

### **Desenvolvendo um Modelo de Eletricidade<sup>71</sup>**

Os alunos, como os cientistas, podem iniciar a descoberta relatando seus próprios encontros com a eletricidade em uma história antes de começarem as deliberações formais. Muitos alunos contam histórias sobre como atravessaram um tapete e tocaram em uma maçaneta de metal; usaram uma batata para ascender uma lâmpada (em um soquete vivo!); ou contam a história envolvendo como uma escova ou uma cerca elétrica na fazenda arrepiaram seus cabelos. Histórias inusitadas abundam e os alunos atribuem suas experiências, ainda que maneira muito vaga, alegando que o que causou o efeito que eles descreveram foi a “eletricidade”. Alguns alunos inevitavelmente invocarão a ideia de um elétron sem ter uma ideia clara do que é um elétron. Uma vez que o aluno exponha seu conhecimento prévio, podemos começar a examinar a natureza da eletricidade em grupos de discussão,

71 Fontes primárias e secundárias sobre esse tópico podem ser vistas em Silva e Guerra (2005) e Costa e Silveira (2018).



colocando a questão: “O que poderia ser eletricidade?” Inicialmente vale tudo e não rejeitamos nenhuma ideia. Logo descobrimos que algumas ideias parecem mais plausíveis do que outras e justificam uma investigação mais aprofundada. Curiosamente, todas as respostas podem ser classificadas em uma de duas categorias: a eletricidade é discreta, como uma partícula, ou contínua, como um fluido.

Essas suposições iniciais dos alunos geralmente nos levam às ideias dos primeiros cientistas e filósofos. Plutarco, por exemplo, acreditava que, quando o âmbar era esfregado, ele emitia calor, que aquecia o ar ao redor. Então, o ar girava por trás de objetos próximos, como pequenos pedaços de palha, e os empurrava de volta para a eletricidade (ROLLER, ROLLER, 1954). Bons modelos fornecem explicações simples, permitem previsões e podem ser facilmente testados. Os alunos formam grupos de três e são solicitados a avaliar o modelo de Plutarco e elaborar alguns testes para confrontar o modelo. Fundamentalmente, eles reconhecem que os dois aspectos importantes do modelo de Plutarco são o calor e o ar, e tendem a propor investigações que manipulam um ou outro. Alguns grupos podem sugerir que meçamos a temperatura do ar ou movamos o experimento para um ambiente mais frio. Outros se concentrarão apenas no ar e proporão que um experimento seja realizado em um líquido ou no vácuo. Uma discussão posterior nos direciona a examinar a consistência do modelo com a visão aristotélica de que um vácuo não poderia existir. Portanto, o ar aquecido, correndo para preencher um vazio, parecia uma explicação razoável na época de Plutarco.

Outros modelos também são examinados. Em 1600, Gilbert apresentou um modelo de eletricidade em seu tratado DeMagnete, que sugeria que um “eflúvio” foi emitido pelo “elétrico” e aderiu ao objeto próximo puxando-o de volta para o elétrico. Quando solicitados a desafiar o modelo de Gilbert, os alunos prontamente reconheceriam que poderíamos colocar algo entre o elétrico e o objeto. Depois que

os alunos desafiarem esses modelos iniciais, eles devem começar a enfrentar as implicações de suas próprias concepções enquanto constroem um proto-modelo de eletricidade usando experimentos simples para demonstrar a existência de dois tipos de carga. Por exemplo, podemos colocar um pedaço de fita adesiva em uma mesa e pressionar outra em cima. Se os removermos rapidamente e os separarmos, eles irão ficar carregadas de forma oposta. Em todos os casos, descobrimos que a fita superior repele qualquer outra fita superior, a fita inferior repele a fita inferior e as fitas superior e inferior se atraem. Os princípios desse proto-modelo logo ficam claros; carga é o nome da propriedade que dá origem aos fenômenos elétricos e existem dois tipos de carga; cargas semelhantes se repelem e cargas diferentes se atraem.

Devemos agora desafiar nosso próprio modelo, testá-lo e modificá-lo para elaborar mais explicações e previsões. Usando modelos do século 18 de um fluido, dois fluidos e duas partículas, os alunos escrevem suas próprias explicações para fenômenos eletrostáticos simples. Usando um modelo de um fluido, os alunos geralmente propõem que quando uma fita é pressionada sobre a outra, a pressão desloca um pouco do fluido elétrico da fita superior para a inferior. A fita superior agora tem menos fluido e a fita inferior mais fluido, ou seja, eles ficam com carga oposta e a carga é conservada. Os alunos reconhecem os modelos de fluidos como a base para explicações plausíveis da eletricidade. Para desafiar o modelo, entretanto, a consistência com teorias científicas em outros domínios deve ser levada em consideração. Os experimentos de Faraday, a descoberta de Thomson de que os raios catódicos eram partículas, o experimento de folha de ouro de Rutherford e o experimento da gota de óleo de Millikan fornecem fortes evidências para acreditar que o modelo de partícula é um bom modelo de eletricidade.

O aluno é agora solicitado a confrontar o modelo de partícula com outra pergunta: “Por que não existe um terceiro tipo de partícula carregada e, se houvesse, que tipo de comportamento teria?” Se um

## sumário



terceiro tipo de carga existisse, ele teria que atrair ou repelir as duas outras cargas. Agora podemos introduzir um evento discrepante trazendo um isolador neutro próximo a ambos os tipos de carga. O fato de que o objeto neutro atrai ambos os tipos de carga é um enigma. Mais uma vez, precisamos elaborar nosso modelo para incluir uma explicação para a natureza fixa de uma carga e o movimento da outra. Por fim, verificamos a consistência com o modelo atômico da matéria e, se quiser, agora você pode até nomear as cargas. Uma ampla variedade de fenômenos eletrostáticos pode ser investigada e, posteriormente, o modelo de partícula da eletricidade pode ser estendido para incluir a eletricidade atual e o comportamento dos circuitos elétricos. Em todos os casos, os alunos são convidados a delinear suas próprias ideias e confrontar e desafiar as ideias de alguns dos maiores pensadores da história da ciência.

## CIÊNCIA NO COLLEGE

No *college*, a incorporação de história da ciência e tecnologia em cursos técnicos individuais pode oferecer aos alunos que escolheram carreiras em tecnologia uma visão mais ampla, uma maior apreciação das questões em seu campo escolhido e ajudá-los a tomar decisões informadas sobre as vantagens e desvantagens de questões relacionadas com tecnologia e ciência.

Os programas de tecnologia no oeste do Canadá são geralmente programas de dois anos. Eles tendem a se concentrar em um aspecto estreito da tecnologia, por exemplo, telecomunicações, sistemas de energia ou computadores. Com a complexidade cada vez maior de nossa tecnologia, as demandas por conhecimento especializado estão aumentando. Ao mesmo tempo, as organizações profissionais exigem a inclusão de cursos de gestão em programas de tecnologia. Visto que aumentar a duração dos programas muitas vezes não

é considerado viável, a solução é reduzir os cursos de ciências mais gerais. O corte produz pessoal treinado tecnicamente, mas não necessariamente alfabetizado tecnologicamente. Eles conhecem apenas uma área restrita a sua disciplina e não estão familiarizados com outros tipos de tecnologias, mesmo as intimamente relacionadas.

A notória engenheira canadense Ursula Franklin (1990, p.12) define tecnologia como um sistema que inclui os componentes materiais, organização, procedimentos, símbolos, novas palavras, equações e um *mindset*. Segundo ela, as pessoas que se dedicam à tecnologia como ocupação devem adquirir um conhecimento factual de todos esses aspectos da tecnologia<sup>72</sup>.

Sempre que estamos envolvidos com tecnologia, projetando equipamentos, utilizando-os para controle de processos, etc., tendemos a acreditar que só a tecnologia de ponta importa. Falamos da “vanguarda da tecnologia” e insinuamos que tudo o que existia no passado foi deixado para trás. As disciplinas técnicas que ensinamos revelam o que é, sem fazer qualquer conexão com o que era antes. Tendemos a esquecer que os desenvolvimentos em tecnologia costumam ser arbitrários e levam em conta padrões arbitrários. Levamos esses padrões à medida que avançamos, para o bem ou para o mal. Infelizmente, essa falta de conexão com o passado pode levar à falta de compreensão e até mesmo a equívocos. Usaremos vários exemplos da tecnologia elétrica para ilustrar que a história dos desenvolvimentos tecnológicos pode melhorar a compreensão de todos os quatro tipos de conhecimento.

No campo da transmissão de energia elétrica, embora os equipamentos de proteção nas linhas de transmissão agora sejam projetados em microprocessadores, eles continuam emulando características de dispositivos analógicos mais antigos. Saber como as propriedades destes dispositivos foram determinadas contribui para aprender

72 Estas questões são preocupações basilares das pesquisas em C-T-S, para detalhes ver Santos & Montirmer (2002) e Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007).

a usa-los e configura-los (uma habilidade técnica). Analisar seu desempenho (conhecimento de engenharia) em um sistema de potência também é aprimorado. Outro exemplo é o nosso uso da frequência de 60 Hz; os alunos muitas vezes ficam intrigados por que exatamente essa frequência é usada, pensando que talvez tenha havido estudos feitos no passado que estabeleceram essa frequência como “a melhor”. A história do desenvolvimento da transmissão de energia elétrica, entretanto, revela que a transmissão de energia começou originalmente como transmissão de corrente contínua, depois foi suplantada por sistemas usando frequências alternadas e, finalmente, os engenheiros estabeleceram nosso padrão atual sem nenhuma razão técnica específica. Em nossa experiência, narrar os anos turbulentos de confrontos ferozes entre Edison e Westinghouse no final do século XIX em cursos sobre sistemas de energia para estudantes de tecnologia elétrica não apenas promove empolgação, mas aprofunda a compreensão de por que os equipamentos e padrões são como são. Saber sobre os desenvolvimentos e as dificuldades encontradas durante os últimos 150 anos de sistemas de potência impactam nas habilidades técnicas, no conhecimento da engenharia e, dependendo da profundidade do curso, nas áreas problemáticas e no conhecimento científico dos estudantes de tecnologia<sup>73</sup>.

A consciência dos fatores determinantes no desenvolvimento de ideias científicas é um fator importante na compreensão das teorias em ciência e engenharia. Da mesma forma, buscar a história do desenvolvimento de dispositivos e máquinas é um fator importante para entender como os dispositivos são modelados e analisados. A história também pode colocar em perspectiva a relação entre tecnologia e ciência. Hoje pensamos na tecnologia como a aplicação da ciência. A mídia popular, e muitas vezes o ensino de ciências, apresenta as teorias científicas como o ponto de partida necessário para o desenvolvimento de novos dispositivos, que é feito em grandes laboratórios de pesquisa

73 Essas questões são bem contextualizadas em GREF (1998).

institucionalizados. Estudos históricos, no entanto, mostram que os grandes laboratórios de pesquisa institucionalizados não existiam até cerca de 150 anos atrás<sup>74</sup>. Há muitos exemplos que ilustram que não apenas a tecnologia pode se desenvolver sem uma teoria científica, mas também pode ser uma base necessária no desenvolvimento de teorias científicas. Talvez o melhor exemplo de tecnologia pioneira seja o trabalho da T. A. Edison, que empregou em seus laboratórios um grande número de pessoas tecnicamente altamente talentosas para trabalhar no aprimoramento de muitas ideias tecnológicas sem o uso direto de teorias científicas<sup>75</sup>. Na verdade, indústrias inteiras desenvolvidas por tentativa e erro - construção naval, indústrias têxteis, construção civil são apenas algumas que foram bem desenvolvidas sem a aplicação de teorias científicas. Não temos a intenção de minimizar a importância da ciência na tecnologia, mas queremos enfatizar o quão entrelaçadas elas estão. Um exemplo da relação interdependente é a teoria termodinâmica do desenvolvimento. As motivações necessárias para o desenvolvimento da teoria termodinâmica foram a invenção da máquina a vapor e a necessidade de aumentar sua eficiência. Além disso, a relação entre ciência e tecnologia muda continuamente. Embora no passado fosse a tecnologia que possibilitava o desenvolvimento da ciência, na história mais recente é a ciência que impulsiona o desenvolvimento da tecnologia. Os dispositivos eletrônicos e de comunicação que mudaram nossa sociedade não seriam possíveis sem a teoria quântica e a teoria eletromagnética<sup>76</sup>.

Tentei resumir brevemente como o conhecimento da história da ciência e da tecnologia pode ajudar no desenvolvimento da alfabetização tecnológica. Tanto a ciência quanto a tecnologia

74 Os laboratórios institucionalizados só apareceriam na segunda metade do século XIX.

75 Entre estes pesquisadores estava Lewis Howard Latimer, cientista afro-americano, responsável pela criação da lâmpada de filamento de carbono (Pinheiro, 2021). Esse episódio permite trazer à tona as questões de racismo e invisibilidade étnica na História das Ciências.

76 Diversas aplicações tecnológicas podem ser vistas em Peruzzo, Pottker & Prado (2014).

se desenvolvem dentro das contingências sociais paralelas ao momento em que o desenvolvimento está ocorrendo. Compreender a natureza mutável da relação entre tecnologia e ciência e vê-la em sua perspectiva histórica aumenta nossa apreciação dos aspectos positivos e negativos da tecnologia<sup>77</sup>.

## CIÊNCIA NA UNIVERSIDADE

No ensino universitário de ciências, a flexibilidade instrucional é significativamente maior do que em escolas de segundo grau e *colleges* técnicos. Normalmente, o instrutor do curso universitário precisa apenas cumprir a ementa do curso conforme o calendário acadêmico, uma tarefa que pode ser realizada por meio de diversas abordagens. Desde que o corpo docente da universidade esteja convencido da conveniência da abordagem contextual histórica delineada aqui, o tipo de reforma educacional que gostaríamos de ver é mais crível ocorrer nas universidades. Vários departamentos de física de universidades e *colleges* já embarcaram em esforços ambiciosos de reforma que incorporam ensino contextual que inclui a história da ciência como uma conjuntura (HOLBROW *et al.*, 1999; COLEMAN & GRIFFITH, 1997). O *Large Context Problem* [LCP] com base histórica é um método de estudar tópicos em um ambiente de grupo (Stinner 1994b). Na Universidade de Winnipeg, o Departamento de Física incorporou investigações teóricas como um componente do laboratório avançado. A abordagem *Large Context Problem* [LCP] fornece uma motivação, estrutura e contexto para investigações laboratoriais da teoria, além de investigações

77 Para uma discussão sobre as relações entre Ciência e Tecnologia, além das abordagens Ciência-Tecnologia-Sociedade (C-T-S) (*cf.* nota [57]), recomendamos: Dixon (1973), Chalmers (1994), Fourez (1995), Hobsbawn (1995, p. 504-536), Bauman (1998, 1999, 2010), Soares (2001), Bourdieu (2004, 2007), Morin (2005), Shinn & Ragouet (2008), Lacey (2008, 2010), Bauman & May (2010), Hayashi, Rigollin, Keabau (2014), Habermas (2014) e Marcuse (2015).

experimentais. Um tópico comum no currículo de física da universidade é a teoria eletromagnética. A história de Lord Kelvin e seu desenvolvimento da teoria de transmissão de sinais em um longo cabo submarino e a posterior instauração do primeiro cabo Atlântico apresenta essa teoria no contexto de sua origem<sup>78</sup>.

### Lord Kelvin e o Cabo Atlântico

O episódio histórico de Lord Kelvin (Sir William Thomson) e a colocação do primeiro cabo do Atlântico entre 1857 e 1866 é uma história épica. Envolve um grande suspense e uma aventura com risco de morte. Ao mesmo tempo, o sucesso da missão só foi possível com a solução de uma ampla gama de problemas científicos e tecnológicos. Na história do cabo Atlântico, a relação entre ciência e tecnologia é vividamente demonstrada. Por um lado, o sucesso foi possível graças à ciência de Kelvin. Por outro lado, Kelvin dependia da invenção de uma tecnologia de teste elétrico apropriada para verificar suas teorias.

Um dos principais problemas era a qualidade elétrica de um longo cabo coaxial - um cabo de 2.500 milhas (4.000 km) de comprimento. Filósofos naturais da época de Kelvin discordavam sobre a maneira como os parâmetros do cabo afetariam sua capacidade de transmissão rápida de um sinal; por exemplo, Faraday pensou que a capacitância do cabo seria o fator determinante; mas Kelvin discordou. Em 1855, ele publicou um artigo sobre as características elétricas de cabos longos. A resposta de Kelvin, que ficou conhecida como sua "doutrina dos quadrados", foi que o valor do atraso do sinal dependia do quadrado do comprimento do cabo. Além disso, ele sustentou, em suas negociações com a empresa de cabos Atlantic, que medidas de

78 Outra possibilidade é uma discussão sobre o problema da coordenação do tempo que levou Poincaré e Einstein a desenvolverem a Teoria da Relatividade Especial. Para detalhes ver Galison (2003).



controle de qualidade deveriam ser tomadas para garantir a pureza do condutor de cobre, uma vez que a resistência do cabo era um fator preponderante (DIBNER, 1959).

As primeiras tentativas de colocar um cabo em 1857 falharam, devido ao rompimento do cabo. Para melhorar a capacidade de detectar sinais enviados pelo cabo e verificar a integridade do cabo durante a colocação do cabo, Kelvin inventou um galvanômetro de espelho, que foi chamado de galvanômetro marinho. Este galvanômetro foi capaz de detectar correntes tão pequenas quanto [da ordem de]  $10^{-11}$  Ampères (JEWKES, 2002). As letras do alfabeto foram inicialmente transmitidas como certas quantidades de deflexão na escala do galvanômetro. A invenção do galvanômetro marinho foi vista, não surpreendentemente, como muito significativa na época. Kelvin participou, como consultor científico não remunerado, de todas as expedições para instalar os cabos. Durante esse tempo, a pressão para ter sucesso foi imensa, devido às enormes quantias de investimento de capital que foram feitas. As condições climáticas aumentaram a tensão, com uma terrível tempestade de oito dias no mar ameaçando afundar os navios que seguravam o cabo. O clima da tripulação do navio foi registrado por um dos eletricitistas, que escreveu, depois que uma quebra no cabo teve que ser consertada causando dispêndio, que “Nunca houve tanta ansiedade comprimida em tal espaço” (THOMPSON, 1910, p. 363). Kelvin, no entanto, nunca duvidou do sucesso ao final. Quando chegou a notificação em 5 de agosto de 1858, de que a comunicação pelo cabo transatlântico havia sido estabelecida, houve celebrações públicas em todos os Estados Unidos como nunca antes havia sido testemunhado.

Kelvin (na época ainda Prof. William Thomson) logo foi nomeado cavaleiro, e sua popularidade pessoal e reputação científica nunca minguaram depois disso. Apesar do resultado bem-sucedido, uma pergunta sem resposta sobre todo este empreendimento, e que vale a pena ser discutida com os alunos, é se foi uma aposta gigantesca

## sumário



ou uma certeza científica. Se alguém vê o sucesso do projeto como inevitável, até que ponto, depende do grau de certeza que se atribui às conclusões da ciência<sup>79</sup>.

### Aplicação ao Currículo Universitário

Vários problemas físicos importantes estão embutidos na história do cabo Atlântico<sup>80</sup>. O principal problema é o atraso do sinal em um circuito resistor-capacitor, feito de forma simples ou de acordo com o artigo original de Kelvin. Nos livros didáticos universitários, o tópico da capacitância é normalmente apresentado como um conjunto de fatos e equações, em um nível simples. A noção de capacitância não era clara na época de Kelvin, e o desenvolvimento da teoria tornou o desenvolvimento tecnológico possível. Hoje, nos livros didáticos introdutórios da educação superior, o tópico de capacitância raramente vai além da relação de definição para calcular a capacitância e a relação que produz a constante de tempo para um circuito capacitor-resistor simples, que pode ser percebido como seco e sem sentido pelo aluno. Ao considerar um cabo coaxial longo, o aluno é desafiado a levar a teoria a um nível mais complexo. Outros problemas interessantes são o cálculo teórico da resistência e capacitância do cabo, com base em suas especificações originais; a relação entre pureza e resistividade do cobre; a operação de um galvanômetro; a tensão em um cabo sendo lançado na água, aplicando a teoria original de Kelvin; a densidade da água do mar; e flutuabilidade do cabo. Ao usar a história para ensinar

79 Outro episódio semelhante foi a comitiva organizada por Eddington e Dyson para testar o desvio da luz previsto a Teoria da Relatividade Geral. Eddington estava bastante convencido da validade da Relatividade Geral e é controverso até que ponto essa "certeza" de Eddington não teria interferido em suas conclusões. Para detalhes ver: Whittaker (1953), Earman, Glymour (1980), Sponsel (2002), Martins (2015, 2019), Nunes e Queirós (2020b), Nunes *et al.* (2020).

80 Trata-se de um Cabo Submarino que utiliza a tecnologia de fibra ótica, permitindo a comunicação entre diferentes continentes.

uma série de conceitos de física, os alunos devem ser encorajados, desde o início, a identificar os problemas envolvidos e a escolher aqueles que seriam interessantes e fundamentais para pesquisar e resolver.

A história do cabo Atlântico é uma daquelas raras histórias que não só se consegue capturar a imaginação do leitor, mas pode ser usada por professores para motivar o estudante universitário de física a tentar resolver problemas intrigantes e, ao mesmo tempo, contextualizar esses problemas corretamente. Quando Lord Kelvin morreu em 1907, ele foi enterrado na Abadia de Westminster, ao lado de Sir Isaac Newton. Sob essa óptica, é interessante notar que colocamos os problemas kelvinianos no currículo ao lado dos problemas newtonianos tradicionais.

## CONCLUSÕES

Tentamos apresentar argumentos para abordagens contextuais e históricas no ensino de ciências, desde os primeiros anos até a educação pós-secundária. Apresentamos uma descrição da variedade de abordagens que incluem a história da ciência no ensino de ciências. Descrevemos o desenvolvimento de vinhetas, histórias científicas, estudos de caso históricos, narrativas científicas e abordagens temáticas para ajudar os professores a se tornarem mais eficazes nas aulas de ciências. Finalmente, concluímos com cinco seções nas quais as abordagens históricas apropriadas para as séries iniciais, intermediárias, finais, *college* e nível universitário foram apresentadas com algum detalhe. Acreditamos que nosso trabalho tem sido uma resposta modesta ao desafio que o famoso historiador da ciência John Heilbron nos deixou na 5<sup>a</sup> (1999) conferência IHPST<sup>81</sup> em Como, Itália:

81 International History, Philosophy, and Science Teaching.

1. Produzir estudos de caso que sejam modulares, testáveis e encorajem a ciência além do livro didático (para que se encaixem no currículo ou parte dele) por uma equipe internacional de historiadores, cientistas e professores. O principal motivo para a introdução da história da ciência é “que ela oferece exemplos das dificuldades que os cientistas notórios tiveram para construir os conceitos e adequar os fatos que compõem as teorias que os alunos lutam para dominar”.
2. Escrever boas biografias de cientistas, especialmente as de Galileo, Newton e Einstein, necessidades adequadas para os vários níveis de competência e etária dos alunos.
3. Encontrar subsídios para escrever livros “mostrando como as ideias estudadas com a ajuda dos materiais da Parte 1 se traduziram em máquinas e dispositivos que aprimoraram e ameaçaram a vida civilizada”.<sup>82</sup>

Os alunos de Educação e Ciências da Universidade de Manitoba projetaram mais de cem *Large Context Problems* [LCP] e quase o mesmo número de estudos de caso. Os estudos de caso são coletados ao final do semestre e os alunos às vezes os usam em suas aulas. Eles podem ser distribuídos por cerca de 20 grupos, desde a *descoberta de Arquimedes da lei da flutuação* e o *experimento de Torricelli para determinar o peso da atmosfera* até os *experimentos de Mendel em hibridização de plantas*, *John Dalton e sua teoria atômica* e os *experimentos eletromagnéticos de Faraday*. Também desenvolvemos diálogos (*Copérnico e os aristotélicos*), confrontos (*a teoria atômica de Dalton e a teoria da afinidade de Priestley em química*). Por fim, escrevemos dramas científicos, como *O Debate sobre a Idade da Terra*.

82 Para além das questões propostas pelos autores em sua conclusão, achamos importante inserir discussões dos temas transversais sobre questões de gênero e etnia dentro das ciências. Sobre as contribuições da diáspora africana nas ciências e tecnologia, ver Pinheiro (2021). Sobre o papel das mulheres, ver Beltran, Trindade e Tonetto (2016) e Pinheiro (2020), esta última ocupasse das mulheres negras na ciência. Sobre o papel das contribuições islâmicas a ciência, ver Grant (2009) e Hag (2020).

Esta dramatização de um prolongado confronto científico entre física, geologia e biologia foi desenvolvida por um de nós (Stinner) e apresentada na conferência IHPST em Como e mais tarde para o público em geral no Deutsches Museum, Munique em novembro de 2000. A performance também foi exibida na televisão de Baviera em dezembro de 2000 e novamente em janeiro de 2001.

Infelizmente, ainda não foi desenvolvida uma maneira sistemática de incorporar esses estudos de caso (várias unidades de apresentação) ao ensino escolar formal. Como consequência, as evidências de sua eficácia são apenas anedóticas.

Acreditamos que o que ainda é necessário é um esforço internacional guiado por historiadores, cientistas, educadores e professores, que irá responder ao desafio de Heilbron de escrever materiais e encontrar maneiras pedagogicamente sólidas de incorporar HFC na educação científica. É hora de as ideias dos estudos de caso de James Conant serem atualizadas e revisadas para atender às necessidades dos estudantes e sociedades do século 21. A expertise e a motivação estão disponíveis. No entanto, precisamos de orientação e financiamento<sup>83</sup>.

83 Para contribuir para uma construção de interfaces entre HFC e Ensino de Ciências, recomendamos, além das obras mencionadas ao longo desse ensaio, os seguintes trabalhos: Alves (2000), Alfonso-Goldfarb & Beltran (2004, 2006), Moraes (2007), Beltran, Saito & Trindade (2014) e Beltran & Trindade (2017). O livro de Bassalo, Caruso & Marques (2021) além de fazer uma contextualização histórica sobre as bases filosóficas da Física, também levanta algumas questões filosóficas trazidas pela física moderna e que ainda estão em aberto. Reflexões sobre o impreciso e as incertezas, introduzidas pelos modelos não lineares e pela mecânica quântica, podem ser vistas em Moles (1995). Japiassu (2011) traz importantes questões sobre a Natureza da Ciência, como a questão da Neutralidade e a da Ética. Japiassu (1991) e Thuillier (1994) retratam os valores que também influenciaram a ciência e seus atores científicos. Sobre o processo de criação científica, ver Moles (1981). Japiassu (1992) por meio de uma análise histórica, discute o status epistemológico da astrologia, ajudando na compreensão da emergência das chamadas pseudociências. Sobre os novos desafios da educação científica recomendamos Japiassu (1983, 1999). Por fim, para uma defesa da ciência contra o relativismo radical, mas sem cair nas armadilhas de um cientificismo e uma visão positivista, recomendamos Japiassu (2001), Lacey (2008) e Takimoto (2021).

## PÓS-ESCRITO

Acabamos de receber outra doação considerável da SSHRC<sup>84</sup> para a 7ª conferência IHPST, a ser realizada em Winnipeg, Manitoba, no verão de 2003. Nosso grupo, consistindo dos autores deste artigo (mais três membros adicionais) são responsáveis por esta conferência. Estamos especialmente lisonjeados porque vemos a concessão dessas duas bolsas como um reconhecimento da disciplina emergente da história da ciência no ensino de ciências. O subsídio nos permitirá patrocinar um bom número de estudantes canadenses de pós-graduação que desejam participar da conferência, fornecer suporte financeiro parcial para palestrantes convidados, bem como acadêmicos de países do Terceiro Mundo, e nos permitirá contratar alunos para nos ajudar a organizar e administrar a conferência.

## NOTAS

- a. SLO 2-2-17 Faz previsões e experimentos para determinar se uma variedade de materiais flutua ou afunda na água. SLO 2-2-18 Demonstra maneiras de fazer os materiais que afundam flutuarem e os materiais flutuantes afundarem. SLO 2-2-19 Usa o processo de design para construir um objeto que seja flutuante e capaz de suportar uma determinada massa / peso. (Manitoba Education and Training, 1999, p. 3.31).
- b. Bendick (1962), Gordon (1971), Ispen (1988), Lafferty (1991) e Lexau (1969).

84 Social Sciences and Humanities Research Council

São livros sobre descobertas científicas e cientistas como *Stories from Science 2* de Sutcliffe e Sutcliffe (1962); *Force & Motion in the Eyewitness Science Series* de Lafferty (1992); *The Serendipity Effect* de Verstraete (1989); entre outros.

## REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. *et al.* 'History of Science-With Labs', **Science and Education**, v. 8, p. 619–632, 1999.

ALLEN, P. **Who Sank the Boat?** Toronto: Penguin Books, 1988.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. **Benchmarks for Science Literacy: Project 2061**. New York: Oxford University Press, 1993.

ARONS, A. Historical and Philosophical Perspectives Attainable in Introductory Physics Courses. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, n. 2, p. 13–23, 1989.

BENDICK, J. **Archimedes and the Door of Science (Immortals of Science Series)**. New York: Franklin Watts, Inc., 1962.

BROWN, S. **Count Rumford: Physicist Extraordinary**. New York: Anchor Books, Doubleday & Company Inc., 1962.

BROWN, S. **Collected Works of Count Rumford**. Cambridge: Belknap Press of Harvard University, 1968–1970.

BROWN, S. Benjamin Thompson, Count Rumford. **The Physics Teacher**, v. 14, n. 5, p. 270–282, 1976.

BRUSH, S. G. Should the History of Science be Rated “X”? **Science**, v. 18, p. 1164–1172, 1974.

BRUSH, S. G. History of Science and Science Education. **Interchange**, v. 20, n. 2, p. 60, 1989.

BUCKLEY, B. C. Interactive Multimedia and Model-Based Learning in Biology. **International Journal of Science Education**, v. 2, n. 9, p. 895–935, 2000.

COLEMAN, L. GRIFFITH, D. Physics in Context. *In*: REDISH, E.F. RIGDEN J. S. (eds.). **The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities**. Proceedings of ICUPE. The American Institute of Physics, 1997. [WWW document]. URL. <http://psrc-online.org/classrooms/papers/coleman.html>.

CONANT, J. **Harvard Case Histories in Experimental Science**. Cambridge: Harvard University Press, 1957.

COUNCIL OF MINISTERS OF EDUCATION. Canada. **Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12: Pan-Canadian Protocol for Collaboration on School Curriculum**. Toronto: Council of Ministers of Education, 1997.

CRESSWELL, J. **Creating Worlds, Constructing Meaning: The Scottish Storyline Method**. Portsmouth: Heinemann, 1997.

CUNNINGHAM, L. J. GALL, M. D. The Effects of Expository and Narrative Prose on Student Achievement and Attitudes Toward Textbooks. **Journal of Experimental Education**, v. 58, n. 3, p. 165–175, 1990.

DIBNER, B. **The Atlantic Cable**. New York: Burndy Library, 1959.

DICKINSON, V. ABD-EL-KHALICK, F. LEDERMAN, N. G. The Influence of a Reflective Activity-Based Approach on Elementary Teachers. **Conceptions of the Nature of Science**, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Boston, 1999.

DUSCHL, R. A. Research on the History and Philosophy of Science. In GABEL, D. L. (ed.). **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**, New York: Macmillan, 1994, pp. 443–465.

DUVEEN, J. SOLOMON, J. The Great Evolution Trial: Use of Role-Play in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 5, p. 575–582, 1994.

EGAN, K. **Teaching as Story Telling**. London: The Althouse Press, University of Western Ontario, 1986.

ELLIS, B. F. The Cottonwood: How I Learned the Importance of Storytelling in Science Education. **Science and Children**, v. 38, n. 4, p. 43–46, 2000.

FRANKLIN, U. **The Real World of Technology**. Toronto: CBC Massey Lectures, CBC Enterprises, 1990.

FRASER, B. J. TOBIN, K.G. (eds.). **International Handbook of Science Education: Part One**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.

GALAS, K. **The Languages of Learning: How Children Talk, Write, Draw, Dance, and Sing their Understanding of the World**. New York: Teachers College Press, 1994.



GALILI, I. HAZAN, A. The Influence of an Historically Oriented Course on Students Content Knowledge in Optics Evaluated by Means of Facets-Schemes Analysis, **Physics Education Research: A Supplement to the American Journal of Physics**, v. 68, n. 7, S3–S15, 2000.

GILBERT, J. K. BOULTER C. J. Stretching Models Too Far, **Paper Presented at the Annual Meeting of the America Educational Research Association**, San Francisco, April, p. 22–26, 1995.

GILBERT, J. K. OSBORNE, R. J. The Use of Models in Science Teaching. **European Journal of Science Education**, v. 2, n. 1, p. 3–13, 1980.

GILBERT, W. **De Magnete**. New York: Dover Publications, 1958.

GLYNN, S. M. DUIT R. (eds.). **Learning Science in the Schools: Research Informing Practice**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1995.

GOBERT, J. D. BUCKLEY, B. C. Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 891–894, 2000.

GORDON, S. **Archimedes, about 287-212 B.C.: His Life, Work, and Experiments (A Pageant of Scientists Series)**. Oxford: Basil Blackwell & Mott Limited, 1971.

HODSON, D. Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. **Science Education**, v. 72, n. 1, p. 19–40, 1988.

HOLBROW, C. H. LLOYD, J. N. AMATO, J. C. **Modern Introductory Physics**. New York: Springer-Verlag, 1999.

IRWIN, A. R. Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in Context', **Science Education**, v. 84, p. 5–26, 2000.

ISPEN, D. C. **Archimedes: Greatest Scientist of the Ancient World**. Hillsdale: Enslow Publishers Inc., 1988.

JEWKES, M.: **Lord Kelvin's Inventions**. n.d./2002. [WWW document] URL <http://www.revelation.gla.ac.uk/Projects/Abbotsford/Artefacts/>

JONES, K. M. The Attainment of Understandings About the Scientific Enterprise, Scientists, and the Aims and Methods of Science by Students in a College Physical Science Course. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 6, n. 1, p. 47–49, 1969.

JORDAN, T. Themes and Schemes: A Philosophical Approach to Interdisciplinary Science Teaching. **Synthese**, v. 80, p. 63-79, 1989.

## sumário

JUSTI, R. GILBERT J. K. History and Philosophy of Science through Models: The Case of Chemical Kinetics. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 287–307, 2000.

KENEALY, P. Telling a Coherent “Story”: A Role for the History and Philosophy of Science in a Physical Science Course. *In*: HERGET, D.E. (ed.). **HPSST, Proc. of the First Int. Conference**, 1989, pp. 209–220.

KIPNIS, N. Theories as Models in Teaching Physics. **Science & Education**, v. 7, n. 3, p. 245–260, 1998.

KUBLI, F. Can the Theory of Narratives Help Science Teachers be Better Storytellers? **Science & Education**, v. 10, n. 6, p. 595–599, 2001.

LAFFERTY, P. **Archimedes (Pioneers of Science Series)**. East Sussex: Wayland Publishers Limited, 1991.

LAFFERTY, P. **Force and Motion (Eyewitness Science)**. Toronto: Stoddart Publishing Co. Limited, 1992.

LEDERMAN, N. G. The State of Science Education: Subject Matter Without Context, **Electronic Journal of Science Education**, v. 3, n. 2, 1998. [WWW Document]. URL <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/lederman.html>.

LEXAU, J. M. **Archimedes Takes a Bath**. New York: Thomas Y. Crowell Company, 1969.

LOCKHEAD, J. DUFRESNE, R., Helping Students Understand Difficult Science Concepts through the Use of Dialogues with History. (**Pamphlet**). 1989.

MACHAMER, P. Philosophy of Science: An Overview for Educators. *In*: **Teaching About the History and Nature of Science and Technology: Background Papers**, Colorado Springs: BSCS, 1992.

MANITOBA EDUCATION AND TRAINING. **Kindergarten to Grade 4 Science: Manitoba Curriculum Framework of Outcomes**. Winnipeg: Manitoba Education and Training, 1999.

MATTHEWS, M. R. **Time for Science Education: How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000.

MCGILLY, K. (ed.). **Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice**. Cambridge: The MIT Press, 1994.

## sumário



MILNE, C. Philosophically Correct Science Stories? Examining the Implications of Heroic Science Stories for School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 175–187, 1998.

MINSTRELL, J. VAN ZEE, E. H. (eds.), **Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 2000.

MONK, M. Mathematics in Physics Education: A Case of More Haste Less Speed. **Physics Education**, v. 29, n. 4, p. 209, 1994.

MONK, M. OSBORNE, J. Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. **Science Education**, v. 81, n. 4, p. 405–424, 1997.

OGUNNIYI, M. B. Relative Effects of a History/Philosophy of Science Course on Student Teachers Performance on Two Models of Science. **Research in Science & Technological Education**, v. 1, n. 2, p. 193–199, 1983.

OLSTAD, R. G. The Effect of Science Teaching Methods on the Understanding of Science. **Science Education**, v. 53, n. 1, p. 9–11, 1969.

OSBORNE, R. Children's Dynamics. **The Physics Teacher**, p. 504–508, 1984.

RAMAN, V. Teaching Aristotelian Physics through Dialogue, **The Physics Teacher**, p. 580–583, 1980.

ROACH, L. E. WANDERSEE, J. H. Short Story Science. Using Historical Vignettes as a Teaching Tool. **Science Teacher**, v. 60, n. 6, p. 18–21, 1993.

ROLLER, D. ROLLER, D. **The Development of the Concept of Electric Charge**. Cambridge: Harvard University Press, 1954.

RUTHERFORD, F. J. Fostering the History of Science in American Science Education: The Role of Project 2061, **Science & Education**, v. 10, n. 6, p. 569–580, 2001.

SADOSKI, M. QUAST, Z. Reader Response and Long-Term Recall for Journalistic Text: The Roles of Imagery, Affect, and Importance. **Reading Research Quarterly**, v. 25, n. 4, p. 256–272, 1990.

SEROGLOU, F. KOUMARAS, P. TSELFES, V. History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism. **Science & Education**, v. 7, p. 261–280, 1998.

SNEIDER, C. OHADI, M. M. Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity. **Science Education**, v. 82, n. 2, p. 265–285, 1998.

## sumário



SOLOMON, J. SCOTT, L. DUVEEN, J. Large Scale Exploration of Pupils' Understanding of the Nature of Science. **Science Education**, v. 80, p. 493–508, 1996.

STINNER, A. WILLIAMS, H. Conceptual Change, History, and Science Stories. **Interchange**, v. 24, p. 87–104, 1993.

STINNER, A. The Teaching of Physics and the Contexts of Inquiry: From Aristotle to Einstein. **Science Education**, v. 73, n. 5, p. 591–605, 1989.

STINNER, A. Providing a Contextual Base and a Theoretical Structure to Guide the Teaching of High School Physics. **Physics Education**, v. 29, p. 375–383, 1994a.

STINNER, A. The Large Context Problem Approach: Providing a Contextual Base and a Theoretical Structure to Guide the Teaching of High School Physics. **Physics in Canada**, v. 50, n. 1, p. 45–51, 1994b.

STINNER, A. The Story of Force: From Aristotle to Einstein, **Physics Education**, v. 29, n. 2, p. 77–85, 1994c.

SUTCLIFFE, A. SUTCLIFFE, A. P. D. **Stories from Science: 2**. London: Cambridge University Press, 1962.

THOMPSON, S. P. **The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs**. London: MacMillan and Co., 1910.

VERSTRAETE, L. **The Serendipity Effect**. Richmond Hill: Scholastic-TAB Publications Ltd., 1989.

WANDERSEE, J. H. Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions? **Journal of Research in Science Teaching**. v. 23, n. 7, p. 581–597, 1985;

WANDERSEE, J. H.: On the Value and Use of the History of Science in Teaching Today's Science: Constructing Historical Vignettes. *In*: HERGET, D. E. (ed.). **More History and Philosophy of Science in Science Teaching**. Tallahassee: Florida State University, 1990, pp. 278–283.

WANDERSEE, J. H. The Historicity of Cognition: Implications for Science Education Research, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 423–434, 1992.

WILSON, M. Count Rumford. **Scientific American**, v. 203, n. 4, p. 158–166, 1960.

## sumário



## AGRADECIMENTOS (COMENTARISTAS)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC – Brasil.

## REFERÊNCIAS (COMENTÁRIOS)

- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Orgs.). **Escrevendo a História da Ciência: Tendências, Propostas e Discussões Historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física; Educ, 2004.
- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Orgs.). **O Saber Fazer e Seus Muitos Saberes**. São Paulo: Livraria da Física; Educ, 2006.
- ALVES, Rubem. **Filosofia da ciência: Introdução ao jogo e a suas regras**. 19ª ed. São Paulo: Edições Loyola, 2000.
- ANDERY, Maria Amália *et al.* **Para Compreender a Ciência: uma perspectiva histórica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2020.
- BASSALO, José. Maria Filardo. **Eletrodinâmica Quântico**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- BASSALO, José. Maria Filardo. **Eletrodinâmica Clássica**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- BASSALO, José Maria Filardo. CARUSO, Francisco. MARQUES, Adílio Jorge. **Introdução às Bases Filosóficas da Física: Uma Abordagem Histórica**. São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade e Holocausto**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.
- BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade e Ambivalência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.
- BAUMAN, Zygmunt. **Legisladores e intérpretes: Sobre modernidade, pós-modernidade e intelectuais**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.
- BAUMAN, Zygmunt. MAY, Tim. **Aprendendo a Pensar com a Sociologia**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. (Org.). **A Imprensa, a Pólvora e a Bússola: ciência e técnica nas origens da ciência moderna**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência: Tópicos Atuais**. São Paulo: Livraria da Física, 2010a.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência: Tópicos Atuais 2**. São Paulo: Livraria da Física, 2010b.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência: Tópicos Atuais 3**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência: Tópicos Atuais 4**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência: Tópicos Atuais 5**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. SAITO, Fumikazu. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. **História da Ciência Para Formação de Professores**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

BELTRAN, Maria Helena Roxo. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). **História da Ciência e Ensino: Abordagens Interdisciplinares**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

BELTRAN, Maria Helena Roxo *et al.* **Práticas e Estratégias Feministas: história de mulheres nas ciências da matéria**. São Paulo: Livraria da Física., 2016.

BENETTI, Bernadete. O ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: construindo diálogos em formação continuada. *In: Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, VII, Campinas, 2011.

BOSS, Sergio Luiz Bragatto. *et al.* A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores: breves considerações sobre dificuldades de leitura e entendimento. pp. 171-197. GATTI, Sandra Regina Teodoro. NARDI, Roberto. (Orgs.). **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências – A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. São Paulo: Editora Escrituras, 2016.

BOURDIEU, Pierre. **Usos Sociais da Ciência: Por uma sociologia clínica do campo científico.** São Paulo: Editora Unesp, 2004.

BOURDIEU, Pierre. **A economia das Trocas Simbólicas.** São Paulo: Perspectiva, 2007.

CAMPANINI, Barbara Doukay. ROCHA, Borges Rocha. Ciência e arte: contribuições do teatro científico para o ensino de ciências em atas do ENPEC. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, XI, Florianópolis, 2017.

CAMPOS, Raquel Sanzovo Pires de. CAMPOS, Luciana Maria Lunardi. A formação do professor de ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental e a compreensão de saberes científicos. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 13, n. 25, p. 135-146, 2016.

CASSIDY, David. C. HOLTON, Gerald. RUTHERFORD, F. James. **Understanding Physics.** New York: Springer, 2002.

CHALMERS, Alan F. **O Que é Ciência Afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHALMERS, Alan F. **A Fabricação da Ciência.** São Paulo: Editora Unesp, 1994.

COSTICHE, Samuel W. S. *et al.* 2019. Dramatização e experimentação como recursos didáticos para o ensino e divulgação de ciências naturais. **Física na Escola**, v. 17, n. 1, p. 61-67, 2019.

DAHER, Alessandra Ferreira Beker. MACHADO, Vera de Mattos. Ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental: o que pensam os professores. **Revista da SBEnBio**, v. 9, p. 1215-1226, 2016.

DASCAL, Marcelo. BOANTZA, Victor D. (Eds.). **Controversies Within the Scientific Revolution.** Amsterdam: John Benjamins, 2011.

DIXON, Bernard. **Para que Serve a Ciência?** São Paulo: Companhia Editora Nacional; Editora da USP, 1973.

EARMAN, John. GLYMOUR, Clark. Relativity and eclipses: the British eclipse expeditions of 1919 and their predecessors. **Historical Studies in the Physical Sciences**, v. 11, p. 49-85, 1980.

EINSTEIN, Albert. INFELD, Leopold. **A Evolução da Física.** Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

ENGELHARDT JR., H. Tristram., CAPLAN, Arthur L. (eds.). **Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology.** Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

## sumário

EPSTEIN, Isaac. **Divulgação Científica: 96 Verbetes**. Campinas: Pontes, 2002.

FOUREZ, Gerard. **A Construção das Ciências**. São Paulo: Editora Unesp, 1995.

FREIRE JR., Olival. Sobre “As Raízes Sociais e Econômicas dos Principia de Newton”. **Revista da Sociedade Brasileira de Historia da Ciência**, v. 9, p. 51-64, 1993.

FREIRE JR., Olival. **The Quantum Dissidents – Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950-1990)**. Berl2023 Springer, 2015.

GALISON, Peter. **Einstein’s Clocks, Poincare’s Maps: Empires of Time**. New York: W. W. Norton & Company, 2004.

GIL-PEREZ, Daniel. *et al.* Para uma imagem não-deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOMES, Geovane Ferreira. A Ciência Guiada por Fatores Sociais: a abordagem de Boris Hessen e sua contribuição para a Sociologia da Ciência. 2023 HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. RIGOLIN, Carneiro Dias Rigolin. KERBAUY, Teresa Miceli Kerbauy. (Orgs). **Sociologia da Ciência: Contribuições ao Campo CTS**. Campinas: Alínea, 2014, p. 41-58

GRANT, Edward. **História da filosofia natural: Do Mundo Antigo Ao Seculo XIX**. São Paulo: Madras, 2009.

GUIMARÃES, Renan Sota. SOUZA, Luciana de Boer Pinheiro de. FREIRE, Leila Inês Follmann. O lugar do teatro científico na pesquisa em ensino de ciências: uma revisão bibliográfica nas atas do ENPEC. **Revista Valore**, v. 3, Edição Especial, p. 165-175, 2018.

HABERMAS, Jürgen. **Técnica e Ciência como “Ideologia**. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

HACKING, Ian. **Representar e Intervir. Tópicos Introdutórios de Filosofia da Ciência Natural**. Rio de Janeiro: Editora Uerj, 2012.

HAG, Syed Nomanul. Mito 4: Que a cultura medieval islâmica era hostil à ciência. *In*: NUMBER, Ronald L. (Org.). **Terra Plana, Galileu na Prisão e Outros Mitos sobre Ciência e Religião**. Rio de Janeiro: Thomas Nelson Brasil, 2020, p. 57-67.

HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. RIGOLIN, Carneiro Dias Rigolin. KERBAUY, Teresa Miceli Kerbauy. (Orgs). **Sociologia da Ciência: Contribuições ao Campo CTS**. Campinas: Alínea, 2014.

## sumário





HENRY, John. **A Revolução Científica. e as Origens da Ciência Moderna.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

HOBSBAWM, Eric. **Era dos Extremos: Breve História do Século XX (1914-1991).** São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HOLTON, Gerald. **Introduction to Concepts and Theories in Physical Science.** Cambridge: Addison-Wesley, 1952.

JAMMER, Max. **Conceitos de Força.: Estudos sobre os Fundamentos da Dinâmica.** Rio de Janeiro: Contraponto; Editora PUC-Rio, 2011.

JAPIASSU, Hilton. **A Pedagogia da Incerteza e Outros Estudos.** Rio de Janeiro: Imago, 1983.

JAPIASSU, Hilton. **Introdução ao Pensamento Epistemológico.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.

JAPIASSU, Hilton. **As Paixões da Ciência. Estudos de História das Ciências.** São Paulo: Letras & Letras, 1991.

JAPIASSU, Hilton. **Saber Astrologico: Impostura Científica?** São Paulo: Letras & Letras, 1992.

JAPIASSU, Hilton. **Um Desafio à Educação.** São Paulo: Letras & Letras, 1999.

JAPIASSU, Hilton. **Nem Tudo É Relativo: a questão da verdade.** São Paulo: Letras & Letras, 2001.

JAPIASSU, Hilton. **Ciências Questões Impertinentes.** São Paulo: Ideias & Letras, 2011.

JAPIASSU, Ricardo. **Metodologia do Ensino de Teatro.** Campinas: Papirus, 2001.

LACEY, Hugh. **Valores e Atividade Científica.** São Paulo: 34, 2008.

LACEY, Hugh. **Valores e Atividade Científica 2.** São Paulo: 34, 2010.

LAKATOS, Imre. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. *In:* LAKATOS, Imre. MUSGRAVE, Alan. *In:* **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento.** São Paulo: Cultrix; Editora da USP, 1979, p. 109-243.

LARSON, Edward J. Mito 20: Que o julgamento de Scopes terminou em derrota para o antievolucionismo. *In:* NUMBER, Ronald. L. (org.). **Terra Plana, Galileu na Prisão e Outros Mitos sobre Ciência e Religião.** Rio de Janeiro: Thomas Nelson Brasil, 2020, p. 239-249.

LECOURT, Dominique. **A Filosofia das Ciências.** São Paulo: Ideias & Letras, 2018.

LIMA, Daiane Ribeiro Macêdo. Uso da dramatização no ensino de ciências: um relato de experiência no ensino dos reinos monera e protista. *In: Anais CONEDU*, IV, João Pessoa, 2017.

LOSEE, John. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EdUSP, 1979.

MACHADO, Priscilla Pinheiro. MATOS, Wellington Rodrigues de. A utilização do teatro no ensino de ciências: um estudo de caso. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2012.

MACHAMER, P. PERA, M. BALTAS, A. (Eds.). **Scientific Controversies – Philosophical and Historical Perspectives**. New York: Oxford University Press, 2000.

MAIA, Carlos Alvarez. A Domesticação da História das Ciências pelo Sistema das Ciências. *In: SOARES, Luiz Carlos (Org.) Da Revolução Científica à Big (Business) Science: Cinco Ensaios de História da Ciência e da Tecnologia*. São Paulo: HUCITEC. Niterói: Editora UFF, 2001, p. 201-246.

MAIA, Carlos Alvarez. **História das Ciências: Uma História de Historiadores Ausentes**. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 2013.

MARCUSE, Herbert. **O Homem Unidimensional: Estudos da ideologia da sociedade industrial avançada**. Bauru: Edipro, 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 1 – Física Clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 243-264, 1998a.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 2 – Física Moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, 1998b.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

MARTINS, Roberto de Andrade. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *In: Studart, N. et al. (orgs.). Física – Ensino Médio. Coleção Explorando o Ensino, vol. 7*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005, p. 181-185.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: A História das Ciências e seus Usos na Educação. *In: SILVA, C. C. (org.) Estudos de História Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006a, p. XVII-XXX.

MARTINS, Roberto de Andrade. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. *In: SILVA, C. C. (org.) Estudos de História Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006b, p. 167-189.

MARTINS, Roberto de Andrade. O mito de Galileu desconstruído. **Revista de História da Biblioteca Nacional**, v. 5, número especial de História da Ciência 1, p. 24-27, 2010.

MARTINS, Roberto de Andrade. A fundamentação histórica da lei da inércia: um exemplo de conflito entre educadores e historiadores da ciência no uso da história da ciência no ensino de física. *In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, XIV, Maresias, 2012a..

MARTINS, Roberto de Andrade. **Teoria da Relatividade Especial**. São Paulo: Livraria da Física, 2012b.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A Origem Histórica da Relatividade Especial**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. A Teoria da Relatividade Geral e o Eclipse de 1919. *In: Workshop de Cosmologia e Astrofísica da UNIFESP*, V, Diadema, 2019.

MARTINS, Roberto de Andrade. *et al.* **Contágio: história da prevenção das doenças transmissíveis**. São Paulo: Moderna, 1997.

MASSONI, Neusa Teresinha. **Epistemologias do século XX**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física. 2005, 96 p. - (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v.16, n.3, 2005). Disponível em: < [https://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n3\\_Massoni.pdf](https://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n3_Massoni.pdf) >

MASSONI, Neusa Teresinha. MOREIRA, Marco Antonio. **Visões Epistemológicas (ou Sociológicas) Recentes da Ciência: Uma Introdução** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: UFRGS, 2017, 84 p.; il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira e Eliane Angela Veit, ISSN 2448-0606; v. 28, n.3, 2017). Disponível em: < [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf\\_v28n3\\_massoni\\_moreira.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v28n3_massoni_moreira.pdf) >

MCCOMAS, William F. Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know About the Nature of Science. **School Science and Mathematics**, v. 96, n. 1, p. 10-16, 1996.

MILLER, Boaz. When is consensus knowledge based? Distinguishing shared knowledge from mere agreement. **Synthese**, v. 190, n. 7, p. 1293-1316, 2013.

MOLES, Abraham A. **A Criação Científica**. São Paulo: Perspectiva, 1981.

## sumário

MOLES, Abraham A. **As Ciências do Impreciso**, Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.

MONTEIRO, Midiã Medeiros. MARTINS, André Ferrer Pinto. Inércia, História da Ciência e Ensino de Física. In: SILVA, Ana Paula Bispo da. GUERRA, Andreia. (Orgs.). **História da Ciência e Ensino: Fontes Primárias e Propostas para Sala de Aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2015, pp. 149-161.

MORAIS, Regis de. **Evoluções e Revoluções da Ciência Atual**. Campinas: Alínea, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. MASSONI, Neusa Teresinha. **Visões epistemológicas contemporâneas: uma introdução**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física. 2011a., 61 p.; il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 22, n.4, 2011a.). Disponível em: < [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22\\_n4\\_moreira\\_massoni.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_n4_moreira_massoni.pdf) >

MOREIRA, Marco Antonio. MASSONI, Neusa Teresinha. **Epistemologias Sec. XX**. São Paulo: E. P. U., 2011b.

MOREIRA, Marco Antonio. MASSONI, Neusa Teresinha. **Noções Básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

MORIN, Edgar. **Ciência com Consciência**. 8<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

NUDLER, Oscar. (Ed.). **Controversy Spaces. A Model of Scientific and Philosophical Change**. Amsterdam: John Benjamins, 2011.

NUMBERS, Ronald. L. (Org.). **Terra Plana, Galileu na Prisão e Outros Mitos sobre Ciência e Religião**. Rio de Janeiro: Thomas Nelson Brasil, 2020.

NUNES, Ricardo Capiberibe. QUEIRÓS, Wellington Pereira de. Visões deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 295-319, 2020a.

NUNES, Ricardo Capiberibe. QUEIRÓS, Wellington Pereira de. Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que precisamos superar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 531-573, 2020b.

NUNES, Ricardo Capiberibe *et al.* 2020. Uma análise histórica do filme Einstein e Eddington: possíveis contribuições para o ensino de física. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 22, p. 162-185.

OSTERMANN, Nilse Wink. **A História que se conta no livro didático: uma estória mal contada.** Dissertação (Mestrado em Sociologia) Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991

OSTERMANN, Fernanda. RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-FitzGerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

OSTERMANN, Fernanda. RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83-102, 2004.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de Física Básica: Mecânica.** São Paulo: Livraria da Física, 2012a.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de Física Básica: Termodinâmica, Ondulatória e Óptica.** São Paulo: Livraria da Física, 2012b.

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de Física Básica: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais.** São Paulo: Livraria da Física, 2013.

PERUZZO, Jucimar. POTTKER, Walmir Eno. PRADO, Thiago Gilberto do. **Física Moderna e Contemporânea. Volume 1.** São Paulo: Livraria da Física, 2014.

PIMENTEL, Paulo Augusto. DINIZ, Hugo Alex. O estudo da Lei de Resfriamento de Newton na abordagem LCP. *In*: SEMUR, Sociedad de Educación Matemática Uruguay (Ed.), **Congreso Iberoamericano de Educación Matemática**, VII. Montevideo: SEMUR. pp. 7304-7311, 2013

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. **@Descolonizando\_Saberes. Mulheres Negras na Ciência.** São Paulo: Livraria da Física, 2020.

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. **História Preta Das Coisas: 50 Invenções Científico-Tecnológicas de Pessoas Negras.** São Paulo: Livraria da Física, 2021.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto. BAZZO, Walter Antonio. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PIRES, Flaviston Ferreira. SILVA, José Alves da. FORATO, Thaís Cyrino de Mello. Estética e simetria nas leis de Newton: uma análise de alguns livros didáticos usados na formação inicial de professores de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 337-365, 2019.

POINCARÉ, Henri. **A Ciência e a Hipótese**. Brasília: Editora UNB, 1984.

RAYNAUD, Dominique. **Scientific Controversies - A Socio-Historical Perspective on the Advancement of Science**. New Brunswick: Transaction Publishers, 2015.

SANTANA FILHO, Arlindo Batista de. SANTANA, José Robson Silva. CAMPOS, Thamyres Dayana. O ensino de ciências naturais nas séries/anos iniciais do ensino fundamental. *In: Colóquio Internacional*, V, São Cristóvão, 2011.

SANTOS, Ana Flavia. Lavoisier e a História da Química: Uma Análise de Livros Didáticos. *In: BELTRAN, Maria Helena Roxo. TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. (Orgs.). História da Ciência e Ensino: Abordagens Interdisciplinares*. São Paulo: Livraria da Física, 2017, p. 81-119.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n. 2, p. 110-132, 2002

SHINN, Terry. RAGOUET, Pascal. **Controvérsias sobre a ciência: por uma Sociologia Transversalista da Atividade Científica**. São Paulo: 34, 2008.

SILVA, Cibele Celestino. (Org.). **Estudos de História Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

SILVA, Francismary Alves da. Descoberta versus Justificativa: a Sociologia e a Filosofia do conhecimento científico na primeira metade do Século XX. **Revista de Teoria da História**, v. 1, n. 2, p. 52-67, 2009.

SILVA, Ana Paula Bispo da. GUERRA, Andreia. (Orgs.). **História da Ciência e Ensino: Fontes Primárias e Propostas para Sala de Aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

SILVA, Ana Paula Bispo da. SILVEIRA, Alessandro Frederico da. (Orgs.). **História da Ciência e Ensino: Fontes Primárias. Volume 2**. São Paulo: Livraria da Física, 2018a.

SILVA, Ana Paula Bispo da. SILVEIRA, Alessandro Frederico da. (Orgs.). **História da Ciência e Ensino: Propostas para Sala de Aula. Volume 3**. São Paulo: Livraria da Física, 2018b.

SILVA, Samira Rios da. *et al.* A dramatização como estratégia de ensino-aprendizagem na perspectiva discente: um relato de experiência no curso de medicina. **Revista de Medicina**, v. 98, n. 5, p. 324-328, 2019.

## sumário



SILVEIRA, Fernando. Lang. OSTERMANN, Fernanda. A insustentabilidade da proposta indutivista de 'descobrir a lei a partir de resultados experimentais'. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 7-27, 2002.

SOARES, Luiz Carlos. (Org.). **Da Revolução Científica à Big (Business) Science: Cinco Ensaios de História da Ciência e da Tecnologia**. São Paulo: HUCITEC. Niterói: Editora UFF, 2001.

SPONSEL, Alistair. Constructing a 'revolution in science': the campaign to promote a favourable reception for the 1919 solar eclipse experiments. **The British Journal for the History of Science**, v. 35, p. 439-467, 2002.

VESTENA, Rosemar de Fátima. PRETTO, Valdir. O teatro no ensino de ciências: uma alternativa metodológica na formação docente para os anos iniciais. **Vidya**, v. 32, n. 2, p. 9-20, 2012.

TAKIMOTO, Elika. **História da Física na Sala de Aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

TAKIMOTO, Elika. **Como Dialogar com um Negacionista**. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

TEHCO USP. **Controvérsias e Concepções sobre a Natureza das Ciências - Olival Freire Jr**. Youtube, Transmitido ao vivo em 4 de dez. de 2020. Disponível em: < <https://youtu.be/91KwyztKaxl> >

WHITROW, Gerald James. **O Tempo na História: Concepções do Tempo da Pré-História aos Nossos Dias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

WHITTAKER, Edmund Taylor. **A History of the Theories of Aether and Electricity: The Modern Theories. 2**. Nashville: Thomas Nelson and Sons, 1953.

## sumário





Marta Nunes da Costa

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA E O DESAFIO DO CUIDADO DE SI

DOI: 10.31560/pimentacultural/2023.96238.2



## INTRODUÇÃO

Ao tomar como tópico de pesquisa a relação entre ciência e tecnologia, surgiram diante de mim algumas hipóteses de trabalho. Uma primeira hipótese seria a de explorar o processo de elaboração destes conceitos, afinal isso (*a formação de conceitos*) é o que define a atividade filosófica (Deleuze e Guattari, 1996). À medida que fossemos explorando as camadas de cada conceito, veríamos que estes remetem, necessariamente, a um problema que não se esgota em si mesmo. Dito por outras palavras, colocar a questão do que é a ciência, ou o que é a tecnologia, remete a uma questão, secundária na aparência, ou melhor, na ordem de *aparição*, mas primária na medida em que ela é fundamental, a saber, a questão da finalidade, isto é, ciência com que fim, para que fim ou quais os fins da tecnologia? Levantar estas questões, colocar a ciência e a tecnologia como problema, remete ainda a uma ordem escondida, uma ordem “meta”, suposta mas não *dada*, e esta pode ser colocada nestes termos: como são os fins da ciência e da tecnologia determinados ou escolhidos? Ou, quem é o sujeito que os escolhe e os determina como *fins*? Vejam que aconteceu aqui um deslocamento, da finalidade da “coisa” (e por enquanto vou deixar em aberto a definição de ciência e de tecnologia) para a finalidade do sujeito. Poderíamos pensar que este seria o ponto final, ou inicial na medida em que é aquele a partir do qual todas essas questões se desdobrariam na busca de determinação de sentido. Porém, uma vez mais, ao chegar à questão: qual a finalidade do sujeito *que passa necessariamente* pela projeção de si para a finalidade das “coisas”? , somos uma vez mais conduzidos a outra questão, ainda mais essencial: o que é o sujeito? Perguntar “o que é o sujeito?” pode parecer evidente, mas hoje quero que suspendam o que quer que pensem que sabem ou conhecem, que vos permitiria responder de forma imediata a esta questão. Esta foi a primeira hipótese de trabalho que considerei abordar.

Uma segunda hipótese foi a de explorar o modo como os conceitos científicos são introduzidos na ficção, e como este meio se torna privilegiado para pensar sobre as grandes questões que nos afetam hoje e para as quais devemos procurar uma resposta, pelo menos no sentido de definir um posicionamento acerca das opções que a ciência e a tecnologia nos trazem. Que grandes questões são essas? Diria que há duas questões fundamentais: Quem somos nós? E em quem nos queremos tornar? Ou até, em *quê* nos queremos tornar ou nos *arriscamos* a tornar *sem necessariamente querer*? Estas questões remetem ao problema eterno da filosofia que é o de definir e compreender a natureza humana, mas hoje, esse desafio é significativa e qualitativamente diferente e maior na medida em que pela primeira vez na história trabalhamos com a hipótese de nos podermos transformar radicalmente em outra coisa, distanciando-nos da nossa “natureza” dada. A literatura sobre transhumanismo e pós-humanismo explora estas alternativas e hipóteses, que têm sido exemplificadas de forma esplendorosa na literatura, séries e filmes de ficção: desde uma ficção mais “realista”, no sentido de “próxima” à nossa condição e realidade, como é o caso da série *Biohackers* (2020-1, Netflix), à ficção mais extrema em que a própria noção de subjetividade é desconstruída e reconstruída na sua relação com o tempo, com a matéria (com o corpo) e com os outros, como é o caso da série *Altered Carbon*.

Entre aqueles teóricos que defendem um melhoramento incondicional da nossa “natureza”, como Nick Boström, e os outros, bioconservadores, que se apegam ao que a natureza biológica ainda nos traz, no modo como nos define, cruzamos o nosso pensamento com as questões levantadas do início, a saber, como pensar a relação entre sujeito, ciência e tecnologia hoje.

Assim, ao deparar-me com estas duas hipóteses de trabalho, percebi que não queria abdicar de nenhuma delas em detrimento da outra, o que me traria um esforço acrescido de delimitar bem as ideias

## sumário

centrais implicadas nestes três conceitos, assim como de desenhar de forma clara o esqueleto de um argumento que quero defender.

Este capítulo tem três seções. Na primeira, procuro responder à questão “o que é o sujeito?”. Farei isso a partir de uma releitura de Foucault e dos Antigos, sobretudo explorando a relação entre cuidado de si e conhecimento de si e por outro lado, a importância da figura do mestre para sair do estado de indivíduo e *tornar-se* sujeito.

Na segunda seção, ainda a partir da sugestão do Foucault que, em *A Hermenêutica do Sujeito* postula um “momento cartesiano” na história da filosofia, quero responder à questão: Como pensar a relação entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido? Aqui constatamos a existência de várias correntes filosóficas que constituem lentes de percepção do mundo e atribuição de sentido; mais especificamente, olharemos para Descartes, Kant, Hegel e Marx.

Na terceira seção, a partir de dois exemplos da ficção - a série *Biohackers* e os livros e série *Carbono Alterado*, retomo algumas das questões levantadas por Heidegger no texto “O que é a Técnica?”. Faço isto para que pensemos em conjunto hoje acerca das questões: em nome de que  *fins* se poderia aceitar a modificação do DNA? Qual a diferença entre um juízo moral e técnico? A partir do momento em que pensamos a vida a partir da extensão dos seus limites temporais, prometendo e/ou visando a eternidade como fim. Que vida merece ser vivida? O que significa a vida quando a morte deixa de estar no nosso horizonte?

## O QUE É O SUJEITO?

Todos devem estar familiarizados com o *motte* “conhece-te a ti mesmo”, atribuído a uma inscrição no Oráculo de Delfos, instituição da civilização grega e considerada o berço da própria Filosofia. O Oráculo

está envolto num manto enigmático, que permanece até hoje, pois não só ele representa o centro e “umbigo” do mundo (tal como concebido na época), mas também porque ele remete a uma noção de verdade da qual hoje estamos distanciados, a saber, a noção de verdade enquanto revelação. Esse imperativo “conhece-te a ti mesmo”, no grego *Gnothi Seautón*, é uma verdade - em forma de mandamento - que deve ser interpretada, ou seja, o oráculo não fala diretamente, ele fala por enigmas, ele desvela o que deve ser compreendido, para além da mera aparência. Esse é o sentido de *aletheia*.

Na Grécia antiga encontramos várias escolas, pré e pós socráticas. De Parménides, a Pitágoras, Heráclito ou Demócrito, passamos por Sócrates, cujos diálogos de Platão nos permitem tocar a aura da época, e seus contemporâneos e sucessores, como a escola epicurista, estóica e cínica, cujas lições foram retratadas e adaptadas pela cultura helenística e que se acabaram estendendo pelo primeiro milénio da era comum. No centro do pensamento de Sócrates e das escolas sucessoras está o imperativo “conhece-te a ti mesmo”. Porém, o que significa isso? O que significa “conhecer” e “conhecer-se”?

Uma leitura atenta dos diálogos socráticos, assim como das várias escolas da antiguidade revelam que esse “conhece-te a ti mesmo” não é a proposta nem o início de algo, mas sim o resultado de uma atividade já em curso, a saber, a atividade do cuidado. A leitura que Foucault faz n'*A Hermenêutica do Sujeito* reforça esta interpretação, a saber, que o imperativo *gnoti seautón* está assente num imperativo anterior de *epiméleia heautón*. A experiência e a incorporação do cuidado é anterior à experiência e incorporação do conhecimento. E o que é o cuidado?

Na *Apologia de Sócrates*, texto de Platão que retrata a defesa de Sócrates, depois de ser acusado de impiedade e corrupção dos jovens, a articulação dos imperativos torna-se evidente. Em vários momentos do texto Sócrates afirma a sua missão no mundo: o de ser filósofo - nesse sentido de fazer filosofia, de viver filosoficamente - o que

## sumário



significa dizer, o de se examinar, de examinar os outros - todos os outros, todos aqueles que queiram falar com ele e escutá-lo. A vida filosófica é a vida examinada. Mas que exame é esse? O exame é orientado por dois princípios: o primeiro, de reconhecimento dos deuses, e mais precisamente, do dever de obediência perante os deuses, que se sobrepõe à obediência dos homens; e o segundo, o compromisso com a honestidade e a justiça. Isso significa *dizer, falar e viver a verdade*.

O exame começa pela atitude de ouvir, escutar e entender o que o outro - o mestre - diz, mesmo se Sócrates afirma nunca ter sido mestre de ninguém! (*Apologia*, XVI) Sócrates não é mestre no sentido de transmitir conhecimentos adquiridos; pelo contrário, Sócrates, ao ser reconhecido pelo Oráculo como o homem mais sábio de todos, é sábio apenas na medida em que tem consciência de sua ignorância, ou seja, “sabe que não sabe”<sup>85</sup>. Trata-se da sabedoria humana. Isto não é um detalhe, algo superficial... na verdade, o limite da sabedoria humana é fundamental para nos dar perspectiva acerca do tipo de relação que podemos ter conosco mesmos e com os outros.

Numa passagem emblemática, Sócrates afirma que os homens só se preocupam com o que não interessa; que os humanos têm as prioridades no lugar errado. Preocupam-se com honra, glória e riquezas *antes* ou *sem* se preocuparem consigo mesmos; preocupam-se com os negócios da cidade, sem se preocuparem com a cidade, e com suas instituições. Convencem-se que conhecem e sabem muitas coisas mas não iniciaram sequer o processo de cuidarem de si, de se conhecerem.

É pela experiência do cuidado, i.e., do exame de si e dos outros, que os indivíduos se *tornam sujeitos*, isto é, se conhecem, não como algo pré-dado, mas como construção da qual eles são

85 Diz Sócrates em *Apologia*, VI: “... pus-me a considerar, de mim para mim, que eu sou mais sábio do que esse homem, pois que, ao contrário, nenhum de nós sabe nada de belo e bom, mas aquele homem acredita saber alguma coisa, sem sabê-la, enquanto eu, como não sei nada, também estou certo de não saber. Parece, pois, que eu seja mais sábio do que ele, nisso ainda que seja pouca coisa: não acredito saber aquilo que não sei.”

absolutamente responsáveis. O cuidado traz a consciência e a conquista de *si*, desse *si* que passa a existir enquanto *eu determinado, com vontade e querer próprios*. Esta atividade, como afirmei acima, não era característica de Sócrates, ela era uma pré-condição partilhada pelas várias escolas. Diz Foucault que

(this task of self-transformation, led by Seneca, Plutarch and Epictetus) has no other end or outcome than to settle into oneself, to "take up residence in oneself" and to remain there. The final objective of the conversion to oneself is to establish a certain number of relations with oneself. These relations are sometimes conceived on the juridico-political model: to be sovereign over oneself, to exert a perfect mastery over oneself, to be completely "self-possessed..." (1997, p.96)

Assim, podemos identificar três funções do cuidado: O cuidado aparece, primeiro, como função crítica, ou seja, "the practice of the self must enable one to get rid of all the bad habits, all the false opinions that one can get from the crowd or from bad teachers, but also from parents and associates. To "unlearn" is one of the important tasks of self-cultivation." (1997, p.97)

Em segundo lugar, o cuidado tem a função de luta: "The individual must be given the weapons and the courage that will enable him to fight all his life." (idem) E por fim, tem uma terceira função que é curativa ou terapêutica. Lembremo-nos que o propósito original da Filosofia era a cura da alma, o que significa dizer que filosofia e medicina eram partes da mesma moeda.

Isto leva-nos à questão de saber como esta tarefa do cuidado - que é uma tarefa de construção do sujeito - acontece. Esta tarefa requer o outro - o mestre, o professor, o guia. O outro é o mediador indispensável para que a experiência do cuidado se possa apresentar enquanto tal, e possa ser interiorizada. Diz Foucault que "para que a prática de *si* alcance o eu por ela visado, o outro é indispensável." (2014, p.115)

Que tipo de mestres existem? Foucault identifica três tipos: em primeiro lugar, a mestria do exemplo. Aqui, poderíamos afirmar que, apesar de Sócrates não se considerar “mestre”, pois efetivamente ele não era mestre no sentido em que os sofistas eram “mestres”<sup>86</sup>, Sócrates era mestre pelo exemplo que dava na condução da sua vida, no compromisso com as prioridades certas (a justiça, a sabedoria e a verdade) e com a sua atitude de humildade que forçava constantemente a se colocar em relação ao que é possível e impossível conhecer, nomeadamente, em relação à sabedoria divina. Em segundo lugar, a mestria surge nos heróis da tradição, que fornecem um modelo de comportamento no qual o “eu” em formação se pode espelhar. Em terceiro lugar, a mestria socrática que, devido ao seu método de diálogo, expõe progressivamente a ignorância do que inicialmente se julgava conhecer, conduzindo à questão: como sair da ignorância? Ora, não se sai da ignorância por milagre nem sozinho, “a ignorância por si só não é capaz de sair dela mesma”(2014, p.116).

Na aula de 27 de janeiro de 1982 Foucault parte da análise da carta de Sêneca a Lucrécio, a carta 52, onde aparece o conceito de *stultitia*. É através da análise deste conceito que Foucault vai caracterizar a passagem do *status* de ignorância para o *status* de sujeito<sup>87</sup>. Então, o que é a *stultitia*? Diz Foucault

O *stultus* é, antes de mais, aquele que está à mercê de todos os ventos, aberto ao mundo exterior, ou seja, aquele que deixa entrar no seu espírito todas as representações que o mundo exterior lhe pode oferecer. Ele aceita essas representações sem

86 Aqui ser mestre significa receber dinheiro pelos conhecimentos e técnicas de persuasão aprendidas. Como vemos ao longo da defesa de Sócrates, ele se distancia profundamente destas escolas que visam tornar a razão mais débil mais forte e que nenhum compromisso têm com a verdade. Pelo contrário o que define a prática de diálogo socrática é o compromisso com a honestidade e verdade, e o cultivo de uma atitude de humildade geral, que deriva do reconhecimento da limitação trazida pela condição humana.

87 “O indivíduo deve tender para um *status* de sujeito que ele jamais conheceu em momento algum de sua existência. Há que substituir o não sujeito pelo *status* de sujeito, definido pela plenitude de relação de si para consigo. Há que constituir-se como sujeito e é nisso que o outro deve intervir.”(2014, p.117)

as examinar, sem saber analisar o que elas representam. (...) por outro lado, e em consequência, o *stultus* é aquele que está disperso no tempo: não somente à pluralidade do mundo exterior, como também disperso no tempo. O *stultus* é alguém que de nada se lembra, que deixa a vida correr, que não tenta reconduzi-la a uma unidade pela rememoração do que merece ser rememorizado, e que não dirige sua atenção, seu querer, em direção a uma meta precisa e bem determinada. (2014, pp.118-9)

Percebe-se que o *stultus* é aquele que se deixa influenciar por tudo de externo, o que o afeta, sem ser capaz de *discernir* entre essas afeções, e por outro lado, é aquele que é fragmentado do ponto de vista temporal, ou seja, ele não tem propósito, anda a deriva, e muda de vida consoante as circunstâncias. O *stultus* é aquele que é incapaz de colocar a questão: O que é a boa vida? Ou, o que é uma vida merecedora de ser vivida? O *stultus* não tem querer nem vontade; ele não sabe querer, nem consegue definir o que quer. Ele está perdido nas contradições sem as identificar enquanto tais. Por isso, ele é escravo das afeções e representações externas e desconhece por completo a liberdade, no sentido de auto-determinação. O que seria o oposto do *stultus*? E como alguém nesta condição se pode transformar e tornar outro? O oposto do *stultus* é aquele que se tem como seu próprio objeto e finalidade, pois só a consciência de si traz o querer livre, mas isso implica que ele aprenda a querer-se a si mesmo e, neste processo, se construa enquanto *si* que se cuida e se conhece. Neste sentido, “entre o indivíduo *stultus* e o indivíduo *sapiens*, é necessário o outro.” (2014, p.120)

Esse outro é o mestre, aquele que opera a transformação no/do outro. Este mestre, na interpretação dos Antigos, é o filósofo. Só o filósofo é capaz de dirigir os outros, dizia Epicuro, mas também Platão; só o filósofo pode mediar o processo de aprendizagem e interiorização do conhecimento e governo de si e dos outros. Mas há uma condição para que o mestre consiga operar esta transformação no indivíduo: é preciso que exista uma relação afetiva entre eles, uma relação de amizade,



uma relação que aceite e viva da palavra franca, isto é, da *parrhesia*, e que por isso aponta para a abertura essencial entre ambos.

Do que foi dito até aqui percebe-se que a experiência do cuidado de si retira o indivíduo da condição de *stultus* e o projeta para condição de sujeito; essa experiência é mediada pelo outro, pelo mestre, com quem o indivíduo tornado sujeito tem uma relação significativa e verdadeira. Essa experiência de cuidado - que é sempre *de si* e *dos outros* - *antecede* a construção do primeiro conhecimento, a saber, o conhecimento de si e reflete já o compromisso em tomar a vida como espaço de melhoramento, preparar-se para a morte, colocar-se em perspectiva acerca do que é possível conhecer, e participar da comunidade política com essas virtudes e atitudes em mente.

Agora que temos uma ideia mais clara do que significa “sujeito” e de como ele se torna o que é, vejamos como esta concepção é modificada na modernidade até aos dias de hoje.

## A PRIORIDADE DO CONHECIMENTO E O PROJETO DA MODERNIDADE

Comecei por recuperar esta relação entre cuidado e conhecimento de si, pois parece-me que a experiência do cuidado tem sido negligenciada ao longo da história da filosofia, mesmo se aconteceu um resgate deste conceito em outras áreas, nomeadamente, nas áreas da saúde. Quero continuar este raciocínio e mostrar como esta ruptura se deu. Foucault chama-lhe o “momento cartesiano”, ou seja, aquele momento em que o “sujeito” passa a ser quase exclusivamente pensado e concebido a partir da teoria do conhecimento, e já não do cuidado.

Nas *Meditações*, Descartes nos propõe reconstruir um percurso hipotético que visa captar essa formação do sujeito. À questão “o que

é o sujeito?" Ou " como ele se forma?" Descartes irá responder que o sujeito é o pensamento - e o pensamento de *si*, i.e., de algo/alguém que pensa - e se forma pensando, e mais precisamente, duvidando. A dúvida de tudo - do mundo exterior, das sensações, dos sonhos e até de Deus - conduz à única certeza inabalável: aquela em que o pensamento constitui a prova da realidade ontológica do sujeito. Diz Descartes na segunda meditação:

Pensar? Encontrei: há o pensamento, e somente ele não pode ser separado de mim. *Eu sou, eu existo*: isto é certo; mas por quanto tempo? Ora, enquanto penso, pois talvez pudesse ocorrer também que, seu eu já não tivesse nenhum pensamento, deixasse totalmente de ser. Agora, não admito nada que não seja necessariamente verdadeiro: sou, portanto, precisamente, só coisa pensante, isto é, mente ou ânimo ou intelecto ou razão, vocábulos cuja significação eu antes ignorava. (1999, p.43)

Não entrarei nos detalhes de cada meditação. Importa apontar que já em Descartes a ideia do sujeito é modificada. Não se trata mais de pensar o sujeito como unidade entre corpo e alma, prática e teoria, nem sequer pensar o conhecimento que cada um adquire acerca de si através de técnicas específicas de cuidado e reflexão; essas técnicas - o exemplo das próprias meditações - permanecem enquanto técnicas de descoberta do sujeito, mas agora o horizonte no qual essa descoberta se dá é outro. Não há mais uma dimensão espiritual onde a verdade é revelada; o ponto de partida é a imanência total, a auto-análise de si, uma auto-análise que se constitui enquanto sujeito e que nesse movimento gera um dualismo, pois a certeza que o pensamento me confere é também a dúvida acerca da relação que eu tenho com o meu corpo. A hierarquia das ordens afirma-se de forma clara, e a razão, na sua relação com a luz, imediatez, certeza e permanência, separa-se do contingente, das sensações e das representações externas. Neste sentido, o sujeito passa a definir-se (quase) exclusivamente a partir da sua posição cognoscente; por outro lado, assume-se como objeto cognoscível de si mesmo, o que conduz a uma progressiva convergência

da verdade e do conhecimento, ou seja, é verdadeiro aquilo que puder ser conhecido. Diz Foucault

Aquele ponto de iluminação, aquele ponto de completude, aquele momento de transfiguração do sujeito pelo “efeito de retorno” da verdade que ele conhece sobre si mesmo, e que transita, atravessa, transfigura seu ser, nada disso pode mais existir. Não se pode mais pensar que, como coroamento ou recompensa, é no sujeito que o acesso à verdade consumará o trabalho ou o sacrifício, o preço pago para alcançá-la. O conhecimento se abrirá simplesmente para a dimensão indefinida de um progresso cujo fim não é conhecido e cujo benefício só será convertido, no curso da história, em acúmulo instituído de conhecimentos... Tal como doravante ela é, a verdade não será capaz de salvar o sujeito. Se definirmos a espiritualidade como o gênero de práticas que postulam que o sujeito, tal como ele é, não é capaz de verdade, mas que a verdade, tal como ela é, é capaz de transfigurar e salvar o sujeito, diremos enquanto que a idade moderna das relações entre sujeito e verdade começa no dia em que postulamos que o sujeito, tal como ele é, é capaz de verdade, mas que a verdade, tal como ela é, não é capaz de salvar o sujeito. (2014, p.19)

Quero sublinhar a ideia desta última afirmação: que o sujeito passa a ser capaz de verdade embora esta não seja mais capaz de o salvar. A verdade é reconduzida ao nível da imanência e isso terá um custo elevado, não só do ponto de vista ético, mas do ponto de vista político.

Depois de Descartes a tônica está dada; é a partir da questão “o que conheço?” Que o sujeito se define. Este movimento, porém, conduziu a inúmeras aporias, levando a metafísica a uma crise sem precedentes. Na *Crítica da Razão Pura*, obra de 1781 e 1787, Kant confronta esta crise (e lembremos que a Filosofia, mãe de todas as ciências, era sobretudo metafísica, ou seja, sistematização de respostas às questões acerca da existência do mundo, da alma e de Deus). Consciente da impossibilidade de afirmar uma das duas igualmente viáveis opções, Kant propõe fazer uma crítica à razão pura. Há que compreender o significado destes três termos. Crítica aponta para a

## sumário

busca da raiz, da origem da razão. A crítica remete a duas atividades: a de discernimento e a de análise. Razão deve ser compreendida como uma unidade orgânica composta por várias partes interdependentes. E “pura” significa independente da experiência. Assim, a crítica da razão pura é aquela atividade que visa discernir as várias partes e elementos da razão (independentes da experiência) e analisá-las, de forma a determinar os limites e competências de cada parte, individualmente consideradas, assim como das partes em relação. O projeto crítico desdobra-se em três questões: a primeira questão (aquela que conduziu a metafísica aos seus impasses e contradições) é “o que posso conhecer?”. A segunda questão é “Como devo agir?” E será respondida na Fundamentação da *Metafísica dos Costumes* e na *Crítica da Razão Prática*; e a terceira questão, “o que posso esperar?”. Interessa-nos a primeira questão, pois ao colocá-la desta forma antecipa-se que existirão coisas que *não* podem ser conhecidas. A CRP, neste contexto, oferece uma arquitetônica da razão. Para que exista conhecimento, Kant mostra que é preciso preencher dois requisitos: por um lado, é preciso que algo se dê numa experiência possível, i.e., num tempo e num espaço. Esse “algo” são elementos sensíveis, uma multiplicidade empírica. São “intuições” que nos afetam, mas que apenas em si não constituem ainda um objeto (de conhecimento). Por outro lado, é preciso que existam categorias, isto é, conceitos do entendimento que possam ser aplicadas às intuições empíricas. Esse processo constrói o objeto de conhecimento; porém, não é só isso; esse processo é dirigido pelo sujeito que é definido antes de mais como a unidade sintética da apercepção. O sujeito passa a definir-se como aquele X ao qual todas as representações são reconduzidas, e para as quais ele transfere sua unidade. Assim, sujeito e objeto constituem-se mutuamente; o objeto é produto do sujeito e no objeto o sujeito se afirma enquanto tal.

Esta é a guinada proporcionada por Kant na teoria do conhecimento: o objeto deixa de ser postulado como algo que existe “em si” e que é conhecido pelo sujeito; o objeto é sempre um “para nós”,

## sumário

ele é fruto de nossa produção, ele não existe independentemente de nós. Estão lançadas as bases da filosofia transcendental.

Percebe-se que, do ponto de vista do conhecimento, Kant inaugura o nosso *a priori* histórico. Mas ele fá-lo, não só porque redefine as condições de possibilidade para o conhecimento, mas também porque repensa a relação entre natureza e moral, determinismo e liberdade. Na *CRP* vemos que, apesar de não conseguirmos conhecer certas coisas como “coisas”, podemos pensá-las, ou seja, temos ideias, como por exemplo, a ideia de liberdade. Isso sugere que nós não somos apenas seres empíricos mas seres racionais, que têm ideias da razão e que são capazes de serem determinados, e de se auto-determinarem por elas. Com isto Kant permite resgatar as condições de possibilidade da moralidade e garantir a autonomia das esferas (natural e moral), ao mesmo tempo que recalibrando nosso olhar quanto à nossa própria condição humana, isto é, a antropologia. O ser humano, sujeito, é simultaneamente ser empírico/ser da natureza, e ser racional/ ser moral. São duas perspectivas da mesma realidade.

Falei de Descartes e de Kant porque considero que eles exemplificam dois momentos históricos nos quais percebemos o distanciamento do imperativo antigo do “cuida de ti mesmo”, mas, por outro lado, que forçam a questão de saber quão essencial é a razão em nós, ou, por outras palavras, como a razão é determinante e necessária na atribuição e constituição da nossa “natureza”.

Preciso, neste momento, ainda fazer menção a uma terceira corrente que contribui para pensar a relação entre sujeito, conhecimento e verdade, desdobrando-se nos domínios da natureza e da moral. Essa corrente começa com Marx e Engels e com aquilo que eles designam por “materialismo dialético”. Importa lembrar que todos os pensadores vivem num tempo e num espaço no qual eles se formam e no qual eles se posicionam - a favor e contra outros do seu tempo. Marx se posicionou desde cedo em relação a Hegel. Digo “em relação” a Hegel

## sumário



e não “contra Hegel”, porque parece-me que o “contra” é enganador. Marx colhe de Hegel a dialética, que havia sido retomada de forma a levar o raciocínio Kantiano às suas últimas consequências. Com efeito, Hegel reconhecia o mérito da filosofia transcendental Kantiana, mas considerava que Kant havia se limitado a pensar a natureza, por um lado, e a liberdade, por outro, sem conseguir dar conta das contradições e resoluções implícitas nesta relação. Assim, Hegel, recuperando a dialética dos antigos, considera que há três momentos: o momento em que a coisa ou o sujeito *é/ se dá* de forma imediata; o momento em que a coisa ou o sujeito se opõe a outra coisa e nessa oposição experiencia uma contradição, no sentido em que está “fora” de si; e o momento em que a coisa ou o sujeito regressa a si e se reconhece como unidade, porém, uma unidade com mais substância e conteúdo do que aquela que ela/ele era no ponto de partida. A *Fenomenologia do Espírito* descreve o movimento da consciência nas suas várias etapas. Podemos dizer que é uma descrição do movimento dialético, natural da própria realidade. Por ser natural, significa que tudo passa por ele - o sujeito, a cultura, a história, as instituições, o conhecimento, a filosofia, etc. É muito curioso e irônico pensar que Hegel, filósofo que se preocupa exclusivamente com o dar conta do movimento do real nas suas diversas manifestações, é geralmente rotulado de “idealista”. Há que compreender o termo. Hegel é idealista na medida em que ele considera que a ideia - de liberdade - orienta a evolução da história humana; a história, nos seus conflitos, pode ser lida como movimento de progressiva conscientização da liberdade no mundo; o *Geist* - essa palavra que não admite tradução - aponta para a influência da Razão no mundo. Hegel procura descrever a influência da ideia, na medida em que ela se torna princípio explicativo da realidade material. Assim, quando atribuímos o adjetivo de idealista a Hegel, vale lembrar que ele foi o filósofo que estava preocupado em dar conta da matéria.

Marx pertencia à geração que fora diretamente influenciada por Kant e sobretudo Hegel. Lembremo-nos que no século XIX surgem

## sumário



novas “disciplinas” e áreas de saber: por exemplo, Hegel foi o primeiro a reconhecer, em *Elementos da Filosofia do Direito*, que a economia era uma ciência nova, fruto das condições históricas da época e da evolução da razão. Que condições históricas eram estas? A revolução industrial e seus impactos no reordenamento geográfico, social e político, sobretudo na medida em que a emergência de novas técnicas de produção permitiram distinguir claramente a sociedade civil do Estado (distinção que até à época não existia e nem sequer podia ser pensada e que com Hegel é postulada através da lógica dialética).

Com bom discípulo, Marx queria distinguir-se de seu mestre. Isso passava por atacar a filosofia hegeliana. É preciso atentar-se ao fato de que a escrita de Marx está cheia de ironia e exageros - algo que facilmente passa despercebido, caso não se esteja familiarizado com as obras de Kant e de Hegel. A ironia é visível naquele texto da juventude em que Marx propõe uma crítica radical a tudo o que existe<sup>88</sup>, ou até no *Manifesto Comunista*, panfleto com propósito mais retórico do que acadêmico ou científico. Enfim, Marx é leitor de Hegel mas também dos novos economistas - David, Ricardo, Smith - assim como dos socialistas utópicos franceses que se agarravam a ideias contraditórias e sonhavam com uma sociedade igualitária, justa e livre. O comunismo da época estava, em grande parte, desacreditado, porém Marx vê no socialismo utópico as limitações da teoria mas, por outro lado, o potencial mobilizador das massas. Se alguém sabia, isto é, se alguém estava consciente do *poder das ideias* era Marx. E Marx propôs uma outra forma de olhar, pensar e fazer a filosofia da história (inaugurada por Kant e Hegel). Essa proposta passava por “inverter” os princípios hegelianos, e na sequência, postular uma distinção analítica que iria orientar toda a análise futura dos fenômenos sociais, econômicos e políticos. Que princípios hegelianos foram invertidos? Marx diz, na famosa tese 11 de “Teses sobre Feuerbach” (1845) “Os filósofos têm apenas interpretado

88 Ver Marx, K. “For a ruthless criticism of everything existing” (1843), in Tucker, Robert, *Marx-Engels Reader*, Second edition. Nova Iorque: Norton & Company, 1978, pp.12-15

o mundo de maneiras diferentes; a questão, porém, é transformá-lo". Sim. Marx estava certo. Os filósofos interpretavam o mundo - Hegel afirma que só quando a história termina um ciclo é possível interpretá-lo. Nas palavras do autor «Quando a filosofia chega, com sua luz crepuscular, a um mundo que declina, é porque alguma manifestação de vida está prestes a desaparecer. ... A coruja de Minerva alça seu vôos somente com o início do crepúsculo.» (1997, p.XXXIX) Mas, colocada a questão no outro sentido, se a filosofia é isso - interpretação do real - o que significa deslocar-se da interpretação para a transformação do mundo? Para começar, significa a própria morte da Filosofia.

Com efeito, Marx foi feroz nesse assassinato. Ao idolatrar a capacidade de ação humana em detrimento da interpretação, Marx ataca aquilo que havia sido o traço distintivo na conceptualização da natureza humana desde a sua origem, a saber, a relação entre *logos* e *nous*, entre a palavra, razão, reflexão e meditação cujo valor está em si mesmo e é irreduzível a qualquer tipo de manifestação empírica. À luz do que disse anteriormente, Marx elimina qualquer relação com o transcendente ou com a espiritualidade, e portanto, com as condições de possibilidade de uma filosofia enquanto prática de si, i.e., enquanto *cuidado*. Mas esse ataque à Filosofia não ficou por aí. O que significa afirmar a prioridade da transformação do mundo, sobre a sua interpretação? Parece claro, mas não é. Se nós retirarmos a nossa interpretação do mundo, o que permitirá julgar, quais os critérios para formulação do juízo e atribuição de valor a práticas, decisões e escolhas que impactam o nosso mundo? Transformação em nome da transformação? Alguns dirão, em defesa de Marx, que ele ofereceu uma *interpretação* do mundo, porém, uma interpretação que ele queria que fosse tomada como "verdade" e, portanto, incontestada e incontestável. Ora, se a sua interpretação cumprisse a sua tarefa - de *substituir a verdade* - então qualquer outra interpretação seria supérflua, marginal e irrelevante; tomando-a como verdade, aqueles que a recebem podem concentrar-se no que realmente importa: a transformação. Mas de acordo com que fins? Que valores ou postulados orientam a determinação dos fins?

## sumário





Marx compreendeu que se quisesse ter sucesso na sua tarefa - de crítica a tudo o que existe - precisava fornecer uma justificativa com *aparência* de legitimidade. Isso passava por postular um estatuto científico de sua proposta. O famoso “materialismo dialético” é aquela teoria que postula, em primeiro lugar, que a história deve ser interpretada à luz da luta de classes; em segundo lugar, que essa luta de classes é redutível a uma dicotomia: por um lado, o proletariado, a classe desprovida de tudo, só contendo sua força de trabalho como fonte de “valor”; por outro lado, a burguesia, detentora dos meios de produção. De um lado, os oprimidos; de outro lado, os opressores. Em terceiro lugar, a luta de classes conduz, necessariamente, ao fim do Estado - já que o Estado é uma superestrutura que garante as condições de possibilidade da exploração da burguesia sobre o proletariado. Entre as condições atuais e as condições futuras *necessárias*, existe um estado intermediário que é a “ditadura do proletariado”. Com o fim do Estado, os indivíduos poderão libertar-se de *tudo*, e escolher livremente como viver seu dia-a-dia: passeando, cantando, fazendo poesia, pintando, entre tantas outras coisas. Não nego o caráter apelativo de Marx; imaginem um mundo em que ninguém precisasse trabalhar para se sustentar. Porém, se dermos mais um passo veremos quão complicada ou insustentável é essa posição. O que significa um mundo em que todos estão libertos do trabalho? O que significa uma sociedade pós-Estatal? Ainda podemos falar em sociedade? Ou regressamos a um estado de natureza? O que Marx supõe nessa nova condição? Que somos todos bons e cooperativos naturalmente? O que a história nos mostra? Se os “direitos” atribuídos pelo Estado hoje são um mecanismo de perpetuação da opressão, o que seríamos sem “direitos”? Mais livres? Em que sentido? Marx também fundamenta sua crítica ao Estado no conceito de ideologia, isto é, aquele conjunto de ideias que reforça o *status quo* justificando-o como preferível e/ou necessário. O discurso dos “direitos de cidadania” ou “direitos nacionais”, assim como as instituições de “família”, “sociedade civil” e “Estado” são instrumentos

ideológicos que visam reforçar uma estrutura que permite a exploração do proletariado por parte da burguesia. Porém, o que Marx nos oferece *também é ideologia*, ou seja, um conjunto de ideias a partir das quais atribuímos e interpretamos o mundo. A diferença é que Marx postula essa ideologia - o materialismo histórico - como ciência<sup>89</sup>. Ele afirma que é “científico”, porém, ele não dá *provas*. Com Marx não sabemos qual a causa nem o efeito; a suposição feita por ele é retratada como “verdade” inquestionável, o que significa que é uma má teoria “científica” na medida em que não é falsificável. Diz Scruton que

Segundo a teoria marxista da luta de classes, a teoria do primado da lei, da separação de poderes, do direito à propriedade, etc., tal como são apresentadas por pensadores “burgueses”, como Montesquieu e Hegel, não constituem ferramentas de busca da verdade, mas do poder: elas são mecanismos de preservação dos privilégios concedidos pela ordem burguesa. Ao apresentar essas ideologias como pretextos da burguesia empregados para servir a seus próprios interesses, a teoria da luta de classes tentou justificar sua pretensa objetividade científica.

Há uma espécie de artimanha teológica nesses aspectos do pensamento de Marx. Visto que a teoria da luta de classes é uma ciência genuína, o pensamento político burguês é uma ideologia. E visto que a teoria da luta de classes mostra que o pensamento político burguês é uma ideologia, ela necessariamente é uma ciência. Dessa forma, entramos no círculo mágico do mito da criação. Além disso, ao revestir a teoria com uma linguagem científica, Marx a transformou inicialmente num sinal de iniciação. Não são todas as pessoas que podem falar essa língua. Uma teoria científica determina a elite que pode compreendê-la e aplicá-la. (...) essa é, então, a ideologia totalitária perfeita: uma pseudo-ciência que justifica e reforça o ressentimento, solapa e descarta todas as informações concorrentes que aspiram à legitimidade e fornece às pessoas que não são bem-sucedidas uma prova de sua capacidade intelectual superior e de seu direito de governar. (2017, pp.187-8)

89 Scruton afirma que “por ter percebido a diferença entre ideologia e ciência, tentou provar que sua própria ideologia era *em si* uma ciência.”(2017, p.187)

Poderia continuar e dar mais detalhes das contradições da teoria marxista e seu impacto no século XX. Basta lembrar que Marx forneceu a base teórica para as teorias totalitárias do século XX que começam, exatamente, por erradicar a distinção entre sociedade civil e Estado, tornando o Estado o único detentor dos meios de planificação e gestão de todas as esferas da vida humana - veja-se a revolução russa e comunismo soviético, maoísmo e revolução cultural, e partido comunista chinês atual que, através da tecnologia, adquiriu um controle sem precedentes sobre a população. A justificativa apoia-se na necessidade e inevitabilidade histórica do comunismo avançada por Marx. Na medida em que é *necessária*, não resta espaço para a liberdade humana.

Terminando a reflexão iniciada a partir da relação entre interpretação e ação, formulemos uma última questão: em que tipo de ação está Marx a pensar? Ação é originalmente pensada como capacidade de iniciar um processo, de romper a previsibilidade natural. Para Arendt, ação é marca da liberdade humana. Mas não é desta ação que Marx está a falar, e sim daquela que, em nome do ideal da "sociedade sem classes" permite que alguns dirijam as massas e exijam delas total obediência. Isso não é ação e sim *mecanização* da vida humana, privando-a de seu sentido potencial. Em Marx não existe espaço para a liberdade, para a criatividade e imprevisibilidade humanas, nem sequer para a responsabilização pessoal. Tudo caminha para uma planificação totalitária que aposta na burocracia como seu meio e fim. E se o fim é retirado, o que nos permite julgar algo como melhor? O que orienta nosso juízo na determinação do que constitui conhecimento, do que deve e não deve ser testado, dos limites da técnica e da tecnologia?

## sumário



## ÉTICA E OS LIMITES DA TECNOLOGIA

A ficção ilustra particularmente bem o tipo de questões que a tecnologia levanta e nos obriga a responder. Neste terceiro momento gostaria de mencionar dois exemplos e depois remetê-los à interpretação de Heidegger.

Em primeiro lugar, gostaria de mencionar a série *Biohackers*. Nesta série da Netflix (2020-1) várias preocupações éticas, sociais e legais são levantadas, a partir da caracterização de processos básicos da engenharia genética e do *Do it Yourself* do *biohacking* - prática também bem retratada em outra série intitulada *Unnatural Selection*, onde alguns biohackers (entre eles Josiah Zayner) têm seu trabalho divulgado na medida de democratizar o acesso ao conhecimento e, por outro lado, reforçar o sentido de responsabilidade pessoal. Nesta série alemã, *Biohackers*, os cientistas são os protagonistas, e uma cientista em particular destaca-se: a professora Tanja Lorenz (interpretada por Jessica Schwartz) que proclama na sua aula de recepção aos calouros “Tornamos Deus obsoleto”. A sua filosofia e seu projeto de pesquisa geral é simples: eliminar as doenças genéticas ainda no útero. Isto significa, por outras palavras, interferir no processo da natureza por meio da biologia sintética, de forma a transformar sua necessidade em algo meramente possível ou, melhor, indesejável. Sabemos que as pesquisas científicas - sobretudo aquelas que dizem respeito a humanos - são enquadradas dentro princípios e orientações éticas robustas, refletindo em grande parte o ideal kantiano de dignidade, ou seja, de que cada ser humano é um fim em si mesmo e não pode ser *apenas* reduzido a meio. Porém, vemos esta professora num duplo papel: a pesquisadora oficial, cumpridora de regras institucionais e, por outro lado, a pesquisadora *underground*, aquela que tem o seu próprio laboratório em casa e experimenta sem qualquer tipo de supervisão. A aluna Mia (que aparece tendo como pano de fundo uma trama que intersecta questões pessoais

s u m á r i o



e científicas: pessoais, porque busca respostas acerca de eventos de sua vida, e científicas porque esses elementos apontam para decisões tomadas pela professora e que permaneceram ocultas) desvela o perigo em que nós nos encontramos: um acesso sem precedentes a tecnologia que nos permite interferir na natureza de forma permanente e com efeitos incalculáveis e imprevisíveis, e a dificuldade de controlar o aparente imperativo “faço porque posso” com o imperativo moral que é essencialmente um princípio de responsabilidade e prudência: de acordo com Hans Jonas, não podemos sacrificar o futuro em nome do presente; temos um *dever* de garantir as condições de manutenção da humanidade para as gerações futuras. Entre a coragem sempre implícita na inovação, e a vida - tal como a entendemos - devemos cultivar uma heurística do temor, pois tal como dizia Arendt a marca da ação humana é a imprevisibilidade. Se esta tem um lado fascinante pelo potencial de ruptura e grandes *breakthroughs* científicos, também é um sinal de que devemos ter cautela e reconhecer humildemente nossas limitações no que diz respeito aos efeitos. Retornando à série, a professora e pesquisadora conceituada mundialmente se colocara no lugar de Deus (tanto que o seu projeto “escondido” se chamava *Homo Deus*) tratando os humanos - vivos ou ainda em formação no útero - como meros meios de seu empreendimento. Os fins justificam os meios? Para a professora, a resposta é claramente afirmativa: imaginem o que significa ter o *poder* de eliminar todas as deficiências genéticas! Mas, o *poder* significa *direito*? O *poder* significa *dever*? Aqui é onde a reflexão ética e moral faz a diferença, e é esta reflexão (sua existência ou sua ausência) que revela o tipo de pressupostos e concepções que nos movem, e que muitas vezes permanecem ocultos. Inúmeros dilemas éticos podem ser identificados nesta série. Falei apenas em traços gerais, mas poderíamos sistematizar em algumas questões: 1. Qual o limite da pesquisa científica? Quem determina esse limite? E como esse limite é justificado e de onde deriva sua legitimidade? 2. Qual a relação entre ciência e tecnologia? A tecnologia é um meio para os fins científicos *ou* ela é um fim em si mesmo?

## sumário

Em que sentido? 3. Como encontrar o ponto de equilíbrio entre o desejo irrefreado de buscar respostas e a necessidade de cautela diante da incapacidade de prever consequências? 4. Qual a relação entre direitos individuais, direitos de cidadania e direitos humanos? Onde colocá-  
mos o direito a nós mesmos enquanto identidade genética?

O segundo exemplo que gostaria de mencionar é a série *Altered Carbon*. Esta série, mais futurista do que a anterior, coloca as questões mais difíceis do transhumanismo ou pós-humanismo e até da vida interplanetária. Há alguns anos, apesar das iniciativas recorrentes pelas agências espaciais, diríamos que era mais difícil imaginar viver fora do planeta terra. Hoje, parece mais exequível - não o viver *fora* da Terra, em si, mas o de conseguir *imaginar*, o que significa que tornar algo possível para a nossa mente é a condição para tornar algo possível na realidade. Veja-se Elon Musk que no passado dia 23 de Abril lançou uma estação para Marte. Em entrevista, Musk afirma que devemos ter uma base permanente na Lua e prepararmo-nos para construir uma cidade em Marte e tornarmo-nos uma civilização espacial e uma espécie multi-planetária<sup>90</sup>. Na série *Altered Carbon*, baseada nos livros de Richard Morgan do ano 2002, é exatamente isso que nós vemos: a espécie humana dividida entre vários planetas. Essa divisão pode ser compreendida em termos de hierarquia social e econômica, mas também em termos de aperfeiçoamento dos humanos ou, melhor dizendo, da superação da condição humana e sua transformação radical. O entendimento que temos de nós mesmos, enquanto seres humanos, isto é, enquanto seres sensíveis, naturais, dotados de razão, é profundamente alterado na série: em primeiro lugar, o significado da vida é redefinido, já que a morte foi superada. O que é a vida sem a morte? Como atribuir um sentido à vida se esta passa a ser interminável? Em segundo lugar, a questão da identidade pessoal é colocada em cheque: parte da tradição filosófica sublinha a prioridade da razão como fraco distintivo entre

90 twitter do dia 24 de Abril de 2021.

nós e a outras espécies, mas nenhuma tradição recusa a existência ou a relação necessária que nós temos com o nosso próprio corpo. Um cérebro colocado em um recipiente de modo a garantir as condições necessárias de consciência não é suficiente para constituir um “eu”. Claro que estes experimentos mentais fazem parte da filosofia da ciência, mas no fundo, sabemos que somos humanos não só porque temos razão e consciência, mas porque temos um corpo - que é de determinada forma - e que sentimos. A memória não é apenas intelectual mas sensitiva. Ora, na série, os corpos tornam-se supérfluos e são reduzidos a “capas” que podem ser usadas e escolhidas de acordo com o poder de compra de cada um. As consciências são transferidas de corpo para corpo, de capa para capa, como se nada fosse. Além disso, embora seja proibido pela lei deste futuro quase distópico, sabemos que os muito ricos têm clones de si mesmo, deitando por terra todas as bases imaginárias de um sistema jurídico que pensa o indivíduo enquanto isso: UM, uno, indivisível. Em terceiro lugar, neste cenário que reproduz muitas das dinâmicas existentes no nosso mundo, dos dias de hoje, identificamos outro elemento interessante, a saber, a ausência da espiritualidade e da religião da vida da maioria das pessoas, com a exceção daqueles que se afirmam como neocatólicos e assim, se recusam a ser ressuscitados. Uma vida sem espiritualidade torna-se uma vida em que o poder ocupa todo o nosso imaginário.

Esta série responde, em parte, ao desafio lançado por Musk. Ele afirma com toda a convicção de que *devemos* tornarmo-nos uma espécie interplanetária, mas quais os meios para isso? E qual o fim? A exploração como meio de satisfação da curiosidade humana? Sem limites? O fato de que *podemos fazê-lo*, i.e., que temos as condições materiais para explorar o espaço e colonizá-lo significa que o *devemos fazer*? Porquê? O que Musk não diz é que para que o projeto tenha sucesso ele requererá o preenchimento de outras condições, a saber, a transformação radical de nós, humanos. Para ter sucesso em viver sob outras condições materiais, é preciso moldar nossa natureza dada

## sumário



e transformá-la em algo diferente: quer do ponto de vista genético, quer do ponto de vista das interações com inteligência artificial, ou até mesmo pensar a vida sem o suporte do corpo, entre outros.

Recorri a estas duas séries pois elas tornam presentes, de forma didática, questões complexas transversais à ciência, à tecnologia, à biologia, à ética e à filosofia como um todo. Para terminar quero trazer Heidegger para pensar conosco.

Em “A Questão da Técnica” (1954) Heidegger convida-nos a pensar sobre o papel da tecnologia no processo de declínio da civilização ocidental. Partindo da premissa que se tornaria dominante no novo ramo da filosofia - a filosofia da tecnologia, avançada por Hans Jonas nos anos 1970 e 1980) - a saber, a premissa de que a tecnologia constitui o horizonte no qual nos percebemos, quer como indivíduos, quer como grupos, quer na nossa relação com a natureza, Heidegger levanta a questão que poucos teriam a coragem de levantar: *como* devemos orientar ou redefinir a nossa relação com a tecnologia, de maneira a que esta relação se torne *verdadeira* e não nos condene a uma condição em que os humanos são efetivamente controlados e dominados pela tecnologia da sua época?

Cada época tem sua tecnologia determinante: a era atômica, a era espacial, a era da máquina, a era da computação, e hoje a era da inteligência artificial, a era da manipulação genética, enfim, a era que cumpre a profecia da década de 1940 e que a eleva a um outro nível: a profecia de que, pela primeira vez na história (que é sempre *humana*, para nós), os humanos têm o poder de eliminar sua própria espécie e hoje, mais do que nunca, não apenas isso mas paralelamente, os humanos têm o poder de se transformar em algo radicalmente outro, isto é, de deixar de ser “humanos” tal como concebido ao longo dos últimos milênios e modificar a sua “natureza” (enquanto ponto de partida) ao ponto de não ser mais reconhecível com ela.

## sumário



Para responder efetivamente a esta questão (que tipo de relação devemos ter com a tecnologia, ou como a nossa relação deve ser conduzida e orientada por que princípios) é preciso antes *defini-la*. Será que a tecnologia é um fim em si mesmo, ou é um meio para outra coisa? Se é um meio, qual o fim? Como estamos usando a tecnologia e/ou como estamos sendo usados por ela? Qual o impacto das tecnologias hoje, no processo de constituição da nossa subjetividade, no posicionamento em relação a ideias e valores, e no lugar que ocupamos no mundo? Numa época em que tudo passa pela virtualização das experiências, acentuada pelo contexto de pandemia, como fica o mundo e de que forma o deslocamento do físico para o virtual impacta na sustentação desse mundo que é *nosso*?

Trouxe Heidegger para pensar conosco porque considero que ele toca num ponto fundamental: embora a tecnologia tenha uma dimensão instrumental, a sua essência não é tecnológica, ou seja, a tecnologia “enquadra” e define nosso *a priori* histórico, no sentido de definir o que é e não é possível pensar e fazer, porém ela não esgota nem responde à questão “quem somos?” Ou “em quem nos queremos tornar?” A tecnologia, ou as tecnologias no plural, devem ser vistas e interpretadas como espaço de revelação - no sentido daquela revelação antiga, associada aos gregos (por meio da linguagem), de uma verdade que se mostra e se oculta ao sujeito e que exige por parte deste uma transformação. Assim, considero que Heidegger é o filósofo do século XX que mais sucesso teve na recuperação de uma experiência fundamental do ser humano: a experiência de *se pensar a si mesmo*, de se constituir através de um processo consciente na relação consigo, com o mundo, com a linguagem, a experiência de *se dar* uma finalidade que, por definição, transcende a necessidade natural e/ou o determinismo implicado nas tecnologias contemporâneas. Neste sentido, afirma o autor que “Technology is therefore no mere means. Technology is a way of revealing. If we give heed to this, then another whole real, for the essence of technology will open itself up to us.

It is the realm of revealing, i.e., of truth" (1977, p.12). Adiante, Heidegger diz que "The revealing that rules in modern technology is a challenging, which puts to nature the unreasonable demand that it supply energy that can be extracted and stored as such" (1977, p. 14).

A revelação é um desafio para nós, seres humanos, na medida em que embora não controlemos o processo de revelação ou o processo de desvelamento, estamos *no* processo de revelação e por isso somos forçados a confrontar estes eventos, este desafio e assim, impor-lhe ordem. Diante de um cenário em que parece que a tecnologia tem um poder ilimitado e incontrolável, afetando tudo: natureza, humanos e até deuses, temos a oportunidade de recuperar a liberdade e a verdade nas nossas vidas: queremos deixar-nos sucumbir pelos avanços da tecnologia, pela formatação das nossas vidas e atribuição de sentido aos contextos tecnológicos *ou* estamos dispostos a arriscar e responder a questão eterna da filosofia e ao imperativo desvelado do cuidado e conhecimento de si? A tecnologia traz consigo o perigo mas também a salvação. O perigo, na medida em que nós, humanos, criamos coisas que se tornam incompreensíveis para nós mesmos (o avanço da inteligência artificial é um bom exemplo), mas uma salvação, na medida em que nos obriga a pensar em critérios que limitem ou orientem esse desenvolvimento tecnológico de acordo com uma finalidade estabelecida por nós, e não delegada às nossas próprias invenções. Neste sentido, diante dos saltos e avanços tecnológicos mais recentes da última década, o perigo não reside no desenvolvimento da inteligência artificial, nem nos modos como incorporamos CRISPR<sup>91</sup> de forma a ajustar, corrigir ou substituir o genoma humano; o perigo reside no fato de que possamos identificar erroneamente o que está realmente em causa. Dito por outras palavras, não se contesta o progresso tecnológico em si, mas antes quem somos enquanto seres humanos e quem desejamos ser enquanto seres (humanos). A tecnologia

91 Ver Koonin, Eugene V., "CRISPR: a new principle of genome engineering linked to conceptual shifts in evolutionary biology". *Biology & Philosophy*, 2019, 34:9.

abre-nos este horizonte e projeta-nos num cenário radicalmente novo, na medida em que já é possível imaginar que podemos tornar-nos em algo diferente, num curto espaço de tempo; a tecnologia revela-nos a nós mesmos e obriga-nos a levantar a questão assim como a reconhecer a necessidade de estabelecer limites para as nossas ações. Esta necessidade não é física; é uma necessidade ética fundada na compreensão metafísica de quem somos enquanto seres e quão ligados estamos com a experiência do Ser, da Liberdade e da Verdade.

## REFERÊNCIAS

BOSTRÖM, Nick. Em defesa da dignidade pós-humana, **Bioethics**, v. 19, n.3, 2005, p.202-214. Tradução de Brunello Stancioli (Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG), Daniel Mendes Ribeiro, Anna Rettore, Nara Pereira Carvalho, Disponível em: < <https://www.nickbostrom.com/translations/Dignidade.pdf>. > Acesso a 26 de Setembro de 2021.

DELEUZE, Gilles. GUATTARI, Félix. **O que é a Filosofia?** Tradução de Bento Prado Junior e Alberto Alonso Munoz, São Paulo: Editora 34, 1996.

DESCARTES, René. **Meditações sobre Filosofia Primeira**. Tradução e nota prévia de Fausto Castilho, Edição bilingue, Campinas: Edições CEMODECON, Unicamp, 1999.

FOUCAULT, Michel. **A Hermenêutica do Sujeito**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

FOUCAULT, Michel. O sujeito e o poder. *In*: HUBERT, L Dreyfus & RABINOW, Paul. **Michel Foucault. Uma trajetória Filosófica. Para além do estruturalismo e da hermenêutica**. 2a edição revista. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.

FOUCAULT, Michel. **Ethics - Subjectivity and Truth**. Edited by Paul Rabinow, New York: The New Press, 1997.

HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. **A Fenomenologia do Espírito**. São Paulo: Editora Vozes, 2014.

HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. **Princípios da Filosofia do Direito**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

sumário



HEIDEGGER, Martin. **The Question concerning Technology and other Essays**. Tradução de William Lovitt. Nova Iorque: Garland Publishing, 1977.

KANT, Immanuel. **Crítica da Razão Pura**. Tradução de Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão; Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

KOONIN, Eugene V. CRISPR: a new principle of genome engineering linked to conceptual shifts in evolutionary biology. **Biology & Philosophy**, 2019, 34:9.

MARX, Karl. **O Capital. (Livro I)**. São Paulo: Boitempo, 2011.

MARX, Karl. ENGELS, Friedrich. **Manifesto do Partido Comunista**. São Paulo: Boitempo, 2005.

PLATÃO. **Apologia de Sócrates**. São Paulo: Vozes de bolso, 2020.

SCRUTON, Roger. **Uma Filosofia Política: argumentos para o conservadorismo**. São Paulo: É realizações, 2017

sumário





Geilson Rodrigues da Silva  
Marcelo Carbone Carneiro

**A CRÍTICA  
DA CIÊNCIA  
E DA TECNOLOGIA  
EM HERBERT MARCUSE:**  
primeiros esboços

## INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO DE HERBERT MARCUSE

Herbert Marcuse é um dos principais filósofos da escola de Frankfurt<sup>92</sup>, que contribuiu consideravelmente para a construção da teoria crítica do conhecimento e da Tecnologia<sup>93</sup>. Dentre as diversas contribuições desenvolvidas por Marcuse no decorrer da sua carreira destacamos, neste texto, a crítica da Ciência e da Tecnologia, visto que elas são importantes no cenário atual (FERREIRA & BUENO, 2016; BARONI, 2016; FEENBERG, 2019).

Diante desses apontamentos iniciais, iremos realizar considerações sobre a Ciência e da Tecnologia para Marcuse, utilizando para isso seus textos publicados e, quando pertinente, recorreremos aos comentadores para complementar as nossas ideias relativas a compreensão do autor. Entendemos que Marcuse é um dos pensadores da teoria crítica do conhecimento que tem potencial para subsidiar importantes discussões acerca do problema da neutralidade da Ciência e da Tecnologia utilizada a serviço da dominação na sociedade atual.

92 A Escola de Frankfurt era oficialmente o Institut für Sozialforschung ou seja, Instituto de Pesquisa Social que teve a sua fundação no auditório da Universidade de Frankfurt em 22 de junho de 1924, decorrido do seminário de Erste marxistische Arbeitswoche - ocorrido em um hotel em Ilmenau, na Turingia, em um período de inflação crescente e de tumultos políticos espalhados por grande parte da Alemanha. A origem do Instituto de Pesquisa social foi peculiar e contou com o financiamento de Félix Weil por meio da Fundação Weil. Porém, o Instituto foi dissolvido com a ascensão do nazismo em 1933 e essa instituição passou a ter sede em vários países, bem como, em diversas cidades especialmente nos Estados Unidos que abrigou muitos dos pensadores do Instituto original sendo que alguns deles voltariam para a Alemanha depois do término da segunda guerra mundial (OFFREDI, 2006). Para maiores esclarecimentos sobre a Escola de Frankfurt consultar (BENJAMIN, *et al.*, 1980; ADORNO e HORKHEIMER, 1985; HABERMAS, 1985).

93 Sofreu forte influência de Karl Marx e de Martin Heidegger. Para saber mais sobre a influência de Marx, no pensamento de Marcuse consultar (MARCUSE, 1978; SILVA-FILHO, 2011; GOMBI, 2013). Para saber mais sobre a influência de Heidegger em Marcuse consultar (SOARES, 1999; FEENBERG, 2005; MARCUSE e OLAFSON, 2018).

## O PROBLEMA DA CIÊNCIA E A TECNOLOGIA EM MARCUSE

Pensadores como Habermas (2014), já apontavam a importância da obra marcuseana no processo de desmitificação da racionalização e do papel da Ciência e da Tecnologia na legitimação da dominação no mundo contemporâneo. Assim sendo, a Ciência no sentido da lógica da dominação tem como premissas a lógica formal para conjecturar acerca do mundo fechado em si, no qual a “unidimensionalidade” torna-se o universo totalitário pautado em uma razão tecnológica. No intermédio, entre as fases tecnológicas e pré-tecnológicas temos uma continuidade conceitual da relação entre seres humanos e a natureza ancorados na dominação e dentro dessa relação têm elementos que visam derrubar a ordem vigente estando em luta com as tendências de estabilização com a dicotomia positivo-negativo no qual o positivo irá prevalecer (MARCUSE, 1973). Nesse sentido, a Ciência é decisiva para esse embate, pois justifica tecnicamente a não liberdade e a opressão na leitura de Marcuse. Assim, os cientistas são responsáveis pelas consequências sociais da Ciência e esta proposição é regida pela organização interna e pelo pleno potencial da Ciência, assim como, do lugar e utilização da Ciência na sociedade (MARCUSE, 2009).

Segundo Lima (2020), a Ciência se desenvolveu em contextos sociais específicos em um tempo histórico próprio que tem relações sociais próprias, refletindo no modo em que é organizado a vida. A maneira de organização da vida em um contexto social leva a um modo específico de compreender o mundo, requer uma forma singular pelo qual as pessoas se relacionam com a natureza, com elas mesmas e com os outros. A relação entre as pessoas e o mundo é determinada pelos interesses e também pelas dificuldades que surgem, assim como, pelas respostas que são mobilizadas para responder

as dificuldades e também com as próprias questões que são formuladas em relação as dificuldades existentes.

Assim, a Ciência não deve ser reduzida a algumas razões dicotômicas, como por exemplo, o entendimento da Ciência a partir da leitura interna, ou dos elementos externo (debate das abordagens internalistas e externalistas). Para Marcuse, as duas abordagens estão inter-relacionadas e isto permite o progresso da Ciência, bem como, a sua regressão. Assim, a Ciência e sociedade tornam-se integradas de tal forma que não é possível dissociá-las (MARCUSE, 2009).

Partindo destas ideias vamos discutir a Ciência e a técnica a partir da integração culminando naquilo que Marcuse denominou de racionalidade tecnológica. Isso é discutido com a utilização da lógica formal que representa vários interlocutores sobre uma ideia e a lógica simbólica moderna que mutila o pensamento ao retirar a sua negação (capacidade crítica) que é a única com potencial para identificar a irracionalidade posta no qual funda-se a racionalidade positivista ou científica existente.

Para Marcuse (1973), a racionalidade está no centro de uma empreitada científica por meio da elaboração metodológica e meio de controle, através de uma espécie de instrumentalidade que engloba todos os objetos e todas as aplicações com um fim em si mesma. Tal concepção racional implica que o conhecimento é uma Tecnologia e disto deriva que a Ciência se fundamenta na instrumentalização que busca a pura objetividade. O projeto crítico de Marcuse alinha-se com a instrumentalização pois tem a finalidade discutir os elementos constitutivos da Ciência positivista<sup>94</sup> e pensá-la como capaz de realizar a liberdade humana. A Ciência foi responsável por questionar

94 O positivismo é compreendido neste ensaio como fundamentado na observação, no experimento, bem como, pelo método comparativo, a busca de leis para explicar os fenômenos físico-químicos, além disso, o positivismo utiliza o fato visando a elaboração das leis e almeja a objetividade (MAGNO e SILVINO, 2007). Para maiores informações sobre o positivismo consultar Comte (1978).



o dogmatismo, a superstição e a justificação teológica e, dessa forma, libertar a razão que se torna instrumento de exploração e autoritarismo.

A análise de Marcuse não dissocia a relação da Ciência com o surgimento do capitalismo e sua dinâmica de dominação. O problema está no entendimento da racionalidade técnico-científica e seus instrumentos que buscam a dominação, nos elementos da técnica no mundo contemporâneo, na separação da Ciência e valores, na dissociação entre técnica e política e da falta de análise social do processo histórico.

Assim, a neutralidade da Ciência e da Técnica<sup>95</sup> é utilizada para a dominação das sociedades e de assimilar todos aqueles que pensam de forma dissidente que é motivado por uma falsa liberdade, principalmente em relação à carência material que deveria ser o catalisador para outras fontes de liberdade e transforma-se em um instrumento para ser utilizado para a servidão (MACLINTYRE, 1970).

De acordo com Marcuse (1973), a dominação das pessoas por outras pessoas mesmo com todas as transformações advindas do capitalismo é o que mantém unido a razão pré-tecnológica e a razão tecnológica. Como resultado disso a dominação produz uma racionalidade para manter a sua estrutura de poder e explora com eficiência crescente os recursos naturais e que se perpetuam pelo processo de escravização por um aparato científico-tecnológico que leva às pessoas a luta pela existência (MARCUSE, 1973).

Somando-se a essa discussão, Pisani (2009) aponta que a racionalidade no sentido técnico é representada pela utilização da Tecnologia como forma de controle e coesão social para manter as pessoas dominadas por um aparato científico-tecnológico que segundo a autora tornou-se imperativo com a introdução das máquinas, seja nas

95 A técnica neste ensaio é entendida como sendo um conjunto de instrumentos que podem ser utilizados para o controle ou para a libertação, enquanto a Tecnologia é definida como sendo um modo de produção que utiliza a técnica para o controle (PISANI, 2009).

fábricas, assim como, na organização da vida social, passando pelo próprio mundo do trabalho e inclusive durante o lazer e o descanso, bem como, durante toda a subjetividade humana.

Marcuse (1999) apresenta o problema da Tecnologia utilizada para dominar e manter a ordem social vigente pois

A tecnologia é vista como um processo social no qual a técnica propriamente dita (isto é, o aparato técnico da indústria, transportes, comunicação) não passa de um fator parcial. Não estamos tratando da influência ou do efeito da tecnologia sobre os indivíduos, pois são em si uma parte integral e um fator da tecnologia, não apenas como indivíduos que inventam ou mantêm a maquinaria, mas também como grupos sociais que direcionam sua aplicação e utilidade. A tecnologia, como modo de produção, como a totalidade dos instrumentos, dispositivos e invenções que caracterizam a era da máquina, é assim, ao mesmo tempo, uma forma de organizar e perpetuar (ou modificar) as relações, uma manifestação do pensamento e dos padrões de comportamento dominantes, um instrumento de controle e dominação (MARCUSE, 1999, p. 73).

A Tecnologia, nesse sentido, propiciou com o nacional-socialismo alemão uma economia dependente da mecanização e racionalizada para a máxima eficiência de produção e movida pelo interesse do regime totalitário. Esse regime foi uma espécie de tecnocracia em que as considerações técnicas da eficiência e da racionalidade movida pelo ímpeto imperialista, racista e supremacista foram utilizados para alimentar uma economia militar fomentando a dominação em todos os setores da sociedade alemã (MARCUSE, 1999).

Esse exemplo contribui para entender que a Ciência e a Tecnologia estão a serviço de uma ideologia dominante e que podem ser utilizadas para modificar padrões de comportamentos das pessoas. E isso é utilizado com a transformação da racionalidade individual em racionalidade tecnológica propagada como um modo difundido de pensamento e perpassa em como é realizado os protestos e greves

no qual a racionalidade cria os padrões de julgamento e propicia atitudes que predispõem os seres humanos em aceitarem e inserirem o pensamento da ideologia dominante (MARCUSE, 1999).

A ideologia dominante não abandonou por completo a presença ainda que sutil da individualidade e isso decorre do fato de a ideologia utiliza essa certa individualidade para que as pessoas lutem para manter a ideologia como forma de manter o desempenho individual em nome de uma suposta promoção dos seus valores sociais desde que atenda as demandas do sistema. Diante disso, a liberdade das pessoas está confinada na busca de uma meta inalcançável no qual as pessoas não podem fazer nada melhor do que apenas adaptar-se a ideologia dominante seguindo os ditames dessa ideologia. Nesse sentido, os seres humanos são utilizados como complementos das máquinas em vez de fazer uso delas, e isso contribui para manter as pessoas nos ditames da ideologia dominante (MARCUSE, 1999).

A respeito da ideologia, temos a utilização da racionalidade técnica para perpetuar as estruturas de poder, tais como apontado por Marcuse (1998):

O conceito de razão técnica talvez seja ele próprio ideologia. Não somente a sua aplicação, mas já a técnica ela mesma é dominação (sobre a natureza e sobre os homens), dominação metódica, científica, calculada e calculista. Determinados fins não são impostos apenas “posteriormente” e exteriormente à técnica, mas eles participam da própria construção do aparelho técnico; a técnica é sempre um “projeto” sócio histórico; nela encontra-se projetado o que uma sociedade e os interesses nela dominantes pretendem fazer com os homens e as coisas. Uma tal “finalidade” da dominação é “material”, e nesta medida pertence à própria forma da razão técnica (MARCUSE, 1998, p. 132).

Entendemos que parte da ideologia dominante utiliza a premissa da manutenção do *status* vigente, de forma a alienar o pensamento, enfraquecendo em todas as esferas o pensamento autônomo para que se possa criar:

A distinção entre verdadeira e falsa consciência, interesses reais e imediatos é ainda significativa. Mas essa própria distinção deve ser validada. Os homens devem chegar a vê-la e a encontrar o caminho da falsa consciência para a verdadeira, de seu interesse imediato para seu interesse real. Eles só podem fazer isso se sentirem a necessidade de mudar o seu modo de vida, de negar o positivo, de recusar. É precisamente essa necessidade que a sociedade estabelecida administra para reprimir, na proporção exata em que ela é capaz de 'distribuir os bens' em uma escala cada vez maior (MARCUSE, 1973 p. 34-35).

Assim sendo, a racionalidade técnica representa uma proposta ideológica, pois desenvolve um modo específico de pensamento e de comportamento acerca e na sociedade, sendo opressora, porque o modo em que ela determina o pensamento e comportamento mitiga o pensamento autônomo das pessoas e é capaz de promover modos alternativos de pensamento e de comportamento na realidade tendo o aporte totalitário de imposição na realidade (LIMA, 2020).

Pisani (2009) contribui com essa discussão ao apresentar que as pessoas, no processo de racionalidade tecnológica, têm uma nova personalidade em que não seguem mais as crenças e sim situações objetivas e estas situações estão dispostas com atitudes alinhadas a Ciência e a Tecnologia e ela só foi implementada devido representar um modo de adaptação ao funcionamento da máquina. Nesse sentido, a objetividade fomentou a neutralidade da Ciência e da Tecnologia que foram convertidas em instrumentos de adaptação e para o controle, visando um mundo neutro.

A racionalidade técnica é decisiva para a alteração da qualidade das coisas, estabelecendo uma contenção de perspectivas de alteração da sociedade, sendo que ela é utilizada para manter o padrão de pensamento e comportamento da ideologia dominante, pois a racionalidade é utilizada como instrumento de dominação que contribui para manter o *status* social e não permite um pensamento crítico que seja capaz de negar tudo aquilo que não seja oriundo da autonomia individual (LIMA, 2020).

## sumário

Marcuse (1973) critica fortemente a neutralidade científica, pois o sujeito é constituído no processo histórico derivado de contradições e interesses.

É necessário, pois rejeitar a noção da neutralidade da técnica, rejeitar a afirmação de que a técnica está além do bem e do mal, de que ela é a própria objetividade passível de se utilizar socialmente sob todas as formas (MARCUSE, 1973, p. 309).

Nesse sentido, temos a diminuição da liberdade por meio do aparato tecnológico constituindo um processo social objetivo. A Tecnologia faz parte do processo social, tendo ampla área de aplicação com uma linguagem própria e com um movimento específico que gera e destrói fatos singulares, assim, as necessidades sociais passam a ser mediados por processos tecnológicos isso leva a uma ausência de liberdade que se apresenta sobre vários aspectos. Deste modo, a Tecnologia na sociedade unidimensional é caracterizada por uma sociedade sem oposição, a pseudoliberalidade está nos processos de automação e a liberdade ocorre apenas em razão das exigências do aparato (OLIVEIRA, 2017).

Com isso, temos que a Ciência e a Tecnologia são frutos de uma sociedade específica que aliena seus objetivos, seus agentes, assim como, seu modo de funcionamento, sendo profundamente característico de uma cultura, carregando marcas da sociedade, refletindo suas contradições, sua organização interna e suas aplicações (JAPIASSU, 1975).

E, assim, a questão da neutralidade é discutida por Marcuse (1973) ao afirmar que

A questão então colocada procura saber se a neutralidade em relação a todos os valores é verdadeiramente uma noção científica, isto é, se a neutralidade é uma exigência inerente à própria estrutura da ciência moderna. Ora, minha posição é de que a neutralidade da técnica que é tão somente uma manifestação da neutralidade da ciência é um conceito político, e que a sociedade industrial nitidamente desenvolveu a técnica



em um sentido contrário aquele que é realmente o dela. Com efeito, a tecnicidade enquanto projeto histórico possui um sentido interno, sentido que lhe é próprio: Ela tão somente projeta a instrumentalidade como meio de livrar o homem do labor e da angústia, de pacificar a luta pela existência. Essa é a causa final de transformação metódica do mundo que está implicado na tecnicidade. Ora, a técnica ao se desenvolver como o faz atualmente, isto é, como instrumentalidade “pura”, abstraiu essa causa final: esta deixou de ser o fim do desenvolvimento tecnológico. Como consequência, a instrumentalidade pura, sem finalidade, tornou-se um meio universal de dominação (MARCUSE, 1973, p. 309-310).

A sociedade unidimensional está pautada pela organização social de uma burguesia que fomenta a divisão de classes antagônicas para seus próprios interesses. Essa sociedade têm valores determinados e pautados pela classe que possui o poder econômico, social e político exercendo dominação sobre as classes mais pobres e buscando legitimar na neutralidade da Ciência e da Tecnologia.

## O QUE É O HOMEM UNIDIMENSIONAL DE MARCUSE?

Marcuse (1973) apontou que a dominação se consolida não unicamente por meio da Tecnologia, mas como Tecnologia. Dessa forma, legitima o poder político que engloba todas as esferas da cultura. E com isso a Tecnologia assegura a racionalização da ausência de liberdade das pessoas e da autonomia de determinar a sua própria vida, isso porque a ausência de liberdade muitas vezes nem sequer é sentida, e ainda pior, existe uma falsa ideia de liberdade devido a submissão ao sistema técnico que aumenta as comodidades da vida. Com isso, a racionalidade tecnológica é utilizada para perpetuar a

legitimação da dominação e o horizonte instrumentalista pautado na razão é aberto na sociedade racionalmente totalitária.

Deste modo, as necessidades são impostas segundo a lógica do consumo de mercadorias e pautadas pelo sonho burguês de aquisição de produtos numa lógica de coisificação e reificação. Os seres humanos, nesse sentido, foram transformados em veículos de doutrinação tecnológica no qual encontram as suas características nos produtos que consomem e ao realizar a aquisição dos produtos, agem para fomentar as imposições do sistema sem criticá-lo, se tornando um apêndice do sistema e concomitantemente formam uma barreira protetora para manter o sistema vigente (MARCUSE, 1973).

Já em relação ao progresso técnico, o poder político e o *logos* da técnica são transformados no *logos* da servidão. A Tecnologia e a sua força libertadora que é a instrumentalização passa a ser o grilhão para uma possível libertação e culminando na instrumentalização dos seres humanos. Com a ausência da força libertadora da Tecnologia ela passa a ser utilizada para manter a miséria, a violência e a destruição como forma de controlar as massas (MARCUSE, 1973). Os grupos que deveriam ser oposição ao sistema dominante foram obliterados e passaram a compor partidos de massa e burocracias diversas, compondo o sistema que mantém e legitima a sociedade unidimensional e, desta forma, reforçando a dominação e modos de vida vigente.

As classes dominantes utilizaram a Ciência e a Tecnologia para construir formas mais eficazes de controle social e concomitantemente de coesão social nesse sentido, a Ciência e a Tecnologia não podem ser vistas como isoladas da aplicação que é dada. Desse modo, a sociedade é um universo científico e tecnológico e, também, uma esfera política e de dominação para a manutenção da estrutura social. Essa dominação molda todo o universo, passando pela Tecnologia, cultura, política, economia que compõem um sistema onipresente que manterá um crescimento aceitável desse sistema até a sua estabilização

## sumário

e manterá o progresso técnico como parte do sistema que mantém a dominação (MARCUSE, 1973). Para esse autor, o poder político se legitima por meio de seus poderes sobre o processo mecânico e sobre a organização tecnológica do aparato. Com isso, os governos nas sociedades industriais unidimensional mobilizam, exploram a produtividade tecnológica, científica e mecânica que está à disposição da civilização industrial.

Sobre a liberdade, na verdade retrata uma ideia de uma falsa liberdade que as pessoas acreditam ter e que a exploração e as condições de desigualdades sociais são naturais e que isso sempre ocorreu e sempre ocorrerá. Isso é discutido por Marcuse (1973), ao relatar a questão da liberdade

A liberdade de empreendimento não foi de modo algum, desde o início uma vantagem. Quanto à liberdade de trabalhar ou de morrer à míngua, significou labuta, insegurança e temor para a grande maioria da população. Se o indivíduo não mais fosse compelido a se demonstrar no mercado como um sujeito econômico livre, o desaparecimento desse tipo de liberdade seria uma das maiores conquistas da civilização. Os processos tecnológicos de mecanização e padronização podem liberar energia individual para um domínio de liberdade ainda desconhecido para além a necessidade. A própria estrutura da existência humana seria alterada, o indivíduo seria libertado da imposição, pelo mundo do trabalho, de necessidades e possibilidades alheias a ele; ficaria livre para exercer autonomia sobre uma vida que seria sua. Se o aparato produtivo pudesse ser organizado e orientado para a satisfação das necessidades vitais, seu controle bem poderia ser centralizado, tal controle não impediria a autonomia individual, antes tornando-a possível (MARCUSE, 1973, p. 24).

Com isso, temos que a suposta liberdade burguesa é utilizada como um meio para manter o controle social e perpetuado pela racionalidade tecnológica. Desta maneira, a estrutura e eficiência técnicas levam ao controle tecnológico que são a representação da razão



utilizado para o bem de alguns grupos e está a serviço de interesses sociais de forma que toda a crítica parece ser irracional e toda ação contrária não parece ser possível (MARCUSE, 1973).

Consideramos que o caminho proposto por Marcuse de crítica da Ciência e Tecnologia abre amplo debate possível para pensar o mundo contemporâneo e os modos de vida que já não mais podem ficar sem o desenvolvimento Tecnológico e o Científico. As considerações sobre a ideologia, razão instrumental, razão crítica, homem unidimensional, realização da liberdade, processo de emancipação, técnica e Tecnologia e Ciência possibilitam várias discussões no qual propomos que seja aberto e democrático no sentido que a população tenha condições de emitir pareceres perante tal debate. Entretanto apontamos que a população terá condições de participar desse debate apenas com uma Educação Científica e Tecnológica preocupada com a formação de cidadãos conscientes e que sejam realmente críticos, bem como, transformadores da realidade que vivem.

## REFERÊNCIAS

ADORNO, Theodor Wiesengrund. HORKHEIMER, Max. **Dialética do Esclarecimento**. Tradução de Guido Antonio de Almeida, Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1985.

BARONI, Vivian. Subjetividade, Cultura e Educação em Hebert Marcuse. **Revista Subjetividades**, v.116, n.1, p. 144-154, 2016.

BENJAMIN, Walter. Textos Seleccionados. *In*: Horkheimer, Max.; Theodor Wiesengrund, Adorno. Jurgen Habermas: Traduções de José Lino Grunnewald... [et al.]. –São Paulo: Abril Cultural, 1980 (**Os Pensadores**).

COMTE, Auguste. Curso de Filosofia Positivista; Discurso sobre o espírito positivo; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista. Traduções de José Arthur Giannotti e Miguel Lemos. – São Paulo; Abril Cultural, 1978 (**Os Pensadores**).

FEENBERG, Andrew. **Heidegger and Marcuse: the catastrophe and redemption of History**. New York: Routledge, 2005.

FEENBERG, Andrew. **Entre a razão e a experiência**. Ensaio sobre tecnologia e modernidade. Tradução: Eduardo Beira com Cristiano Cruz e Ricardo Neder. Lisboa: Inovatec, 2019.

FERREIRA, João Vicente Hadich. BUENO, Sinésio Ferraz. Racionalidade Instrumental, Fascismo e Educação na Contemporaneidade. **Conjectura, Filosofia Educacional**. Dossiê, p. 55-77, 2016.

GOMBI, Vivian Batista.; A concepção de Filosofia entre Marx e Marcuse: O caminho para a teoria crítica. **Anais do V Simpósio Internacional Lutas Sociais na América Latina**. 2013, 13p.

HABERMAS, Jürgen. **Facticidade E Validade. Contribuições Para Uma Teoria Discursiva Do Direito E Da Democracia**. São Paulo: Editora: Unesp, 2014.

HABERMAS, Jürgen. **Teoria crítica: uma documentação**. Tradução Hilde Cohn. São Paulo: Perspectiva/Edusp, 1990.

JAPIASSU, Hilton.; **O Mito da Neutralidade Científica**. Rio de Janeiro: Imago, 1975.

LIMA, Rene Ivo da Silva. **O conceito de racionalidade tecnológica no pensamento de Herbert Marcuse: origem, desenvolvimento e implicações sociais**. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MACLNTYRE, Alasdair. **As ideias de Marcuse**. São Paulo: Cultrix: 1970.

MAGNO, Alexandre. SILVINO, Dias. Epistemologia Positivista: Qual a sua influência hoje?. **Psicologia, Ciência e Profissão**. V.27, n.2, p. 276-289, 2007.

MARCUSE, Hebert. **A ideologia da sociedade industrial: O homem unidimensional**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

MARCUSE, Hebert. **Contrarrevolução e revolta**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1973.

MARCUSE, Hebert. **Cultura e sociedade**. Tradução de Isabel Maria Loureiro. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

MARCUSE, Hebert. Algumas implicações sociais da tecnologia moderna. *In: KELLNER, D. (Ed.). **Tecnologia, guerra e fascismo***. São Paulo: UNESP, 1999, p. 71-104.

MARCUSE, Herbert. A responsabilidade da Ciência. **Scientiae Studia**, V.7, n.1, p. 165-164, 2009.

MARCUSE, Hebert. OLAFSON, Frederick. A política de Heidegger: Uma entrevista com Herbert Marcuse. **Revista de Teoria Crítica**. V.2, n.2, (2018): Herbert Marcuse, Parte 2, p. 91-107, 2018.

OFFREDI, Julio Cesar, Figueiredo. **Uma Proposta De Democracia Segundo Habermas**: Uma Contribuição Para Concepção e Análise Do Direito. 96f. Dissertação de Mestrado em Filosofia, –Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, Fernanda, Tatiani. Apontamentos sobre a tecnologia em Herbert Marcuse. **Revista Primordium**, v. 1, n. 2, 5, p. 17-31, 2017.

PISANI, Marília, Mello. Algumas considerações sobre ciência e política no pensamento de Herbert Marcuse. **Scientiae Studia**, v. 7, n. 1, p. 135-158, 2009.

SILVA FILHO, Aduino Lopes. DA. O Marxismo De Marcuse Na Escola De Frankfurt. **Revista Labor**, v. 1, n. 6, p. 1-13, 2017.

SOARES, Jorge Coelho. **Marcuse**: uma trajetória. Londrina: UEL, 1999.

sumário





Luiz Eugênio de Arruda

João José Caluzi

**MOISÉS  
SANTIGO BERTONI:**

um sábio europeu  
na fronteira  
Paraguai-Brasil

## INTRODUÇÃO

No contexto do desenvolvimento da ciência na América do Sul no final do século XIX, um personagem adquire especial importância. Sua trajetória e produção científica confere-lhe a necessidade de estudos sobre a densidade de suas pesquisas, tanto do ponto de vista teórico como nas abordagens que se especializou. Trata-se do suíço Moisés Santiago Bertoni (1857 – 1929), o qual vindo da Europa com o claro objetivo de constituir um novo modo de viver. Tendo em vista seus objetivos, desenvolveu uma base de conhecimentos em diversos campos, sempre inspirado pela natureza e cultura com as quais teve contato por décadas.

**Figura 1 - Moisés Santiago Bertoni (1857 – 1929)**



Fonte: Mosè Bertoni (2022).

Bertoni, pode ser tratado como um sujeito ativo nos diferentes processos de produção de conhecimento tipificados durante o século XIX. Esta afirmação infere-se nas impressões provocadas após um exame preliminar de sua trajetória de vida e obra. Levando em consideração o contexto europeu em que fora criado e no qual se formou

como cientista é preciso observar que é neste período, segunda metade do século XIX, que alguns fundamentos importantes da operacionalidade como a mecanização, o aprimoramento dos transportes, a reordenação geopolítica, ativos do liberalismo subjacente e ainda os diferentes processos de expansão do capital tornaram o período intensamente frenético em suas diferentes dinâmicas sociais, culturais e principalmente políticas (HOBSBAWN, 2016). Neste contexto a ciência se caracteriza como um importante elemento para uma interpretação fundamental na leitura e compreensão de fenômenos, sem se abster, da natureza elementar de sua atividade mais intrínseca. Foram inúmeros os chamados “progressos” do período, neste caso, o progresso a que se refere implica num conjunto de aplicações oriundas de diversos trabalhos científicos que atenderam as diferentes demandas que a sociedade apresentava naquele período. Este conjunto permite observar um positivismo que funciona como indutor e ao mesmo tempo como base elementar para a dinâmica social que parte da sociedade da época conseguia operacionalizar. O século que experimenta as grandes mudanças no estilo e no modo de vida dos indivíduos, está às voltas com o anticlericalismo vinculado ao iluminismo e, mesmo assim, ainda se articula em torno dos embates ferrenhos entre religião e ciência. Ora estimulados pelas novas teorias de interpretação da natureza que se sobressaem, ora pela disposição política de definir o estado como uma estrutura laica e que atenda aos interesses objetivos dos setores que o ocupam, haja vista se tratar, neste caso, de uma era em que se impõe fortemente o ideal burguês de sociedade. Neste conjunto de fatores que interferem nas formações acadêmicas, interpelando valores, métodos e principalmente objetivos é que o jovem Moisés Bertoni parte para Genebra para iniciar seus estudos.

Nascido na Suíça em 1857, no cantão Ticino, localizado no sul da Confederação Helvética, a região conta com uma população que fala italiano. Bertoni nasceu em Lottigna, uma pequena aldeia no vale do rio Blenio. A região era composta de uma população que se

## sumário

articulava socialmente a partir das atividades rurais de agricultura e pecuária. Durante a infância Bertoni experimentou o trabalho rural do qual nunca se afastou (PORTZ, 2020).

Foi durante este período em Genebra que ele teve contato com dois personagens que iriam influenciar decisivamente sua vida e obra. Durante seus estudos teve a oportunidade de se relacionar academicamente com o economista, geógrafo, cientista político, zoólogo, historiador, filósofo e ativista político russo, Piotr Alexeyevch Kropotkin (1842-1921), sendo um dos criadores da doutrina anarco comunista. Também conviveu com o geógrafo francês Eliséé Reclus (1830-1905), este não menos voltado à construção do movimento anarquista. Tais influências estariam presentes no decurso da trajetória de Bertoni quando de suas iniciativas científico colonizadoras na América do Sul.

A propósito, Kropotkin escrevera obras que foram fundamentais na construção do pensamento anarquista como “*A conquista do pão*” em 1892, resultado de suas reflexões a respeito da exploração do trabalho na sociedade capitalista pujante do século XIX. Já Reclus escreveu, dentre outros “*Anarquia, Geografia e Modernidade*” no qual ele aponta a necessidade de estudar as formas de exploração da natureza de modo diferente dos processos fundamentalmente econômicos que visavam o lucro tão pertinentes nos idos do final do século XIX. O contato de Moisés Bertoni, durante sua formação acadêmica com estes pensadores pode ter influenciado sua conduta e postura científica diante do ambiente sul-americano, tendo sido, inclusive, segundo o historiador Peter Schrembs (1986), cujo o título de sua obra sobre Bertoni de “*Profilo di una vita tra scienza e anarchia*” na qual defende que Bertoni seguiu sendo libertário até sua morte. Esta discussão em torno dos objetivos da colônia agrícola, fundada por ele em 1894, sob o nome de “Colônia Guillermo Tell”, no dado a colônia em homenagem a seu filho de mesmo nome, na região do Alto Paraná em território paraguaio acompanha os estudos sobre sua vida.

## sumário

Segundo Baratti e Gandolfi (2019), a atuação de Bertoni que estava na região desde 1887, depois de uma passagem conturbada pela Argentina aonde chegara em 1884, dava conta de estudos nos campos da botânica, meteorologia, entomologia e agronomia, levando o governo paraguaio a se interessar por aquele cientista de modo a incorporar-lo no projeto de reconstrução nacional paraguaio demandado após o término da Guerra da Tríplice Aliança que teria arrasado com o país. A contribuição de Moisés Bertoni aprofundaria seus conhecimentos e forneceria formação para agricultores paraguaios a partir da “Escola Nacional de Agricultura” de Assunção, onde, a convite do governo ele lecionaria em troca da posse das terras no Alto Paraná.

As circunstâncias que o levaram a migrar da Europa para a América são marcadas por diversos aspectos. Seu pai, profissional liberal da área do direito desde cedo incentivara o filho a buscar seus projetos em terras distantes, aconselhando-o a procurar um território, que na sua visão seria fecundo para suas aspirações científicas e pessoais forjadas no convívio familiar e em Genebra nos tempos da faculdade. “Foi neste ímpeto que em 1884 planejou deixar a Suíça. Em análise estavam terras consideradas inexploradas pela ciência desde Sumatra, regiões da África, e as Guianas e a Venezuela, no norte da América do Sul” (BARATTI; CANDOLFI, 2019, p. 39).

A situação da família naquele instante era de crise econômica e esse contexto determinou a sua vinda e de sua família para a América do Sul em busca de novas oportunidades. A sua chegada, em 1884, na Argentina com sua mãe, Guiseppina Torriani, a esposa Eugênia e cinco filhos pequenos, acompanhado de alguns colonos era de grande dificuldade. Ele trouxe na bagagem um projeto de colonização. Este documento encontra-se em arquivos do ministério da agricultura da Argentina e seu conteúdo pode revelar os propósitos fundamentais inspirados em sua formação obtida em Genebra nos tempos da universidade. Alguns estudiosos, como Bárbara Gómez (2020),



analisaram o documento e encontraram nele uma abordagem integradora na qual o contexto local deveria ser levado em consideração sob vários aspectos, sempre associando construção de conhecimento científico e organização de sistemas de produção agrícola e organização de atividades comerciais que dariam autonomia as populações originais e aos novos colonos.

Segundo Palacios (2013, p. 43):

Em 1880, sem guerras civis pela frente, Roca assumiu a presidência da Argentina e deu início ao período chamado de “época dourada” da Argentina, ao longo do qual o país prosperou de forma acelerada, embora com grandes divisões sociais, fraude eleitoral e corrupção alastrada.

Obteve naquela ocasião a promessa do presidente da Argentina, Alejo Júlio Argentino Roca (1843-1914), de total apoio a suas iniciativas que teriam como base a região lindeira do Rio Paraná na Província de Misiones, na fronteira com o Paraguai. Entre suas preocupações estavam a de colonizar o norte do território argentino, o que levou o governo a incentivar ações de povoamento da região. O presidente Alejo, oriundo do norte argentino convivia constantemente com as diferentes ameaças a soberania do território nacional naquela região do país e provavelmente ao assumir a presidência colocou em prática as medidas que tinham como objetivo a garantia da posse e estabilidade política das províncias ao norte. Diante desta convergência de interesses é que foi para Misiones, província que faz fronteira com Brasil e Paraguai que a família Bertoni instalou-se na cidade de Sant’Ana, as margens do rio Paraná. No entanto, por circunstâncias não muito claras, o empreendimento não obteve o apoio prometido pelas autoridades o que levou Bertoni e sua família a deixarem a Argentina e partirem numa travessia precária e cheia de riscos pelo Rio Paraná adentrando em território paraguaio.

Bertoni partiu para Misiones, que sob a ótica pessoal e institucional era um lugar por fazer, uma terra de fronteiras. Ali, ficou por anos, organizando algumas incursões na mata para prospectar riquezas, montando um herbário, produzindo a classificação e aclimação de plantas. Entretanto, diversos problemas como as promessas não cumpridas, o abandono dos colonos, a falta de suprimentos, enchentes, a morte de uma filha e a insegurança levaram Bertoni a desacreditar aquela empreitada (FIUZA, 2020, p. 03)

Ainda assim, algumas realizações foram possíveis nos primeiros anos de sua instalação em Misiones, como a finalização da construção do “Observatório Meteorológico” que foi financiado pelo governo argentino na quantia de mil francos. O projeto do viveiro de aclimação que seria construído em Yaveviry não prosperou. Ali enfrentou estiagens rigorosas seguidas de períodos de chuvas torrenciais ficando claro que o regime pluviométrico da região impediria o cultivo das mais de novecentas espécies de plantas trazidas da região do Ticcino. (BUTTURA; NIEMEYER, 2012). Estes episódios prenunciavam o que viria a seguir, uma conjuntura de fatos que desestimularia a permanência da família Bertoni na região.

Algumas marcas da presença da família Bertoni na região ainda se fazem presentes. Na cidade de Sant’Ana as ruínas da casa onde a família Bertoni se instalou encontram-se não preservadas e com apenas uma placa indicando quem vivera naquele local. Durante dez anos a empreitada em Misiones não surtiu os efeitos desejados e tem-se que o modelo colonizador impetrado pelo governo argentino pode ter entrado em confronto com as convicções humanistas de Bertoni, uma vez que se fundamentava na exploração contínua do trabalho dos colonos em atividades agrícolas extenuantes estimulando a primazia da população que emigrara para o país em detrimento da busca de uma convivência salutar com os povos que já habitavam a região como uma população Guarani e alguns colonos ali instalados.

A introdução de mão de obra estrangeira começaria a transformar o perfil da força de trabalho: “em 1854 os estrangeiros era 8% dos trabalhadores de Buenos Aires e em 1870 já superavam 20%”, (...) A introdução de um Código Rural não facilitou as vida dos “pobres pastores”, como aqueles que, em 1854, queixavam-se de ser caçados como avestruzes nos campos e diziam ser republicanos, embora fossem tratados como mulas sem direito à liberdade individual, a ficar com suas famílias, a evitar os abusos do recrutamento e a receber os benefícios sociais que as leis concediam aos estrangeiros. A hierarquia social acentuou-se, (...) enquanto no campo tudo continuava precário. (...) No campo, havia o básico para a subsistência: casas de tijolos, tetos de palha e piso de terra, pouco mobiliário, instrumentos de trabalho rudimentares e vestuário diminuto (RODRIGUES, 2015, p. 206).

Além destes aspectos inerentes a dinâmica do processo colonizador, as terras ocupadas pela família Bertoni ainda sofriam o assédio dos especuladores, os quais praticavam todo tipo de hostilidades contra os imigrantes, inclusive com ameaças a integridade física, provocando até a morte de uma das filhas de Moisés Bertoni o que gerou profundo desinteresse em continuar naquele território. Houve ainda, uma fuga de colonos, os quais iriam se juntar a outros que seriam explorados nas atividades de mineração na Colônia Wanda de hegemonia alemã mais ao norte.

Diante deste contexto hostil e das promessas não cumpridas por parte do governo argentino e ainda sofrendo ameaças dos proprietários de terras da região, Bertoni empreende uma fuga em canoas precárias para o território paraguaio. Este episódio é narrado na obra de Baratti e Candolfi (1994), publicada em italiano. Trata-se de uma fuga épica, uma travessia perigosa na qual alguns colonos morreram nas águas do Rio Paraná. O episódio teria ainda mais trágico caso não fosse o apoio prestado por algumas pessoas da etnia guarani que já tinham estabelecido relações com a família Bertoni. Por fim, Moisés Santiago Bertoni, a família e alguns colonos chegam em território paraguaio.

## sumário



## O ENCONTRO COM O PARAGUAI: “O JARDIM DA AMÉRICA”

O território paraguaio na região do Alto Paraná, que compreende atualmente o Departamento de Alto Paraná até a cidade de Encarnación já no Departamento de Itapúa, consiste numa área de mata atlântica que no final do século XIX reunia uma grande população Guarani. O Rio Paraná e Rio Monday e outros de porte menor formam uma rede hidrográfica que dão a região características florestais e pedológicas altamente propícias a prática de atividades agrícolas. No século XIX, mesmo com o *ônus* da Guerra da Tríplice Aliança - na qual o Paraguai guerreou contra Brasil, Argentina e Uruguay – causando pesado infortúnio ao país, somada a devastação social produzida pelo conflito, a região mantinha sua pujante natureza naquela região. Este aspecto estimulou Moisés Bertoni a buscar a instalação de sua família e a resgatar o projeto colonizador naquela região (FLECK, 2019).

A disposição de Bertoni em implementar naquela região um empreendimento com tais características chamou a atenção do governo paraguaio que se debatia em reconstruir o país. A guerra trouxe consequências devastadoras para o país sendo seu povo inclusive associado à *barbárie* diante das demais nações sul-americanas. Este aspecto induz o governo paraguaio a estimular ações que poderiam estimular um novo ciclo de desenvolvimento elaborado a partir de objetivos políticos, econômicos e sociais que favorecessem a reconstrução histórica do Paraguai sob parâmetros civilizatórios que levassem em conta seu acervo de patrimônio natural e potenciais econômicos na busca da inserção nos circuitos modernos.

Com sua instalação na região foi oferecido a Bertoni um cargo na “Escola Nacional de Agricultura” em Assunção, capital do Paraguai. Esta condição de duplo domicílio levou Bertoni a transitar entre estes dois

espaços, ora ensinando a prática e a ciência da agricultura aos seus alunos, ora produzindo pesquisas em diversos campos do conhecimento, com especial apreço pelos trabalhos nas áreas de botânica.

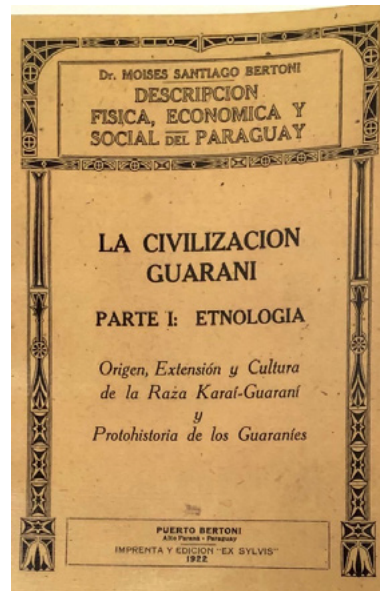
Ele ainda conseguiu estabelecer uma convivência produtiva, sob vários aspectos, com os Guarani da região. Seu interesse pela botânica, já observado nos tempos de seus estudos na Suíça terminou sendo um elemento de aproximação dele com o povo Guarani uma vez que demonstrava especial interesse nos conhecimentos deste povo. Os três volumes de sua obra "*La civilización Guarany*" tratam de variados aspectos a respeito deste povo, que é apresentado como soberano naquela região e portador de uma cultura vasta e ancestral, capaz de produzir efeitos fundamentais no projeto de renascimento paraguaio. Este apreço fica visível quando afirma:

Ninguém pensou que um povo tido por bárbaro e ainda selvagem pudesse ser professor em uma ciência de capital importância para toda a humanidade, e ainda por cima, em uma das ciências mais modernas. (...) 'com efeito [referindo-se à higiene], esses guaranis se colocaram à altura dos mais cultos e cuidadosos entre os europeus (BERTONI, 1927, p. 14, 47).

Neste caso, ele se refere a higiene Guarani, cujo conteúdo está em um dos volumes de sua obra *La Civilización Guarany*. Fica evidente a valorização que Moisés Bertoni dá aos costumes e práticas do povo Guarani quando comparados aos dos europeus. Sua pesquisa sobre os conhecimentos e práticas culturais Guarani vão ganhando aspectos que se convertem num conjunto grandioso de informações científicas e escritos temáticos que vão dando forma e conteúdo a uma atividade científica que diverge das práticas usuais recorrentes naquele período na América do Sul. Ao levar em conta fatores autóctones e ao investigar, sob o manto da ciência e com procedimentos metodológicos objetivos, ele dá uma visibilidade a um conjunto de conhecimentos que nas práticas corriqueiras estariam fadados ao conjunto dos dados classificados como exóticos ou pertencentes a uma temporalidade

ancestral, distante do projeto nacional da maioria das nações sul americanas. Embora sua formação também teve influências do positivismo tão pujante na Europa do século XIX, centrado principalmente na ideia do progresso, Bertoni consegue se articular numa epistemologia influenciada pelo anarquismo, cujos valores induzem a acreditar que seus objetos, objetivos e práticas de pesquisa estavam centrado num humanismo recorrente de suas relações acadêmicas dos tempos de Genebra, onde cursara a escola de Agricultura. Importante ressaltar que os estudos de agricultura naqueles tempos contemplavam um conjunto grandioso de conhecimentos que abordavam diversas áreas de conhecimento. É deste período os trabalhos de Mendel sobre genética, o qual também praticava a atividade agrícola muitas vezes com finalidade de produção científica.

Figura 2 - La civilizacion Guarany



Fonte: Mosè Bertoni (2022).

Não se trata apenas de apreciar objetos de estudo diferentes dos corriqueiros, aqueles que apontavam para os processos de exploração neocolonial tão comuns naqueles tempos, mas de inferir razão local em pressupostos que incentivariam a assunção de segmentos sociais que estariam fora dos processos hegemônicos de consolidação nacional.

Também dedica boa parte de seus trabalhos a investigação da medicina Guarani, as terapias a base de plantas e emplastros. Em dez anos, o acervo de informações construído pelas atividades de pesquisa de Moisés Bertoni se configura numa vasta bibliografia, por vezes transformada em artigos científicos publicados em diversos idiomas por meio de seus contatos no continente europeu e graças à atuação do governo paraguaio em registrar toda esta produção científica. Segundo aponta Gómez (2020), Bertoni deixa milhares de cartas, artigos e livros editados em alemão, italiano, espanhol e inglês. Sua vasta produção científica sempre se deu em cooperação com sua família. Sua habilidade em articular um verdadeiro grupo de pesquisa, no qual se ocupavam seus dois filhos homens e suas filhas e genros, além do aporte linguístico de sua mãe fizeram da colônia um ambiente de profícua produção científica. Seu trânsito em Assunção lhe garantia a possibilidade de dar vazão a toda essa produção científica que foi lhe conferindo destaque a ponto de ele ser levados as feiras internacionais como representante científico do Governo paraguaio, diferindo da postura de outras nações do sul da América que se preocupavam em se apresentar como espaços europeizados.

Além disso, um fator a mais fazia de suas contribuições para o desenvolvimento da medicina no Paraguai inevitáveis, a necessidade:

Ao final do século XIX, a estrutura sanitária do Paraguai era praticamente inexistente, limitando-se a uma repartição sanitária, a Oficina Médica Municipal. A capital, Assunção, contava com quarenta mil habitantes, e não havia serviço de abastecimento de água potável nem esgoto. Um ano após a reabertura da

## sumário



Faculdade de Medicina, em 1899, a cidade viveria os efeitos de uma epidemia de peste bubônica e da precária estrutura sanitária e de saúde pública (FLECK, 2019, p. 1159).

Além do aspecto da contribuição para a concepção de políticas públicas na área da saúde, os trabalhos de Bertoni ainda integram um processo de reconstrução nacional do Paraguai que havia saído arrasado da Guerra contra Brasil, Argentina e Uruguai entre os anos de 1864 e 1870. Este conflito, considerado o maior confronto entre nações da história americana, é por vezes apresentado como resultado de supostas agressões do Paraguai a territorialidade dos confrontantes Brasil e Argentina, e somado a este fator, ainda estava em jogo a busca de influência ou até controle da navegação na região do Rio da Prata pelo Paraguai.

Coube ao Paraguai derrotado, as indenizações da Guerra, como consta num trecho de um trabalho sobre a história diplomática do Brasil com o Paraguai

Estabelecia-se também que o Paraguai deveria pagar indenizações de guerra depois do término do conflito. O governo que substituiu Solano López seria responsável pelo pagamento de todos os gastos de guerra feitos pelos governos aliados, assim como pelos danos e prejuízos que as tropas paraguaias ocasionaram durante o conflito às propriedades públicas e particulares dos três aliados (YEGROS, 2013, p. 83).

Esta condição impôs ao Paraguai uma condição precária no que diz respeito a sua reconstrução tanto do ponto de vista material como da reorganização social do país. Neste sentido, os trabalhos que viriam a ser desenvolvidos por Moisés Bertoni na colônia e na Escola Nacional de Agricultura em Assunção deveriam dar importante contribuição neste processo e provavelmente por esta razão, de início, tanto a colônia, como as atividades de pesquisa recebiam apoio institucional.



Bertoni passou a ocupar um lugar importante na sociedade paraguaia, gozando de prestígio das autoridades e sendo constantemente chamado a representar o país em conferências internacionais que abordavam temas da ciência. No Rio de Janeiro, no ano de 1922, ele enfatizou a grandeza do povo Guarani como elemento essencial na reconstrução do Paraguai do pós-guerra.

Muitos supõem que a raça indígena se encaminha para sua extinção completa; a ideia de que ela virtualmente desaparecerá vem sendo sustentada e parece que ainda o é entre certo público europeu. Erro profundo! A raça americana vive, progride e tem uma grande missão... no futuro'. O sangue que se mescla, melhora, não desaparece... E onde estará o centro da civilização? Na América, na Europa, no Oriente Asiático? (BERTONI, 1924 *apud* FLECK, 2019, p. 1153).

Ao defender a presença do povo Guarani no projeto de reconstrução nacional do Paraguai, de forma enfática e entusiasmada Bertoni ainda salienta que:

Não! Porque o centro será o mundo. A América Latina está dando ao mundo o formoso exemplo da fusão da raça física em uma grande raça social... E neste grandioso futuro desaparecerão todos os preconceitos da raça, como já desapareceu nesta grande e espiritual nação. Tenho dito! (BERTONI, 1924 *apud* FLECK, 2019, p. 1153).

Estas palavras representam alguns dos principais fundamentos da trajetória de Moisés Bertoni no Paraguai. O respeito e admiração pelo povo Guarani orientaram seus trabalhos e ainda estimularam um processo de relacionamento com este povo, dos quais ele reconhecia e explorava saberes, recolhia e organizava informações fundamentais para suas pesquisas, principalmente no campo da botânica e da farmacologia.

Os números tornam-se uma clara demonstração da grandiosidade de suas iniciativas. Como menciona Fleck (2019), ao todo mantinha

uma biblioteca com mais de 17 mil volumes em variadas áreas de conhecimento, organizou uma agência postal por meio da qual enviava seus trabalhos para publicação na Europa, sempre sendo acolhido por periódicos relevantes daqueles tempos.

Sob outro ponto de vista, em seu trabalho sobre a presença dos trabalhos de Bertoni no que chama de “Entre a ciência e ao Estado Nação”, o pesquisador Wagner Henrique Neves Fiúza (2019), afirma em suas considerações finais que a circulação de conhecimento científico apresentava o que ele chama de “cores nacionais”.

Neste sentido, no lastro de alguns estudos que já identificaram a atuação dos “intelectuais platinos”, abre-se uma perspectiva de pesquisa interessante acerca dos homens da ciência que fizeram circular um saber científico com cores nacionais na América Latina no final do século XIX e início do século XX. (FIUZA, 2019).

O trânsito de Bertoni no contexto da reconstrução do Paraguai a partir de suas pesquisas e das iniciativas de desenvolvimento agrícola da colônia seriam importantes elementos de estímulo a reorganização do país tendo como base os avanços que se poderiam obter a partir de tais trabalhos.

A disposição em pesquisar acompanhava Bertoni a ponto dele se aproveitar das adversidades da natureza da região para implementar esquemas de observação a respeito da resistência dos cultivares quanto aos fenômenos naturais. Numa ocasião, já em 1918, quando uma frente fria chegou trazendo temperaturas abaixo de zero destruíram totalmente uma plantação de café, Bertoni imediatamente passou a desenvolver um estudo sobre a resistência das culturas tropicais as intempéries. (BUTTURA e NIEMEYER, 2012). Este trabalho foi batizado de “*Limite de resistência de la plantas tropicales y subtropicales a las bajas temperaturas e la temperatura mínimo secular del 1918.*” A percepção do contexto como indutor de oportunidades de pesquisa vai se configurando num diferencial da pesquisa desenvolvida pelo naturalista.

## sumário

Em todas as áreas em que atuava, sendo elas, botânica, meteorologia, zoologia, entomologia, pedologia, e ainda no desenvolvimento de técnicas agrícolas e de criação de animais, Bertoni se encarregava de agregar elementos com os quais convivia e construía a base de suas relações com o ambiente. Esta visão inspirada pelas necessidades inerentes levou Bertoni à construção de uma gráfica no interior da colônia. Criou cinco publicações periódicas por meio da editora *Ex Silvis*:

1. *A Revista Científica Suíça*;
2. *Revista de Agronomia*;
3. *Boletim Meteorológico*;
4. *Anais Científicos do Paraguay*;
5. *Descrição Física e Econômica do Paraguai*.

Por meio destes periódicos conseguiu dar visibilidade aos seus trabalhos e ainda estabelecer intercambio continuo com pesquisadores da Europa, principalmente da Suíça, além de manter contato com cientistas que atuavam na América do Sul. *A gráfica era organizada e dava origem a publicações que ora eram distribuídos, ora eram vendidos em Puerto Bertoni, uma comunidade que foi se constituindo em torno da colônia (BUTTURA; NIEMEYER, 2012)*

Outro trabalho que mostra a meticulosidade com que suas pesquisas eram desenvolvidas foi o chamado Calendário Perpétuo de Chuvas. Esta obra resultou de um cuidadoso levantamento de dados sobre umidade relativa do ar, índice pluviométrico, velocidade e intensidade dos ventos e variações de temperatura ao longo de mais de uma década. Esta publicação foi bastante utilizada pelo governo paraguaio para coordenar políticas de estado para o desenvolvimento da agricultura no país.

A visão estratégica desenvolvida por Bertoni, a qual consistia numa profunda convivência com aquilo que pretendia observar e estudar lhe rendeu a possibilidade de elaborar uma vasta produção científica, sempre voltada a compreensão do meio e do contexto em que estava inserido. Neste sentido, seus trabalhos vão compondo um conjunto de informações que serão apreciados por todos aqueles que se interessassem em conhecer a região do Alto Paraná em sua dimensão natural, atendo-se a aspectos hidrológicos, botânicos e florestais, assim como uma dedicação intensa ao estudo da sociedade Guarani, de quem se torna amigo, protetor e defensor de suas peculiaridades.

A criação do que chamou de Museu de História Natural chegou a reunir mais de 40 mil espécies de plantas da região e de exemplares que restaram da experiência em Sant'Ana, ainda na sua passagem pela Argentina. A estação meteorológica que também construiu com recursos próprios servira para orientar os trabalhos agrícolas e também na organização de parâmetros arquitetônicos das moradias e laboratórios que foram levantados na área da colônia.

Os recursos para suas iniciativas vinham de atividades econômicas que ele praticava como a lavoura de café que era comercializada e escoada pelo porto que foi erguido na foz do Rio Monday com o Paraná. O porto logo se tornou um importante entreposto comercial da região e recebia inúmeras embarcações que passaram a desenvolver ali um importante centro de comércio e troca de produtos agrícolas e extrativistas. Algumas embarcações eram construídas pelo grupo familiar e pelos colonos. Esta era outra característica peculiar em sua obra, ele conseguia envolver toda a sua família nas suas empreitadas, todos trabalhavam e mantinha com a mãe, *Dona Pepina*, uma parceria de amizade e de trabalho. (BARATTI; CANDOLFI, 2019).

As pesquisas do médico alemão Heinrich Hermann Robert Kock (1843-1910) estimularam a pesquisa em torno do uso do quinino. Esta substância poderia ser extraída de uma árvore da região e Bertoni

observou seu uso entre os Guarani e a consequente baixa ou rara ocorrência de malária entre eles. Munidos dos conhecimentos do Dr. Kock e da informação oriunda da observação dos Guarani, ele seguiu seu trabalho metodológico em busca do tempo e da dose adequada de prescrição do quinino como prevenção contra a doença. Chegou a resultados conclusivos os quais apontaram uma posologia adequada que consistia na ingestão de quinino na forma de extrato seco dez horas antes do ápice da doença. Desta forma, esta dinâmica de tratamento foi adotada em diversos outros trabalhos e pesquisas em todo o continente sul americano, haja vista a malária ser uma das piores doenças a acometer principalmente as populações rurais do período.

No ano de 1900, publicou em Assunção uma obra importante sobre esta pesquisa intitulada *Contribución al estudio de la malaria o chucho y su tratamiento*. Bertoni cumpriu o roteiro da pesquisa e da publicação como forma de compartilhar suas descobertas e ainda proporcionar a possibilidade da aplicação de conhecimento científico ao projeto de reconstrução nacional do Paraguai. Neste sentido, as publicações cumpriam função fundamental e se convertiam em estudos a serem realizados pelo país todo. Os diferentes intercâmbios científicos conferiam dinâmica internacional as suas descobertas fazendo com que gozasse de prestígio junto a pesquisadores e cientistas da Europa, principalmente na Suíça e na Itália.

## A INSTABILIDADE POLÍTICA DO PARAGUAI E SUA INFLUÊNCIA NA VIDA E OBRA DE BERTONI

O contexto político do Paraguai no final do século XIX afetou duramente os trabalhos de Bertoni a frente da Escola Nacional de Agricultura.

s u m á r i o



Entre 1902 e 1906 o Paraguai teve três presidentes da república. Sucessivos golpes e atentados contra os governos provocaram intensa instabilidade política no país. Uma troca de governo provocou a demissão de vários funcionários da escola e isso desencantou seu diretor. Em um lamento teria dito "*infelizmente és la hora de partirmos*" segundo relato em uma de suas cartas enviadas a familiares na Suíça. Com a ruptura com o governo paraguaio e a conseqüente saída da Escola Nacional de Agricultura provocou a situação dele se fixar totalmente na colônia e ali se dedicar as atividades agrícolas, extrativistas e as suas pesquisas.

Nesta nova situação Bertoni foi estreitando seus laços com a comunidade local e os velhos fundamentos políticos próximos ao anarquismo que aprendera ainda nos tempos da faculdade em Genebra passaram a exercer ainda mais influência sobre suas relações com os colonos e moradores da região. Sempre os alertava quanto as relações comerciais, destacando a necessidade de estarem atentos as negociações que poderiam submetê-los a exploração econômica por parte dos atravessadores e negociantes que frequentavam o porto comercial.

Nestas alturas, Bertoni já se configurava numa personalidade da ciência no Paraguai e mesmo não alimentando simpatia pelos governantes que se sucediam ele ainda era constantemente chamado a representar o país em feiras e congressos científicos internacionais, tendo sido presença marcante e despertando curiosidade em eventos que aconteciam em toda a América Latina.

O sustento vinha das lavouras de café, das atividades extrativas e da venda de publicações a instituições de pesquisa e curiosos que frequentavam Puerto Bertoni

No ano de 1929, já morando no Brasil depois de diversas perdas pessoais e da destruição de alguns de seus laboratórios por enchentes e a degradação de um herbário por conta de uma infestação

de aranhas mudou-se para Foz do Iguaçu, onde veio a falecer de malária, justamente a doença que tanto estudou e ajudou a combater. (BUTTURA e NIEMEYER, 2012)

## O “SABIO” BERTONI

Atualmente no Paraguai Moisés Santiago Bertoni é chamado de sábio. É usual o termo “sábio” nos idos do século XIX. Incorriam sobre indivíduos que mesmo sem formação acadêmica davam importantes contribuições aos diferentes avanços científicos naquele período. Verifica-se que até em missões diplomáticas, quando reportadas por periódicos de imprensa, era comum a ocorrência da descrição dos grupos de integrantes das missões estrangeiras sendo compostas por filósofos, linguistas, físicos, geólogos e por vezes apareciam a denominação “sábios”. Estes indivíduos eram por vezes dotados de status acadêmico e ao compor algumas missões estrangeiras em continente americano gozavam do mesmo prestígio de seus pares formados nas mais renomadas academias européias.

A região onde se situou a Colônia Guilherme Tell, chamada pelos colonos de Colônia Bertoni atualmente abriga o Parque Científico “El sábio Bertoni” e na Biblioteca Nacional do Paraguai, fundação Cabildo encontra-se o espaço “El sábio Bertoni”. Essa denominação pode derivar da sua vasta contribuição científica como também de sua atuação em várias áreas de conhecimento ao passo que não se fixou em apenas uma temática, tendo produzido importantes trabalhos nas áreas de botânica, geologia, hidrologia, entomologia, zoologia, antropologia, linguística, ciências médicas e agrárias. Além disso é possível apontar o espaço em que atuou como um importante ambiente de produção científica já nos idos do final do século XIX, vez que a atividade desenvolvida por Bertoni naquele contexto emergia a partir de sua disposição

e genialidade ao remeter a uma diferenciação nos rumos da pesquisa e da atividade científica no continente, uma vez que um exame mais abrangente tende a demonstrar uma postura diferente dos parâmetros que o trabalho de construção do conhecimento científico se propunha naqueles tempos por parte dos demais países daquela região.

## REFERÊNCIAS

BARATTI, Danilo. **Larca di Mosé**: Biografia epistolare di Mosé Bertoni. Bellinzona: Edizioni Casagrande, 1994.

BARATTI, Danilo; CANDOLFI, Patrizia. **Vida y Obra del Sabio Bertoni**. Assunção: Servilibro, 2019.

BERTONI, Moisés Santiago. Relación sucinta de un viaje de estudios al Brasil, en ocasión del Congreso Internacional de los Americanistas, del Centenario de la Independencia del Brasil y de la Exposición Universal (del 11 de agosto al 26 de noviembre 1922). **Anales Científicos Paraguayos**, t.3, n.2 (Antropología). Puerto Bertoni: Ex Sylvis, 1924. p. 70-71

BERTONI, Moisés Santiago. **La civilización guaraní**, parte III: etnografía. Conocimientos: la higiene guaraní, su importancia científica y práctica. La medicina guaraní: conocimientos científicos. Puerto Bertoni: Ex Sylvis. 1927

BUTTURA, Evaldo; NIEMEYER, Aline. **Moisé Bertoni**: uma vida dedicada para a ciência. Foz do Iguaçu: Epígrafe, 2012.

FIUZA, Wagner Henrique Neres. Moisés Bertoni: Ciência e Estado-Nação (1890-1929). **Relacult - Revista Latino-Americana De Estudos Em Cultura E Sociedade**, v.5, n.5: 1-8, 2019.

FIUZA, Wagner Henrique Neres. Representações e identidades na obra de Moisés Bertoni (1857-1929). *In*: ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA, 18., 2020, Criciúma. **Anais [...]**. Criciúma: Anpuh-Sc, 2020. p. 1-8

FLECK, Eliane Cristina Deckmann. Do meu amor ao Paraguai e à raça guarani: ideias e projetos do naturalista e botânico Moisés Santiago Bertoni (1857-1929). **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.26, n.4: 1151-1168, out.-dez. 2019.

GÓMEZ, Bárbara. **Moisés Bertoni**: el desafío de hacer ciencia em el Paraguay. Assunção. Grupo Editorial Atlas. 2020.



HOBBSAWN, Eric J. **A Era do Capital** (1848 – 1875), 25ª ed. São Paulo. Rio de Janeiro: Paz e terra. 2016.

MOSÈ BERTONI. *In: Wikipedia*. Última edição: 31 Jul. 2022, 16:16 (UTC). Disponível em: < [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mos%C3%A8\\_Bertoni&oldid=224968697](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mos%C3%A8_Bertoni&oldid=224968697) >

PALACIOS, Ariel. **Os argentinos**. São Paulo: Contexto, 2013.

PORTZ, Solange da Silva. **Fronteiras, Vivências e Memórias**: Moisés Santiago Bertoni e as Centralidades. Tese (Doutorado Sociedade, Cultura e Fronteiras) - Centro de Educação, Letras e Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Foz do Iguaçu, p. 196. 2020.

SCHREMBS, Peter. **Profilo di una vita tra scienza e anarchia**. Lugano: Edizioni la Baronata, 1986.

YEGROS, Ricardo Scavone. **História das relações internacionais do Paraguai** Brasília: FUNAG, 2013.

sumário





Anderson Plattini do Nascimento Eickhoff

Carla Busato Zandavalli

Maria Inês de Affonseca Jardim

**A CONCEPÇÃO  
EPISTEMOLÓGICA  
DE CIÊNCIA  
NOS PROJETOS  
PEDAGÓGICOS  
DE CURSOS  
DE LICENCIATURA  
EM QUÍMICA DO IFMT:**  
reflexos na formação  
de professores

DOI: 10.31560/pimentacultural/2023.96238.5

## INTRODUÇÃO

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPTC) foi criada por meio da Lei n.º 11.892, de 29 de dezembro de 2008, sendo constituída por 38, entre os quais estão os Institutos Federais, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, dois Centros Federais de Educação Tecnológica, as Escolas Técnicas vinculadas às Universidades Federais e o Colégio Pedro II (BRASIL, 2008).

A formação de professores é uma das funções estabelecidas para a RFEPTC, como dispõe a Lei n.º 11.892/2008. De acordo com o Art. 8º, as instituições constituídas como autarquias – exceto as Escolas Técnicas vinculadas às Universidades Federais – devem ofertar compulsoriamente um mínimo 20% de suas vagas para os cursos de formação inicial de professores ou programas especiais de formação pedagógica. Ainda, segundo a alínea *b* do inciso VI do art. 7º da Lei 11.892/2008, as vagas destinadas à formação de professores da Educação Básica devem observar, sobretudo, a formação de professores de Ciências e de Matemática (BRASIL, 2008).

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), instituição autárquica pertencente à RFEPTC, oferta, em alguns de seus *campi*, cursos de formação inicial de professores nas áreas de Ciências Naturais. O curso de formação de professores de Química é ofertado em três unidades de forma regular presencial e com ingresso anual. Esses cursos são nominados como “Licenciatura em Química”, nas unidades localizadas nas cidades de Primavera do Leste e Cáceres, e como “Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Química”, na cidade de Confresa<sup>96</sup> (INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO, 2019).

96 Esse curso passou por reformulação de Projeto Pedagógico optando por não alterar a nomenclatura em função das características locais (localizado a aproximadamente 1200 km da sede da reitoria em Cuiabá) e por ter sido a primeira licenciatura presencial do IFMT reconhecida pelo MEC com nota 4 no Conceito Preliminar de Curso – CPC.

Os cursos de Licenciatura em Química, conforme são descritos em seus Projetos Pedagógicos de Curso, entre outros objetivos que falaremos a *posteriori*, trazem grande verossimilhança em sua apresentação de justificativa de oferta, ou seja, partem de um princípio norteador em que se considera o número insuficiente de profissionais habilitados para o trabalho de professor de Educação Básica na área de Química na região onde as unidades de oferta se situam.

A organização da sociedade, e, portanto, da escola enquanto espaço social, tem se transformado com o passar dos anos para se moldar às necessidades impostas pelos grupos políticos e econômicos que ascendem ao poder. A partir da década de 1990, com as mudanças econômicas e a reestruturação dos processos produtivos e com o avanço das políticas neoliberais, os reflexos nas esferas das políticas de oferta e da organização da educação passam a ser cada vez mais evidentes e refletidas nos currículos escolares (LOPES; MACEDO, 2011).

Sobre a formação de professores e as pesquisas advindas dela, Cunha (2013) salienta a apropriação de características da observação presente nas Ciências Naturais, ressaltando, porém, que nas Ciências Sociais tanto o processo de formação quanto o ambiente de atuação são permeados de diferentes saberes e que, em maior ou menor importância, irão constituir-se como parte da formação do professor e do pesquisador. Ainda sobre esse trabalho, a autora aponta a baixa produção de trabalhos de pesquisa de cunho filosófico-político que são aqueles capazes de situar o “professor profissional” enquanto sujeito do processo de construção de conhecimento em detrimento da lógica de reprodução – modelo das políticas neoliberais adotadas a partir de 1990.

No Brasil, a pesquisa em formação de professores já passou por diversos momentos, como aponta Diniz-Pereira (2013), e, apenas a partir dos anos 2000, há uma tendência das pesquisas em focalizar mais o profissional do que em cursos de formação. Segundo o autor, as pesquisas saem do “como formar o professor” e caminham para “como formamos o professor”.

A formação de professores, em particular, a de Química, esbarra em questões relacionadas ao intrincado quebra-cabeça propiciado pelos cursos quando apresentam uma ideia de separação entre a prática e a teoria. Não obstante, muitos cursos universitários ainda fazem a separação entre aquelas disciplinas ditas de conteúdo específico e as chamadas pedagógicas ou didáticas (LÔBO; MORADILLO, 2003).

A relação de separação constituída no processo formativo acaba potencializando a criação de dicotomias entre aquilo que é importante para o exercício profissional e aquilo que é secundário. De acordo com Maldaner (2006, p. 47), isso fica claro, pois “[...] embora o curso seja de formação de professores, não há compromisso nem social e nem pessoal com essa questão, principalmente nos cursos de Química das grandes universidades brasileiras”. A formação de professores tem o compromisso de possibilitar o conhecimento tácito à área, sem que, no entanto, implique à criação de divisões entre o conhecimento específico e o conhecimento pedagógico. Ainda de acordo com o autor:

A preocupação saliente é a formação nos conteúdos de química, não importando o contexto em que eles poderiam ser significativos: na pesquisa, na indústria, na agricultura e, principalmente, na formação química nos diversos graus de ensino. (MALDANER, 2006, p. 48).

Essa perspectiva formativa parece combinar perfeitamente com a ideia de que a formação universitária de professores, com objetivo de produção do conhecimento, e com a finalidade da tentativa de resolução de problemas sociais, seja suprimida para, simplesmente, resolver as demandas capitalistas.

A formação de professores de Química pelo IFMT é entendida como uma confluência entre as necessidades de profissionais habilitados para a atividade docente nos municípios atendidos e a orientação legal da garantia de destinação de 20% das vagas para formação de professores fundamentalmente na área de Ciências Naturais. Outro ponto importante de observação são as bases epistemológicas a partir

das quais se fundamentam os objetivos de formação e se (ou como) as disciplinas, atividades, estágios, projetos etc. articulam-se para a formação do futuro professor.

Acredita-se que a reflexão sobre o processo de construção do conhecimento e a análise de seus alicerces é estruturante para dotar a prática de significados. Sendo assim, as atividades experimentais experienciadas apenas como treinamento por imitação e repetição desconfiguram os objetivos cunhados daquilo que é esperado do professor que reflete sobre sua prática (PIMENTA, 2010). Em outras palavras, o conhecimento a partir do estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados de determinada ciência é realmente proporcionado, ou ao menos almejado, nos objetivos da formação dos professores de Química, em uma perspectiva histórico-crítica (SAVIANI, 2011).

Tomamos como referência para a compreensão do currículo a pedagogia histórico-crítica enunciada por Saviani (2011), onde se entende que o ensino possibilita a instrumentalização das classes trabalhadoras para lutas sociais dentro de um contexto de busca de condições igualitárias a todo cidadão.

Neste estudo, partiu-se da ideia inicial de que, tão importante quanto à atividade em laboratório ou às demonstrações em salas de aulas, o futuro professor deverá ser capaz de, por meio da crítica e análise das bases epistemológicas que sustentam sua práxis, escolher o melhor caminho para um aprendizado que possibilite ao estudante sua capacidade de interpretação de teorias e explicações de fenômenos observados. É a formação inicial que pode permitir, a esse profissional, a compreensão dos distintos métodos ou de teorias do conhecimento, seja por meio de disciplinas específicas ou por meio de outros componentes curriculares do currículo. Entende-se que um dos caminhos para o questionamento do ensino de Química, em geral, calcado no empirismo-indutivismo, é através da

aproximação do professor em formação com as distintas teorias do conhecimento (LÔBO; MORADILLO, 2003).

Esse texto foi construído com o objetivo de identificar as propostas de abordagem da epistemologia da ciência na formação inicial dos professores de Química do IFMT, bem como, em uma perspectiva epistemológica, a forma como se estruturam as propostas de atividades experimentais descritas nos textos analisados. Trata-se de uma primeira aproximação para a análise de mudanças nas políticas curriculares de formação de professores, proposta em um estudo mais ampliado no contexto de uma tese de doutorado<sup>97</sup>.

Nesse estudo – uma pesquisa documental de cunho qualitativo (LUDKE; ANDRÉ, 2020) –, foram utilizados, como *corpus* de análise, os Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) das três unidades do IFMT que ofertam Licenciatura em Química. Para o tratamento e análise dos dados obtidos, foi utilizada a análise de conteúdo (BARDIN, 2016).

O texto foi estruturado apresentando a concepção de currículo a partir da qual o trabalho foi constituído. Levou-se em conta, portanto: algumas perspectivas acerca da epistemologia da ciência como indutora para a reflexão da prática docente, fazendo o apontamento de como é percebido as abordagens teórico-práticas para professores em formação; as metodologias empregadas para coleta, análise e interpretação dos dados obtidos; os resultados e as discussões onde foram apresentados os dados obtidos na pesquisa, sua interpretação e as discussões, de acordo com o proposto pelo método da pesquisa e os dados encontrados; seguido das considerações finais, onde se faz uma análise do todo em relação ao que se propôs com o trabalho, acerca dos dados encontrados.

97 Pesquisa em andamento realizada por Anderson Plattini do Nascimento Eickhoff, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Profa. Dra. Carla B. Zandavalli e da Profa. Dra. Maria Inês de Affonseca Jardim.

## O CURRÍCULO

A compreensão de qual conhecimento deve ser ensinado no âmbito escolar é, como enuncia Silva (2021, p. 14) o “pano de fundo para qualquer teoria do currículo”. Percebe-se, a partir daí, que há inúmeras possibilidades de interpretação daquilo que é e daquilo que deve fazer parte do currículo escolar.

Compreende-se a organização do currículo como instrumento necessário para rompimento da estrutura escolar, que culturalmente privilegia classes dominantes, saindo do estado estancado da preocupação com os conteúdos a serem ensinados em detrimento de fatores sociais englobantes desses conteúdos. Com efeito, e incorporando a concepção de Saviani (2011), a educação deve ter o papel central na transformação emancipatória da sociedade, incluindo, nesse processo, exploradores e explorados.

Sobre o currículo, ao estudar a inclusão de crianças no Ensino Fundamental, Caldeira e Paraíso (2017, p.771-772) definem a forma como se configura e enunciam que:

No currículo do primeiro ano do ensino fundamental, esses dois dispositivos às vezes se articulavam e, às vezes, disputavam espaço. Eles possibilitavam que alguns conhecimentos e saberes emergissem, enquanto silenciavam outros; produziam algumas práticas, fazendo com que outras fossem consideradas menos válidas; disponibilizavam certos modos de ser aluno/a e professora considerados corretos, enquanto faziam com que outros fossem tidos como inadequados. Isso não se dava sem disputas e relações de poder, que davam a esse currículo características peculiares.

O currículo da formação de professores em si é apropriado a partir da lógica da força dominante. Todavia, a partir da década de 1990, a adoção das políticas neoliberais pelos sistemas de educação ganhou ressonância nos cursos de formação de professores e, desde



então, tem influenciado a constituição do que se deve ensinar e aquilo que se deve aprender. Em uma abordagem sobre tornar o particular como universal, fica latente a ideia de que tudo tem que ter um tempo pré-definido ou aceito como razoável, e isso está presente nos currículos. Ainda sobre a ação globalizante, Santos (1994, p. 20) aponta que:

[...] o que globaliza separa; é o local que permite a união. Define-se o lugar como a extensão do acontecer homogêneo ou do acontecer solidário e que se caracteriza por dois gêneros de constituição: uma é a própria configuração territorial; outra é a norma, a organização, os regimes de regulação. O lugar, a região não são mais o fruto de uma solidariedade orgânica, mas de uma solidariedade regulada ou organizacional. Não importa que esta seja efêmera. Os fenômenos não se definem apenas pela duração, mas também e sobretudo pela estrutura.

Sobre o positivismo presente na lógica da construção de currículos de formação de professores de Química, Maldaner (2006, p. 51) indica que:

Os problemas abordados em tais currículos estão abstraídos das circunstâncias concretas e da vivência, constituindo-se em problemas ideais e que não se aplicam às situações práticas. Isso faz com que os profissionais percam a confiança na pesquisa acadêmica, pois ela não se aplica e não se encaixa nas situações reais.

Aliados à questão da falta de coerência entre conteúdos e abordagens que fazem parte do currículo escolar e do cotidiano da vida real, toda sorte de conceitos e conflitos estão imbricados na sua construção. Os conflitos para a construção de um currículo escrito, além de um significado simbólico, carregam consigo um significado prático. Em outras palavras, quando escritos, os conflitos delimitam o que se deve ensinar/aprender e, com isso, cria-se a hierarquização entre os conhecimentos, estabelecendo aquilo que é importante, e se pode/deve conhecer, e aquilo que deixa de ser importante do ponto de vista de quem é responsável pela constituição daquele currículo (GOODSON, 2018).

Atualmente, a prescrição daquilo que se deve ser ensinado ganha efeito cenográfico de que a uniformidade pode dar polimento ao conhecimento humano e, com isso, a centralidade de quem, por alguém ou algum grupo, julgou fundamental que se aprenda. Arroyo (2020, p. 47) faz interessante abordagem sobre a crença de uma ciência como redentora do conhecimento e que, portanto, serve como referência para propostas enrijecidas daquilo que se ensina e daquilo que se aprende, indicando que:

O culto e a crença na ciência, na tecnologia, na racionalidade científica como salvadora e libertadora, sobretudo dos pobres são aprendidas [sic] nos centros de formação, das ciências naturais, de maneira especial quando se pensam como garantia do processo e do bem-estar universal. Um licenciado bem formado não é apenas aquele que domina os conhecimentos de sua disciplina, mas aquele que introjetou essa cultura, esse culto a essas crenças redentoras, messiânicas, sagradas da ciência e do conhecimento.

Todavia, para o autor, é fundamental a compreensão de que o currículo deve ser um conjunto de práticas que objetivam: a emancipação humana, o rompimento com o modelo de exploração do trabalho, a ressignificação das concepções das práticas que se encerram em si mesmas e a ciência e tecnologia como culto fiel à sequenciação do conhecimento como um só caminho para o sucesso escolar (ARROYO, 2020).

Em uma concepção de um currículo que favoreça o aprendizado global do estudante e sendo, a Química uma ciência experimental, é indissociável a realização de atividades de cunho teórico-prático. Nesse viés, em uma perspectiva de que a organização do currículo não acabe se encerrando em processos deslocados da teoria ou inócuos a um processo em que a reflexão sobre a prática, da sequência didática e dos motivos pelos quais aquela determinada atividade em laboratório se configura essencial para o processo de aprendizagem (GUIMARÃES, 2009).

## A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA COMO INDUTORA DE REFLEXÃO DA PRÁTICA DOCENTE

Costuma ser muito comum em cursos de formação de professores, e, em especial, na área de Ciências Naturais – outrora, inclusive, cunhados como Exatas – a execução de atividades práticas para elucidar uma determinada teoria. Ocorre que, num movimento quase que genérico, as atividades práticas, normalmente com o auxílio de laboratórios, utilizam-se de conceitos empiristas-indutivistas. Assim, apesar de tentar apontar ao aprendiz que uma lei ou uma teoria advém da observação nas mais diversificadas situações possíveis, e depois das observações tabuladas com ausências e presenças, entre outras, deve-se raciocinar sobre os dados para finalmente alcançar o conhecimento. Normalmente, a experimentação na formação se atém a receitas previamente determinadas e de pouca margem para reflexão.

Assim, de acordo com esse método, cuja sistematização é feita por Francis Bacon (1561-1626), evidencia-se a crença de que “[...] se a observação for objetiva e rigorosa, a verdade será revelada a partir daquela observação” (LÔBO; MORADILLO, 2003).

O método empirista-indutivista traz consigo a dificuldade de explicar como é possível produzir conhecimento, generalizando – com leis ou teorias – a partir de observações singulares. Vinculada a essa concepção, há a ideia de neutralidade do observador em relação aos fenômenos observados, no qual Bacon (1984, p. 38) afirma que: “O intelecto deve ser liberado e expurgado de todos eles, de tal modo que o acesso ao reino do homem, que repousa sobre as ciências, possa parecer-se ao acesso ao reino dos céus, ao qual não se permite entrar senão sob a figura de criança”.

s u m á r i o



Acerca das concepções de ciência segundo o empirismo-indutivismo, Silveira (1996) elenca as principais teses como sendo: a observação é a fonte e a função de todo conhecimento, sendo que todo conhecimento advém da observação das experiências sensoriais; o conhecimento científico é obtido a partir dos fenômenos, ou seja, todo conhecimento é uma síntese do que a observação apresentou; tudo que é pessoal não desenvolve papel no processo de construção do conhecimento, a ciência tem de possuir o status de neutralidade; as teorias não são criadas ou inventadas, elas advêm de descobertas pela reunião de dados empíricos.

A partir das primeiras décadas do séc. XX, o método empirista-indutivista sofre críticas de diversos filósofos fundamentados por concepções racionalistas/construtivistas. Nessa concepção, o processo de construção do conhecimento é fundado a partir de hipóteses e teorias diversas que indicam o caminho a ser trilhado pela observação dos fenômenos. Isto posto, percebe-se, então, que a ciência não é constituída de ideias neutras. A ciência, para racionalistas/construtivistas, é permeada de concepções prévias, hipóteses oriundas de experiências e de teorias pretéritas. Alguns filósofos como o francês Gaston Bachelard (1884-1962), o austríaco Karl Raimund Popper (1902-1994), o estadunidense Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) e o húngaro Imre Lakatos (1922-1974) questionam o método empirista-indutivista e formam a ideia de que o conhecimento, de uma forma ou de outra, constitui-se como atividade humana e, portanto, permeada de intencionalidades (LÔBO; MORADILLO, 2003).

Crítico da ideia da construção do conhecimento pela via empirista-indutivista, o racionalista Gaston Bachelard (*apud* LOPES, 1996), em seus muitos escritos, não se propôs a sugerir como os cientistas deveriam “fazer ciência” para constituição do processo de construção do conhecimento. A proposta de seus escritos se concentrou no diálogo com outras linhas de pensamento filosófico sobre o modo como

o conhecimento é construído. Dessa maneira, não há a constituição de um método científico segundo Bachelard *idem*, mas justamente a ideia de que não há um fim para a construção do conhecimento. É a valorização do erro na finalidade de reconstrução em contraponto aos processos de validação do conhecimento científico (*ibidem*).

Com forte influência do empirismo-indutivismo nas atividades teórico-práticas de professores de ciências em formação, Lopes (1996, p. 252) indica que Bachelard orienta que o erro é um caminho adequado às ciências, uma vez que:

[...] defende que precisamos errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela retificação desses erros. Como seu objetivo não é validar as ciências já prontas, tal qual pretendem os partidários das correntes epistemológicas lógicas, o erro deixa de ser interpretado como um equívoco, uma anomalia a ser extirpada.

Nesse sentido, é importante compreender que ensinar ciências não é o mesmo que fazer ciências e, portanto, o ensino de ciências neutralizado das influências do meio social incorre, muitas vezes, em não levar em consideração problemas da aprendizagem dos estudantes ou, como aponta Lôbo e Moradillo (2003, p. 40), desenvolver “[...] apenas habilidades de observar, medir, comparar, anotar e tirar conclusões” como imagem distorcida da construção do conhecimento por meio da ciência.

O conhecimento científico é a ferramenta que impulsiona à liberdade no sentido da participação individual na estrutura de uma sociedade. Dessa maneira, é fundamental, para além da tentativa de compreensão do funcionamento da ciência, o entendimento de que esse conhecimento (a ciência) é uma construção social e, portanto, o acesso é um direito<sup>98</sup> público e subjetivo. Para a concepção de

98 No âmbito legal, a Constituição Federal de 1988 estabelece, em seu Art. 208 e demais emendas, como obrigação do Estado a oferta da educação obrigatória e gratuita de quatro a dezessete anos. Define a oferta da educação infantil de zero a três anos, obrigatória para o Estado e facultativa às famílias e indica, em seu § 1º, que: “O acesso ao ensino obrigatório e gratuito é direito público subjetivo” (BRASIL, 1988).

liberdade, em uma abordagem dialética da relação do indivíduo e da sociedade, Duarte (2016, p. 84) indica que:

Para que essa transformação ocorra, é preciso que os indivíduos desenvolvam a capacidade de desnaturalização dessas condições, o que requer o domínio de conhecimentos da realidade sócio-histórica para além dos fenômenos imediatamente perceptíveis na cotidianidade.

Sobre o conhecimento, Saviani (2011, p. 14) faz sua diferenciação – *doxa*, que é o senso-comum; *sofia*, que é a sabedoria, e; *episteme*, que é a ciência – e indica que “[...] a escola diz respeito ao conhecimento elaborado e não ao conhecimento espontâneo; ao saber sistematizado e não ao saber fragmentado; à cultura erudita e não à cultura popular”. Nessa perspectiva, o autor indica a escola como responsável por propiciar aos estudantes formas de acesso ao conhecimento elaborado, o que inclui essencialmente a ciência.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa qualitativa é fundante para apontar os achados diante dos objetivos propostos. Sobre as pesquisas qualitativas, Flick (2009, p. 20) aponta que “[...] a pesquisa qualitativa é de particular relevância ao estudo das relações sociais devido à pluralização das esferas da vida”, indicando acreditar que essa abordagem é capaz de abrigar diferentes métodos de coleta de dados bem como de suas análises.

Para constituição do *corpus* desta pesquisa, optou-se por fazer uma análise dos PPCs, extraídos dos sites institucionais<sup>99</sup>, dos cursos de Licenciatura em Química ofertados de forma presencial, em três

99 C1 <https://cfs.ifmt.edu.br/conteudo/pagina/licenciatura-em-ciencia-da-natureza-quimica/>  
C2 <http://pdl.ifmt.edu.br/conteudo/pagina/coordenacao-do-curso-de-licenciatura-em-quimica/>  
C3 <http://cas.ifmt.edu.br/conteudo/pagina/licenciatura-em-quimica-novo/>

unidades do IFMT, sendo eles localizados nos municípios de Confresa (C1), Primavera do Leste (C2) e Cáceres (C3). Dessa maneira, trata-se de uma pesquisa documental (LÜDKE; ANDRÉ, 2020). Para Lüdke e André (2020, p. 45), a pesquisa documental de cunho qualitativo tem características muito particulares, pois:

Os documentos constituem também uma fonte poderosa de onde podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informação. Não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto.

Na mesma perspectiva, Flick (2009, p. 232) aponta que “[...] ao decidir-se pela utilização de documentos em um estudo, deve-se sempre vê-los como meios de comunicação [...]”, indicando que “[...] os documentos não são somente uma simples representação de fatos ou da realidade. Alguém (ou alguma instituição) os produz visando a algum objetivo (prático) e a algum tipo de uso [...]”.

Sobre a análise de conteúdo, parte-se do princípio indicado por Bardin (2016, p.42), de que se trata de “[...] uma técnica de investigação que através de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto nas comunicações tem por finalidade a interpretação destas mesmas comunicações”. Contribuindo a essa perspectiva, Lüdke e André (2020, p. 48) apontam que pode se tratar de um caminho natural para criação de inferências em pesquisas documentais, pois “[...] pode caracterizar-se como método de investigação de conteúdo simbólico de mensagens”.

Para a análise dos dados foram realizadas três fases, sendo: “[...] a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação” (BARDIN, 2016, p. 125). Na fase de pré-análise, foi desenvolvida a leitura flutuante, isto é, a leitura de todo o texto dos documentos que constituíram o *corpus* da pesquisa

seguindo o roteiro estabelecido por Bardin (2016, p. 126-131). Para a tentativa de evidenciar as bases epistemológicas acerca da ciência presentes nos PPCs, foi realizada a busca dos termos “epistemologia da ciência”, “epistemologia” e “história da ciência”.

Para a segunda fase, como proposto Bardin (2016, p. 131) “[...] a fase de análise propriamente dita não é mais do que a aplicação sistemática das decisões tomadas”, e com a definição e a análise inicial do *corpus* da pesquisa elaborado, foi realizada a codificação, enumeração e categorização das formas como se dá a apresentação dos conceitos de epistemologia e das propostas de abordagem científica para as atividades práticas e experimentais. Na terceira e última fases, os resultados foram organizados em quadros e tabelas para facilitar a construção de inferências advindas dos objetivos do trabalho e/ou, ainda, a exposição das descobertas a partir dos documentos analisados, que são expostos no próximo item.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fizeram parte da análise deste trabalho os Projetos Pedagógicos de Curso de Licenciatura em Química do IFMT em três diferentes *campi*. Sendo eles: C1, instalado em 2010 com ingresso de 20 alunos e com 10 anos de funcionamento; C2, instalado em 2017 com ingresso de 40 alunos e com 4 anos de funcionamento; C3, instalado em 2021 com ingresso de 40 alunos e com menos de um ano de funcionamento. Todos os três cursos têm ciclo de seleção anual, ou seja, uma entrada por ano.

Para a formação de professores da área de Ciências Naturais, é fundamental que sejam apresentadas as bases da constituição da sua área de atuação. Em resumo, é fundamental a compreensão das ciências como um processo construído e reconstruído ao longo da história



e não como proposições desconexas com as distintas realidades que o conhecimento foi se constituindo.

Após a pré-análise dos documentos que compõem o *corpus* da pesquisa, foi possível evidenciar, para fins de organização, 2 categorias originadas de 5 unidades de registro (epistemologia ambiental, metodologia científica, desenvolvimento humano, epistemologia da ciência e filosofia da ciência), conforme Quadro 1.

**Quadro 1 – Categorias, unidades de registro e de contexto nos PPCs**

<b>Categoria</b>	<b>Unidade de registro</b>	<b>Unidade de Contexto</b>	<b>Documentos</b>
Referência documental a epistemologias ou de suporte a pesquisas e projetos não ligados à teoria do conhecimento	Epistemologia ambiental	Estudos sobre meio ambiente; Práticas de ecologia em procedimentos de laboratório; Preservação ambiental.	C1, C3
	Metodologia científica	Redação do trabalho científico; Manuais de projeto de pesquisa; Suporte para redação de trabalhos de conclusão de curso.	C1, C2, C3
	Desenvolvimento humano	Compreensão da realidade; Desenvolvimento cognitivo	C2
Referência a estudos ou fontes epistemológicas que constituem estudos vinculados à teoria do conhecimento	Epistemologia da Ciência	Teoria do conhecimento.	C3
	Filosofia da Ciência	Componente curricular que pode abordar teoria do conhecimento	C3

Fonte: Autoral, 2022.

A análise de conteúdo foi utilizada como procedimento de análise de dados ordenando apenas o aparecimento da palavra “epistemologia” em cada item do *corpus* da pesquisa. A partir da identificação do aparecimento da palavra “epistemologia” foi realizada a contextualização da intencionalidade de utilização.

Numa perspectiva de rompimento com a lógica tecnicista que habita largamente os cursos de formação de professores (LÔBO; MORADILLO, 2003), há uma necessidade imperiosa de desvelar a forma como se constituem as ciências para dotar de espírito crítico aquele que deseja ser professor. O caminho que abre essa possibilidade é o da compreensão da forma com que as ciências são desenvolvidas, e como se deram a construção das bases teóricas para que determinado conhecimento fosse aceito como científico. Por não existir uma única verdade e nem todo saber é um conhecimento científico, é fundamental a compreensão de como as ciências se organizam. Sobre isso, aponta Japiassu (1977, p. 30):

Não existe uma ciência única e idêntica a propósito da qual poderíamos formular teorias definitivas. O que existe é um conjunto de disciplinas especializadas, cada uma possuindo seus caracteres próprios e graus de desenvolvimento. Só arbitrariamente podemos agrupá-las num conjunto unitário, como se todas formassem um todo coerente e passível de um estatuto unitário.

Nessa perspectiva, não se pode permitir a formação do professor de Química dentro de uma visão empirista-indutivista, amplamente presente nos cursos de formação inicial (LÔBO; MORADILLO, 2003). Essa lógica experimental, todavia, é maquiada em termos que dão a ideia de multiplicidade de métodos, mas que nem sempre se tornam realidade.

Desse modo, o Quadro 1 indica a necessidade de um olhar sobre a forma com que se aborda as ciências com base na teoria do conhecimento nesses cursos de formação de professores de Química. Isso porque apenas em um dos documentos (C3) indicam-se abordagens de distintos percursos epistemológicos em ciência, ainda que evidencie sua abordagem apenas como conteúdo da ementa de uma disciplina.

Na análise do Quadro 1, é possível evidenciar que, na busca, o emprego da palavra “epistemologia” em maior ocorrência foi feito para indicar questões ambientais, presentes nos 3 documentos devido à inclusão de disciplinas como Educação Ambiental e Química Ambiental.

Além disso, foi muito recorrente a associação entre as palavras “epistemologia” e “metodologia científica”, visto que todos os documentos apresentam a necessidade de redação de projetos e trabalhos de conclusão de curso. Semanticamente, a ocorrência da palavra “epistemologia” nos documentos referiu-se à congruência entre métodos – de pesquisa ou científico – e suas bases teóricas e epistemológicas.

Sobre a associação de epistemologia e desenvolvimento humano em C2, a associação da palavra “epistemologia” se deu em “Epistemologia Genética de Piaget”, como parte da ementa da disciplina de “Psicologia da Educação”, ainda que não apresente o livro homônimo do autor, no caso Jean Piaget, e que provavelmente subsidia o trabalho com o conteúdo citado.

O Quadro 2 aponta a direção de como se distribui a palavra “epistemologia” ao longo dos documentos analisados indicando que, com maior frequência, o termo se refere a outros temas que não à epistemologia da ciência.

**Quadro 2 – Frequência da palavra “epistemologia” e referência do seu aparecimento no corpus**

Documento	Frequência	Contexto	Referência
C1	5	(4) Epistemologia ambiental	Henrique Leff
		(1) Metodologia do trabalho científico	Ementa <sup>100</sup>
C2	2	(1) Desenvolvimento humano	Piaget
		(1) Sem contexto	Título de livro
C3	5	(1) Metodologia do trabalho científico	Título de livro
		(1) Epistemologia Ambiental	Não aponta
		(1) Teoria do conhecimento	Morin, Chalmers, Khun, Popper e Serres
		(2) Sem contexto	Ementa <sup>101</sup>

Fonte: Autorial, 2022.

100 Ementa da disciplina de Metodologia do Trabalho Científico

101 Idem anterior.

Diante da escassez da inserção de abordagens para a epistemologia da ciência, optou-se por categorizar também o perfil de egresso desejado e descrito nos documentos. Isso porque o perfil do profissional egressos dos cursos tende a refletir a formação desejada e apresentada nos PPCs.

Em geral, o perfil do egresso é orientado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) – neste caso, para os cursos de Química – e em documentos orientadores institucionais. Para os documentos C2 e C3, o perfil é texto fidedigno ao Parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE) por meio da Câmara de Educação Superior, CNE/CES nº1.303/2001 com casos isolados de aglutinação de itens. O documento C1, por sua vez, apresenta o perfil de egressos que, apesar de assemelhar-se às DCNs para os cursos de Química, tem a redação bastante distinta do Parecer CNE/CES nº1.303/2001. É improvável que haja orientação institucional para alteração do perfil, visto que se trata do PPC do curso mais antigo. A identificação do perfil é fundamental para a elaboração dos currículos dos cursos que se pretende criar, uma vez que o currículo deve refletir esse anseio e possibilitar caminhos teóricos para abordagem que versa à qualificação profissional que o curso se propõe a realizar. É também no currículo que se desenha o enfoque para as diferentes atividades e disciplinas que irão embasar a formação escolar do professor.

O perfil do egresso consta nos PPCs *ipsis litteris*, como apresentado nas DCNs, o que evidencia a sobreposição de características não planejadas para diferentes cursos e suas distintas realidades. Essas características, longe de serem uma possibilidade de alinhamento institucional, acabam por expor a dificuldade de indicar o perfil de egresso que se deseja e, com isso, um planejamento adequado para seu currículo (ALMEIDA, 2018).

No perfil de egresso apresentado no C1, observarmos trechos como “conhecer as ciências como produto da ação humana”, levando

## sumário

à interpretação de que o curso possibilitará o contato com diferentes autores que abordam teorias do conhecimento. Essa ideia ganha ainda mais força quando, alinhado ao excerto anterior, deparamo-nos com “comprometer-se com o aprendizado do aluno”. Se há compromisso com o aprendizado dos estudantes, alinhando-se à ideia da apresentação de que a ciência é fruto da atividade humana e, portanto, fluida, há a expectativa de se deparar com a indicação de textos que subsidiem essas ideias. O que nem sempre é uma realidade se o descritor de busca for por “epistemologia”. Todavia, no documento C1, do qual se originam os excertos destacados, há menção, dentro da disciplina de “Filosofia da Ciência”, sobre diferentes correntes que subsidiam as teorias do conhecimento, citando autores e textos na ementa como René Descartes, Immanuel Kant, Jean-Jacques Rousseau e Karl Marx, além de pressupostos filosóficos de tendências pedagógicas liberais e progressistas.

Para Santos e Mortimer (2002), esse papel salvacionista de neutralidade das ciências e de cientificismo esteve presente nos primórdios dos currículos das ciências até a década de 1960. Esse papel era responsável pela ideia de formar pessoas na perspectiva da construção de um novo cientista. Com efeito, embora parte dos currículos apontassem para perspectivas emancipatórias em relação à adoção de métodos, a repetição, a demonstração e a apresentação de um experimento, como fonte para geração de uma teoria ou generalização do todo, tornavam-se imperiosas.

É na perspectiva de que, apesar de encontrar características que apontem para um rompimento com o empirismo-indutivismo, é comum encontrarmos práticas distintas do que se descreve nos documentos dos cursos de formação inicial de professores (LÔBO; MORADILLO, 2003).

Nessa perspectiva de análise, Libâneo (2004) trata do currículo real em detrimento do currículo formal, ou seja, o que realmente se ensina e se aprende nos cursos de formação de professores. Segundo

## sumário



o autor, nem tudo que é prescrito ou oficial é o que se reflete no dia a dia da formação. O perfil desejado para os egressos de um curso, como proposto nos documentos do *corpus* do trabalho, pode se favorecer de uma abordagem da teoria do conhecimento de maneira mais ampla e que, tendo em vista sua incipiente prescrição, não é capaz de contribuir para isso. Dessa maneira, auxiliar na concepção de um currículo real mais próximo daquele presente nos documentos, e com as características próprias que as ciências, e suas formas de se constituir, possam ser amplamente fundamentadas, discutidas, (re)interpretadas e dotadas de significados para além da generalização de dados coletados nas bancadas frias do laboratório.

Nos três documentos, é comum encontrar o termo “epistemologia ambiental” e, como referencial teórico, a obra *Epistemologia Ambiental*, de Henrique Leff<sup>102</sup>. Isso se justifica devido à presença da disciplina de Educação Ambiental em C1 e C2. Já em C3, a Epistemologia Ambiental é abordada como conteúdo da ementa da disciplina de Biologia Geral e não é apresentada bibliografia específica.

No documento C1, é indicada a abordagem epistemológica apenas como fundamento para metodologia científica ou suporte para a educação ambiental quando buscado apenas o termo epistemologia, quando o documento todo é analisado e a disciplina de Filosofia da Ciência é encontrada, a análise na perspectiva da teoria do conhecimento ganha contornos e a sugestão de abordagem de temas que podem auxiliar na busca por alternativas ao ensino empirista-indutivista. Isso é percebido nos livros-textos indicados no documento, incluindo o *Contra o Método*, de Paul Karl Feyerabend.

No documento C2, mesmo apontando um perfil desejado para que os egressos “Sejam cidadãos críticos, propositivos e dinâmicos na busca de novos conhecimentos” (p. 27), não são apresentados os

102 Livro *Epistemologia Ambiental* de Enrique Leff, publicado em 2001 pela editora Cortez.

caminhos para as atividades teórico-práticas para o ensino de Química. Nesse documento, não há indicação de disciplina específica para tratar de epistemologias ou ao menos, de maneira mais genérica, de filosofia das ciências. Ao se deparar com o termo “epistemologia”, suas referências aparecem sobre manuais de redação acadêmico-científica ou sobre desenvolvimento humano para a disciplina de Didática. Como citado anteriormente, mesmo havendo a possibilidade de abordagem de temática acerca de epistemologia devido ao usual currículo real, dificilmente, em detrimento da baixa carga horária destinada às disciplinas que poderiam abordar os métodos, serão apresentados suficientemente, durante a formação inicial do professor.

No documento C3, consta-se no currículo a disciplina de Filosofia da Ciência que se propõe analisar, ao mesmo tempo, correntes filosóficas ligadas à investigação filosófica das ciências e a história da ciência. Há a indicação de obras que sugerem outros modelos que não o empirismo-indutivismo, mas não é possível evidenciar seu emprego. Traz também a indicação de epistemologia ambiental, a epistemologia dentro de metodologia do trabalho científico e como título de manuais de redação acadêmica/científica.

Na perspectiva de valorização e de desejo do rompimento com o modelo preponderante nas Ciências Naturais, como exposto por Lôbo e Moradillo (2003), a possibilidade de alternativa para uma construção que estaria além do empirismo-indutivismo parece ser peremptória.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a análise dos projetos pedagógicos dos cursos, ficou bastante evidente a desconexão entre as competências indicadas no perfil profissiográfico e as proposições metodológicas e arranjo de disciplinas nos currículos propostos.



Embora no C1 conste a disciplina de Filosofia da Ciência, e em sua ementa aborde a evolução do estudo de postulados, conclusões e métodos da ciência, a proposta se ancora em carga horária baixa (34 horas) e com a proposta de oferecer também a abordagem de filosofia da educação. No C2, o projeto nem mesmo faz referência à epistemologia ou à filosofia dentro de um contexto de estudos, dificultando, ao menos em termos de currículo formal, a discussão e a construção de propostas acerca do estudo das ciências.

Para além do que se objetivou com este estudo, é interessante que se avalie como se dá a construção dos processos de formação de professores nos cursos estudados, com a oportunidade de escuta de discentes e docentes dos cursos e sua relação pelo modo que o currículo formal limita o trabalho para alcançar o perfil de egresso apontado pelos próprios projetos pedagógicos de curso. Isso também é importante, tendo em vista que não foi possível identificar, na leitura dos documentos, perspectivas distintas de abordagens de conteúdos práticos e/ou de experimentação, relegando sua implementação aos cuidados dos professores e à descrição do perfil do egresso.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Anderson Nogueira. **O currículo e o perfil do egresso de um curso de licenciatura em química sob a perspectiva discente**. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) – Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, 2018.

ARROYO, Miguel González. **Currículo, território em disputa**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2020.

BACON, Francis. **Bacon: Os pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições, 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 21 out. 2021.



BRASIL. **Lei n.º 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. Brasília, DF: Presidência da República, [2008]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm). Acesso em: 19 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CES 1.303/2001** - Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Brasília: MEC, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf> Acesso em: 01 outubro 2021.

CALDEIRA, Maria Carolina da Silva; PARÁISO, Mar Lucy Alves. Currículo e relações de poder-saber: conflitos e articulações entre o dispositivo de antecipação da alfabetização e o dispositivo da infantilidade. **Currículo sem Fronteiras**, v. 17, n. 3, p. 769-794, set./dez. 2017. Disponível em: <http://www.curriculosemfronteiras.org/vol17iss3articles/caldeira-paraiso.pdf> Acesso em: 25 maio 2021.

CUNHA, Maria Isabel da. O tema da formação de professores: trajetórias e tendências do campo na pesquisa e na ação. **Educação e Pesquisa**, n.03, p. 609-625, jul./set. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/xR9JgbzxJggqLZSzbTXNQRg/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 24 maio 2021.

DINIZ-PEREIRA, Júlio Emílio. A construção do campo da pesquisa sobre formação de professores. **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, v.22, n.40, p. 145-154, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/7445/4808> Acesso em: 01/06/2021.

DUARTE, Newton. Relações entre conhecimento escolar e liberdade. **Cadernos de Pesquisa**, v.46, n.159, p. 78-102, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/sBKhcJtTqV6cJXPtqyT77cG/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 20 outubro 2021.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GOODSON, Ivor Frederick. **Currículo: teoria e história**. Petrópolis: Vozes, 2018.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v.13, n.3, ago. 2009. Disponível em: [http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf) Acesso em: 22 maio 2021.

## sumário



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO (IFMT). CONSELHO SUPERIOR. Plano de Desenvolvimento Institucional 2019-2024. Cuiabá: Conselho Superior, 2019. Disponível em: PDI\_2019\_V01.indd (ifmt.edu.br) Acesso em: 27 jun. 2021

JAPIASSU, Hilton. **Introdução ao Pensamento Epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

LIBÂNEO, José Carlos. **Organização e gestão da escola**: teoria e prática. São Paulo: Heccus, 2021.

LÔBO, Soraia Freaza; MORADILLO, Edilson Fortuna de. Epistemologia e a formação docente em química. **Química Nova na Escola**, n.17, p. 39-41, maio. 2003. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc17/a10.pdf> Acesso em: 11 abr. 2021.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p. 248-273, dez. 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7049/6525> Acesso em: 11/04/2021.

LOPES, Alice Casimiro; MACEDO, Elizabeth. **Teorias de Currículo**. São Paulo: Cortez, 2011.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro: E.P.U., 2020.

MALDANER, Otavio Aloizio. **A formação inicial e continuada de professores de química**. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2006.

PIMENTA, Selma Garrido. Professor reflexivo: construindo uma crítica. *In*: PIMENTA, Selma Garrido; GHEDIN, Evandro (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil**: gênese e crítica de um conceito. São Paulo: Cortez, 2010. p. 17-52.

SAVIANI, Demerval. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

SANTOS, Milton. A aceleração contemporânea: tempo mundo e espaço mundo. *In*: SANTOS, Milton. SOUZA, Maria Adélia. SCARLATO, Francisco Capuano. ARROYO, Mônica (Orgs.). **Fim de século e globalização**. São Paulo: Hucitec-Anpur, 1994. p. 15-22.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v.02, n.02, p. 110-132, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/QtH9SrxpZwXMwbpfp5jqRL/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 12 jun. 2021.

SILVA, Tadeu Tomaz da. **Documentos de Identidade**: uma introdução às teorias do currículo. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2021.

SILVEIRA, Fernando Lang da. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n3. p. 219-230, dez. 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7047/6523> Acesso em: 11 maio 2021.

## sumário



The background is a dark blue grid of hexagons. Some hexagons contain glowing blue icons: a globe, an atom, a brain with neural connections, a lightbulb, a flask, a magnifying glass, a molecular structure, and an open book.

Nudson Souza Santos

Daniele Correia

**ENSINO  
DE CIÊNCIAS  
POR MEIO  
DE METODOLOGIAS  
ATIVAS:**

uma revisão  
de literatura

## INTRODUÇÃO

O uso de algumas metodologias ativas, e conseqüentemente do ensino a distância, data da época do início do ano de 1950 com materiais impressos enviados para àqueles que desejavam estudar determinados cursos em suas casas, chamados aqui no Brasil de cursos por correspondência (ZANNAVALLI, 2020). Nessa linha do tempo, as metodologias de ensino foram sendo modificadas à medida que as tecnologias se desenvolveram, principalmente durante o período da Guerra Fria (1947). O surgimento do rádio e da televisão entre 1960-1985 modificou os meios de comunicação, levando informações de acontecimentos a uma parcela maior da população e, conseqüentemente, difundindo mais informação. De 1985 até os dias atuais, a evolução dessas tecnologias para o correio eletrônico e o desenvolvimento da internet proporcionaram a disseminação de informações através de métodos ativos de forma mais ampla e rápida (ZANNAVALLI, 2020). Contudo, as metodologias ativas que conhecemos foram desenvolvidas em períodos diferentes. Por exemplo, a mais antiga delas data de mais de dois mil anos, quando o grego Hipócrates estudou quatorze casos clínicos (MARTINS, 2008).

Na Aprendizagem Baseada em projetos (ABP), os estudantes desenvolvem projetos com propósitos realísticos, autênticos, a partir de um problema real, possibilitando um aprendizado motivador e envolvente. Esses projetos interagem com a vida do discente porque estão atrelados ao uso das tecnologias digitais.

Na ABP são aprimoradas as habilidades como espírito crítico, formulação de questões de pesquisa, trabalho em equipe, o enriquecimento dos conhecimentos a partir de conhecimentos prévios, a investigação e inovação, as oportunidades de reflexão. No processo de investigação é necessário que os estudantes sejam protagonistas,

na geração de ideias (*brainstorming*), na escolha do tema do projeto e na análise dos resultados. Essa postura do estudante vai nortear a realização das atividades previstas no projeto. Nesse sentido, o papel do professor é de orientar e oferecer tarefas para os grupos a todo momento, encorajando os discentes nas várias fases que o projeto (CIPOLLA, 2016).

A avaliação aplicada na ABP é diversificada, pois os grupos podem ser avaliados de acordo com o desempenho durante o desenvolvimento do projeto proposto. A avaliação pode ser individual, por autoavaliação ou avaliação por pares. A que se considerar que, o projeto pode abranger conteúdos de diferentes áreas de conhecimento, tornando a avaliação multifacetada.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL<sup>103</sup>) surgiu na década de 1960 em cursos de medicina da *McMaster University*, no Canadá, e na *Maastricht University*, na Holanda (BACICH, MORAN, 2017). Na PBL os professores e estudantes buscam investigar, analisar, entender e propor soluções para situações-problemas do mundo real meticulosamente desenhadas, procurando desenvolver determinadas competências e habilidades. Os discentes são organizados em pequenos grupos, chamados grupos tutoriais e são orientados por um professor, que recebe o nome de tutor. Ambos atuam em ciclos de aprendizagem, que por sua vez é dividido em três momentos: formular e analisar o problema; estudo autodirigido; aplicação e conclusão do problema (LOPES, SILVA FILHO, ALVES, 2019).

No primeiro momento, os grupos tutoriais farão o estudo do problema, a partir das informações fornecidas pelo tutor. A partir deste estudo, os grupos podem formular ideias gerais (hipóteses) sobre a questão problema e, a partir disso, identificar informações que julguem necessárias para solucionar o problema.

103 Do inglês Problem Based Learning.

O segundo momento é caracterizado por um estudo autodirigido de modo individual. As informações coletadas individualmente são levadas para discussão no grupo, sendo que para aquelas que o grupo julgar pertinente, serão traçadas estratégias para compreendê-las. Ao finalizar os estudos individuais, os discentes voltam a se reunir para as discussões.

O terceiro momento pode ser sistematizado a partir da reunião desses grupos e a discussões de informações complementares, que devem ser avaliadas de modo que o grupo chegue à solução para o problema. Caso o problema seja resolvido na primeira tentativa, um relatório é elaborado apresentando uma solução final para o problema, caso contrário, o grupo retorna ao primeiro momento para revisar as hipóteses levantadas e o ciclo se reinicia.

A metodologia de Aprendizagem por Pares, também conhecida por *Peer Instruction* (IpC), foi proposta pelo professor Eric Mazur, no ano de 1991, na Universidade de Harvard (MAZUR, 1997). Essa metodologia promove a aprendizagem dos estudantes por meio de questionamentos, os quais suscitam debates entre eles, que passam mais tempo em sala de aula pensando, discutindo e compartilhando ideias a respeito do conteúdo disciplinar do que assistindo passivamente as explicações orais do professor (MAZUR, 2001).

Na IpC, antes do momento da sala de aula, o estudante é estimulado a ler o material didático (previamente disponibilizado pelo professor) e elaborar questões, e durante a aula, esse material é discutido entre eles de modo interativo. Dessa forma, as aulas são divididas em pequenas séries com apresentações orais feitas pelo professor, com foco na abordagem dos conceitos principais, seguida do debate acerca das questões elaboradas pelos discentes durante o estudo individual do material enviado previamente. Ao término da exposição, o professor apresenta uma questão conceitual de múltipla escolha, para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre aquele conceito.

## sumário



Nesse primeiro momento cabe a cada discente responder à questão individualmente, por meio de cartões com a letra da resposta impressa neles, e o professor irá pontuar os acertos e erros em forma de porcentagem (ARAUJO, MAZUR, 2013).

A porcentagem é contabilizada da seguinte maneira: se a turma acertar a questão com porcentagem superior a 70%, o professor irá explicar a resposta da questão e apresentar uma nova questão sobre o próximo conceito; se a porcentagem for entre 30% e 70%, o professor irá organizar os discentes que tenham escolhido respostas distintas em duplas ou trios, para que eles exponham seus pontos de vista e cheguem a um consenso sobre a resposta da questão conceitual proposta inicialmente; se a porcentagem for inferior a 30%, o professor deve adotar outras estratégias para revisar os conceitos que não foram aprendidos e expor uma nova questão e o processo é reiniciado (ARAUJO, MAZUR, 2013).

Na metodologia da Sala de Aula Invertida (SAI), há inversão das atividades realizadas na sala de aula e em casa, como consideram Bergmann e Sams (2019, p. 11) “basicamente o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula”.

Assim, em casa, os estudantes têm um primeiro contato com os conceitos por meio da leitura de textos, ou assistindo videoaulas indicadas e/ou elaboradas pelo professor. Em sala de aula, de forma colaborativa, os discentes resolvem problemas, elucidam suas dúvidas, tanto com os colegas como com o professor, realizam atividades experimentais e participam de discussões.

Na SAI, o papel do professor deixa de ser expositor dos conteúdos e passa a ser orientador das atividades e da aprendizagem, ou seja, em sala de aula o docente passa mais tempo sanando as dúvidas dos estudantes do que explicando os conceitos. A mudança



no papel do professor influencia na interação dos estudantes durante a realização das atividades, que vai desde a simples explicação de um conceito ao colega até o auxílio na resolução de um problema em grupo (BERGMANN, SAMS, 2019).

O Estudo de Caso é uma estratégia de ensino baseada na apresentação de situações-problemas verídicas ou não, com o intuito de suscitar reflexões por parte dos estudantes sobre os possíveis caminhos a serem traçados para solucionar o problema que lhes foi apresentado. Essa metodologia é muito utilizada nas áreas da Medicina, Direito e Economia (PONTE, 2006), porém pouco empregada no âmbito do ensino de Química.

O desenvolvimento do estudo de caso envolve etapas antes do momento da sala de aula, tais como, leituras previamente realizadas pelos estudantes e preparação do caso pelo professor. Em sala de aula, o professor expõe o caso e supervisiona as discussões dos estudantes sobre as possíveis soluções do caso. Um estudo de caso pode ter um profundo alcance analítico, interrogando a situação, confrontando-a com outras situações já conhecidas e com as teorias existentes, podendo, assim, ajudar a gerar novas teorias e novas questões para futura investigação (PONTE, 2006).

A Aprendizagem Sob Medida<sup>104</sup>, também conhecida como *Just-in-Time Teaching* (JiTT) é uma metodologia proposta por Gregor Novak e colaboradores em 1999, tem por objetivo adequar as aulas às necessidades dos alunos, diagnosticadas pelo professor mediante investigação acerca do conhecimento dos estudantes sobre determinado conteúdo, antes da aula (NOVAK *et al.*, 1999). Essa metodologia tem se mostrado muito eficaz para diagnóstico do conhecimento prévio dos estudantes.

104 Termo proposto por Araujo e Mazur (2013).

A Aprendizagem Sob Medida é desenvolvida em três etapas, são elas, a) exercício de aquecimento: consiste na leitura e estudo de materiais, antes da aula e após os discentes respondem a questões que são dispostas em um ambiente virtual de aprendizagem ou enviadas por email; b) discussão em aula sobre a tarefa de leitura: o professor analisa as respostas dos estudantes e após elabora uma aula sob medida que atenda às necessidades deles; c) atividades em grupos envolvendo as atividades de leitura e a discussão em aula: para estimular o engajamento e dedicação dos estudantes no aprendizado dos novos conceitos, durante as aulas podem ser realizadas exposições orais curtas, intercaladas com outras tarefas individuais ou colaborativas, exercícios, atividades no laboratório, etc. Após as aulas, os estudantes podem receber outros tipos de questões denominadas puzzles (quebra-cabeças) que são respondidas eletronicamente. Essas questões devem relacionar o conteúdo estudado em aula, porém devem também ter um caráter desafiador e inseridas em um contexto diferente ao trabalhado em aula. Com isso, o docente poderá avaliar se o estudante consegue aplicar os conceitos aprendidos em situações novas (ARAUJO, MAZUR, 2013; NOVAK *et al.*, 1999).

Por meio da Aprendizagem Sob Medida os estudantes podem desenvolver habilidades como capacidade de relacionar o que é aprendido na sala com o mundo real e suas futuras carreiras; ser participante ativa de seu próprio aprendizado; apresentar pensamento crítico, ser capaz de solucionar problemas e saber trabalhar em grupo.

Diante do exposto, as metodologias ativas possuem variáveis entre si, podendo ser utilizadas em colaboração ou isoladas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é buscar e analisar, por meio de análise documental, as principais pesquisas que relacionam metodologias ativas e o ensino de ciências.

## PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa é de natureza qualitativa quanto à abordagem, e do tipo análise documental, segundo Rosa (2013) este tipo de pesquisa pode ser utilizada para coletar dados e informações sobre estudos que já foram realizados, no caso deste trabalho os documentos analisados consistem em artigos publicados em periódicos e anais de evento científico. A análise destas fontes primárias se dá em quatro momentos, a saber: definição das palavras-chave, definição do escopo, seleção do *corpus* e análise (ROSA, 2013). A primeira delas é a definição das palavras-chave que foram utilizadas para o levantamento em periódicos e eventos científicos, são elas: metodologia ativa, aprendizagem ativa, aprendizagem por problemas, aprendizagem por projetos, estudo de caso, instrução por pares e sala de aula invertida, com delimitação no campo de ensino de ciências para a educação básica.

O segundo momento é a definição do escopo, neste trabalho o levantamento foi feito em periódicos relacionados à área de ensino junto ao Qualis da Capes<sup>105</sup>. Assim, estabelecemos o critério de selecionar artigos pertencentes a periódicos avaliados com conceito A1, A2, B1 e B2 pelo programa Qualis da Capes do quadriênio 2013-2016 e Anais do X, XI e XII ENPEC. Outra restrição estabelecida foi com relação ao tempo de publicação das produções científicas, sendo considerados artigos publicados entre 2011 e 2021.

Com relação ao evento científico ficou estabelecido o levantamento nos Anais dos X, XI e XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

No terceiro momento, seleção do *corpus* foram coletados os artigos que estavam de acordo com o escopo da pesquisa.

<sup>105</sup> Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculo-PublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em 31 de out. de 2021.

Segundo Rosa (2013), a apresentação dos resultados, na Análise Documental, pode ser na forma de Crônica ou Síntese. Como o objetivo da pesquisa é buscar e analisar, por meio de análise documental, as principais pesquisas que relacionam metodologias ativas e o ensino de ciências, optamos por apresentar os resultados na forma de síntese.

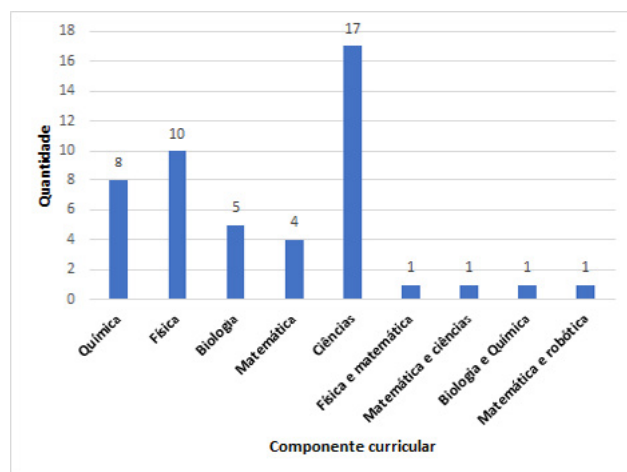
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Localizamos com o uso das palavras-chave o total de 172 artigos. A partir da leitura do título, resumo, palavras-chave e da metodologia dos artigos, em alguns casos, chegamos ao total de 65 artigos que representam o *corpus* desta pesquisa, sendo 45 artigos publicados nos periódicos entre os anos de 2011 a 2021 e 20 trabalhos publicados nos Anais do X, XI e XII ENPEC. As leituras das publicações foram úteis para compreender as potencialidades do uso de metodologias no ensino de ciências. Constatamos a presença de uma grande diversidade de trabalhos produzidos nas áreas de Química, Física, Biologia, Ciências e Matemática. A partir da leitura dos trabalhos, foi possível agrupá-los de acordo com as seguintes categorias:

- [a]- Componente curricular/temas científicos;
- [b]- Referencial teórico;
- [c]- Referencial metodológico;
- [d]- A categoria finalidade foi dividida em três subcategorias:
  - [d.1]- Revisão de literatura sobre metodologias ativas;
  - [d.2]- Relatos de sala de aula com metodologias ativas e
  - [d.3]- Propostas didáticas não implementadas em sala de aula.

A primeira categoria [a] Componente curricular/temáticas científicas trata da análise das publicações de acordo com seu componente curricular (Química, Física, Biologia, Matemática ou Ciências) e a temática científica abordada na pesquisa. Na Figura 1 são apresentadas as quantidades de trabalhos realizados por componente curricular.

**Figura 1 - Quantidade dos trabalhos publicados por componente curricular**



Fonte: Autoral, 2022.

A Figura 1, mostra a grande multiplicidade de trabalhos publicados nos diferentes componentes curriculares, sendo que as publicações aparecem em maior quantidade no componente curricular de ciências. Entretanto, por meio da análise dos trabalhos percebe-se a carência de relatos de pesquisa envolvendo práticas em sala de aula com metodologias ativas nos componentes curriculares de Química, Biologia e Matemática. Outra informação relevante são os trabalhos desenvolvidos de forma interdisciplinar, o que denota o planejamento colaborativo entre os professores de áreas distintas.

Na área de Química há publicações sobre as temáticas, cinética química (SALES, BATINGA, 2017), química orgânica aplicada (SANTOS, AMARAL, MACIEL, 2012), eletroquímica (SANTOS *et al.*, 2018), físico-química (THOMAZ *et. al.*, 2013), funções orgânicas oxigenadas (FÉLIX, LIMA, 2021), fármacos ansiolíticos (CRUZ, BATINGA, 2019), reações de oxirredução (SILVA *et al.*, 2019) e a pesquisa com as temáticas sobre bebidas, fonte alternativa de energia, meio ambiente e textos com experimentação no ensino (SILVA, SOARES, 2013).

Na área de Física encontramos publicações com temáticas como termologia (SEABRA, MACIEL, 2019), energia e conservação de energia (COELHO, 2018), cinemática (BOTAN, PAULO, 2014), óptica geométrica (SASAKI, JESUS, 2017), circuitos elétricos (ARAUJO *et al.*, 2017), gerador elétrico e lei de Ohm (PEIXOTO, 2020), mecânica (SANTOS, SASAKI, 2015), conservação de alimentos (MONTANHER, 2015), fenômenos ondulatórios (COELHO, 2019) e hidrostática (CLEMENT, TERRAZAN, 2012).

Na área de Biologia podemos citar publicações com temáticas como microbiologia (SCANDORIEIRO, *et. al.* 2018), sistema nervoso humano (GARCIA, SOARES, 2015), citologia (OLIVEIRA, TAUCEDA, 2019; HOHEMBERGER, BILAR, COUTINHO, 2017) e evolução biológica (OLIVEIRA, CESCHIM, CALDEIRA, 2015).

Para a área de Matemática encontramos publicações com temáticas como geometria plana (FILIPIAK *et al.*, 2017), função e função afim (ASSUNÇÃO, MOREIRA, SAHELICES, 2020), números e operações (MOURA, SANTOS, JOSÉ, 2015) e razões trigonométricas no triângulo retângulo (HONÓRIO, SCORTEGAGNA, DAVID, 2019).

Na área de Ciências, há uma grande diversidade de publicações em diferentes anos do Ensino Fundamental, com temáticas como sistemas genitais (GOMES, SUDÉRIO, MOURA, 2020), queimadas (ROSA, VILLAGRÁ, 2020; LIMA, NUNES, SOUZA, 2020), biodiversidade amazônica (SOUZA, *et. al.* 2020), zoologia (ALVARENGA, CARMO,

## sumário



BRANCO, 2018), energia solar (MENDONÇA, FILHO, 2019), produção de esterco animal (OLIVEIRA *et al.*, 2017), transformação de matéria e energia (MORGADO *et al.*, 2016), densidade (FRANÇA, MALHEIRO, 2017), geociências (FINCO-MAIDAME, MESQUITA, 2017), meio ambiente (KÜLL, ZANON, 2019), sustentabilidade (LIMA, PAZINATO, PASSOS, 2019), oficina de investigação científica na escola (SASSERON, 2021), reaproveitamento de água (SILVA, OLIVEIRA, 2020), Reino Fungi (GAMA, SANTOS, QUEIROZ, 2020), saúde, aspectos ambientais, tratamento de doenças e fermentação (BRITO, SILVA, RAZERA, 2020), vazamento de gás, descarte de embalagens em rios e prevalência de cáries dentárias (MARQUES, CUNHA, 2018).

Na área interdisciplinar encontramos publicações com componentes curriculares como matemática e física no ensino de geometria e álgebra (KLEEMANN, PETRY, 2020). Matemática e ciências, utilizando a temática inteligência geoespacial para monitorar desmatamentos (PUHL *et al.*, 2017), matemática e robótica, com uso de temáticas relacionadas à produção de dispositivos destinados ao tratamento da doença de Parkinson (AZEVEDO, MALTEMPI, 2020) e química e biologia, com a temática científica sobre bioquímica (LIMA, VALENTIM, 2015).

Com relação a categoria [b] Referencial teórico foram encontrados trabalhos que citam Ausubel e a teoria da aprendizagem significativa como referencial teórico (SOUZA, *et al.*, 2020; BOTAN, PAULO, 2014). A pesquisa de Silva e Oliveira (2020) utilizou a abordagem experimental investigativa, proposta por Suart e Marcondes, aliado à alfabetização científica proposta por Chassot. A pesquisa de Brito, Silva e Razera (2020) usou como aporte teórico a teoria social cognitiva proposta por Albert Bandura. O trabalho de Coelho (2018), utilizou da teoria da autodeterminação, proposta por Buruchovitch. Oliveira e colaboradores (2017) utilizaram a aprendizagem por investigação proposta por Maria do Carmo Galiuzzi. As demais pesquisas não apresentaram um referencial teórico explícito.

## sumário



No que se refere a categoria [c] Referencial metodológico, foram encontrados o trabalho de Azevedo e Maltempo (2020) cuja análise dos dados deu-se a partir dos elementos do Construcionismo e do Pensamento Computacional. A análise de conteúdo categorial foi empregada nos trabalhos Alvarenga, Carmo, Branco (2018) e Sales e Batinga (2017). Gama, Santos e Queiroz (2020) realizaram a análise dos dados com base nos indicadores de pensamento crítico, proposto por Facione e Facione (1996). A pesquisa de Silva e Oliveira (2020) utilizou a análise textual discursiva para tratamento dos dados do trabalho. Com relação aos instrumentos de coleta de dados, as pesquisas de Peixoto (2020) e Brito, Silva e Razera (2020) propõe o uso de questionários e Seabra e Maciel (2019) e Oliveira e colaboradores (2017) utilizam o diário de bordo. O pré e pós testes são utilizados nos trabalhos de Hohemberger, Bilar e Coutinho (2017), Gomes, Sudério e Moura (2020), a pesquisa de Coelho (2018) também usou o pré e pós-teste, mas com o instrumento de ganho normalizado ou ganho Hake. Os demais artigos não apresentaram um referencial metodológico explícito.

A última categoria [d] Finalidade foi subdividida em subcategorias, em função do grande número de trabalhos de revisão e relatos de sala de aula *sobre* ou *sobre o uso* de metodologias ativas.

Na subcategoria [d.1] Revisão de literatura sobre metodologias ativas, foram encontrados 14 trabalhos nos seguintes periódicos: um na revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (RIBEIRO, PASSOS, SALGADO, 2020), um na revista Experiências em Ensino de Ciências (MARTINS *et al.*, 2019), um na revista Química Nova na Escola (MORI, CUNHA, 2020) e um na revista Investigações em Ensino de Ciências (PIZZATO *et al.*, 2018). Dois trabalhos na Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (BEDIN, 2017; MENEGHELLI *et al.*, 2018), dois na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (PASQUALETTO, VEIT, ARAUJO, 2017; CONRADO, NUNES-NETO, EL-HANI, 2014). Nos Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências,



encontramos apenas seis trabalhos na décima segunda edição (BERTASI, WATANABE, 2019; BRUNO, CAROLEI, 2019; ALVES, SILVA, 2019; FREITAS, CAMPOS, 2019; PASTORIO, SOUZA, 2019; BALDOW *et. al.*, 2019). Não há registros de trabalhos de revisão com temática sobre metodologias ativas nos Anais do X e XI ENPEC.

Na subcategoria [d.2] Relatos de sala de aula sobre metodologias ativas, encontramos um total de 44 artigos que relatam práticas de sala de aula com metodologias ativas. A partir de leitura dos trabalhos, foram encontrados dezoito artigos sobre a Aprendizagem baseada em problemas (PBL) (PUHL *et. al.*, 2018; CLEMENT, TERRAZZAN, 2012; SALES, BATINGA, 2017; FILIPIAK *et al.*, 2017; SCANDORIEIRO *et. al.*, 2018; MENDONÇA, FILHO, 2019; KLEEMANN, PETRY, 2020; ROSA, VILLAGRÁ, 2020; ASSUNÇÃO, MOREIRA, SAHELICES, 2020; MARQUES, CUNHA, 2018; SILVA, MALHEIRO, TEIXEIRA, 2015; OLIVEIRA, CESCHIM, CALDEIRA, 2015; FINCO-MAIDAME, MESQUITA, 2017; FRANÇA, MALHEIRO, 2017; LIMA, PAZINATO, PASSOS, 2019; KÜLL, ZANON, 2019; CRUZ, BATINGA, 2019; MADEIRO, SOUSA, SILVA, 2019).

Os resultados de pesquisa sobre a PBL apontam para o adequado tratamento de conteúdos conceituais (conceitos, princípios e modelos), procedimentais (técnicas e estratégias de resolução de problemas) e atitudinais (juízos, normas e valores) como mencionam Clement e Terrazzan (2012), Sales e Batinga (2017), Cruz e Batinga (2019) e Mendonça e Filho (2019). No trabalho de Sales e Batinga (2017), a aprendizagem por problemas possibilitou o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e a aquisição de diversos níveis de compreensão dos conceitos trabalhados sobre cinética química. Entretanto, por ser a primeira turma a testar a metodologia, alguns discentes apresentaram dificuldades de aprendizagem com distinção entre fenômenos físicos e químicos.

Scandorieiro e colaboradores (2018) mencionam que a problematização e atividades práticas, aliadas à PBL, têm potencial para

despertar o interesse no estudante para aprender a aprender. Dessa forma, autores como Marques e Cunha (2018), Oliveira, Ceschim e Caldeira (2015), França e Malheiro (2017), Cruz e Batinga (2019) e Küll e Zanon (2019) concordam que a resolução de problemas capacita os discentes para buscar entendimento de problemas sociais de maior amplitude, e oportuniza os estudantes a participarem de debates e decisões comuns da sociedade.

As pesquisas de Assunção, Moreira e Sahelices (2020) e Klee-  
mann e Petry (2020) ressaltam que a PBL ajuda na capacidade dos  
estudantes em manipular dados, compreender questões mais com-  
plexas ou com maior abrangência de conteúdos. Nesta mesma dire-  
ção, Rosa e Villagrà (2020) pontuam a relevância da PBL no momento  
de incitar os discentes a pensar em momentos pontuais sobre o que  
foi realizado e o que falta fazer para a resolução do problema. Dessa  
forma, caso o estudante consiga responder o que falta fazer, estará  
exercendo seu protagonismo.

Sobre estudo de caso foram encontrados nove artigos (GAMA,  
SANTOS, QUEIROZ, 2020; HOHEMBERGER, BILAR, COUTINHO,  
2017; ALVARENGA, CARMO, BRANCO, 2018; BOTAN, PAULO, 2014;  
SANTOS, AMARAL, MACIEL, 2012; SASSERON, 2021; THOMAZ, *et al.*  
2019; MONTANHER, 2015; GARCIA, SOARES, 2015).

Os resultados do trabalho de Garcia e Soares (2015) mencio-  
nam a importância do uso de tecnologias, por exemplo a robótica,  
como aporte às propostas de sala de aula e traz considerações impor-  
tantes quanto ao aumento na capacidade dos discentes na tomada de  
decisões, a fazerem reflexões, serem criativos e darem significado aos  
conteúdos abordados em sala de aula. Hohemberger, Bilar e Coutinho  
(2017) relatam a necessidade de aulas práticas no estudo de caso, ob-  
servando a contribuição das mesmas para o desenvolvimento do caso.

A maior dificuldade no trabalho de Botan e Paulo (2014) era a falta de linguagem específica para trabalhar os conceitos de física de forma adequada, ocorrendo princípios de aprendizagem significativa do conceito de velocidade, dentro dos três estudos de caso propostos com objeto de conhecimento de cinemática. O autor ressalta a importância da implementação de medidas para que a educação inclusiva se torne hábito em escolas de modo que, surdos e pessoas com alguma limitação possam aprender de modo significativo. A pesquisa proposta por Montanher (2015) relata sobre a sensibilidade que o professor deve ter para ajudar os estudantes a entender quais são as questões a serem levantadas na definição dos problemas relacionados ao caso estudado, uma vez que eles estão habituados a resolver problemas com procedimentos enrijecidos. Isto é, a metodologia de estudo de caso demanda maturidade e autonomia dos estudantes, pois foi inicialmente desenvolvida para o ensino superior.

No trabalho desenvolvido por Sasseron (2021), a autora dá ênfase para que mais propostas de sala de aula nos anos iniciais do ensino fundamental sejam desenvolvidas, para que investigações nas dimensões social, conceitual, material e epistêmica possam ser igualmente tratadas e analisadas. Em convergência, a pesquisa realizada por Gama, Santos e Queiroz (2020) expõe que o uso da aprendizagem cooperativa no estudo de caso é incipiente no contexto nacional, sendo necessário o desenvolvimento de mais pesquisas com essa metodologia ativa. Ademais, os autores ressaltam a importância da dedicação e esforço docente no que diz respeito à organização e planejamento das atividades.

Parte dos artigos analisados corrobora com a necessidade de que os estudantes expressem seus conhecimentos prévios como ponto de partida para a resolução do estudo de caso, como no trabalho de Alvarenga, Carmo e Branco (2018) e Thomaz *et al.* (2019). Além disso, ao expressar seus conhecimentos, o discente está desenvolvendo o protagonismo e demonstrando experiências vivenciadas, colaborando com as discussões e enriquecendo os saberes dos colegas.

## sumário



Sobre aprendizagem por projetos foram encontrados quatro artigos que convergem nas possibilidades de trabalhos disciplinares que podem ser desenvolvidos com o ensino por projetos (SEABRA, MACIEL, 2019; LIMA, NUNES, SOUZA, 2020), mesmo nos anos iniciais (SOUZA *et. al.*, 2020), além disso podemos citar a produção de conhecimento científico a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes que, por sua vez, compreenderam que esse conhecimento é desenvolvido a todo momento, ou seja, vai além do conteúdo disciplinar (OLIVEIRA *et. al.*, 2017). Segundo Seabra e Maciel (2019) o maior desafio foi motivar os estudantes a se envolverem com a proposta da metodologia ativa, sendo necessário a sensibilidade do professor em convencer os discentes a saírem de seu estado de passividade, em partes resultado da educação aplicada no sistema de ensino ao qual os autores estavam submetidos.

Sobre sala de aula invertida, foram encontradas três publicações (CARVALHO, FRAIHA-MARTINS, 2019; OLIVEIRA, TAUCEDA, 2019; HONÓRIO, SCORTEGAGNA, DAVID, 2019). Concordamos com Honório, Scortegagna e David (2019) em relação à produção de videoaulas gravadas serem efetivas para que os estudantes possam ser menos dependentes do professor, segundo os autores, os próprios discentes sanaram dúvidas que apareciam à medida que assistiam aos vídeos. Um ponto de convergência entre os trabalhos está no fato da sequência didática promover a mobilização e construção de conhecimento científicos para produção de significados socialmente relevantes, divergente apenas no trabalho de Oliveira e Tauceda (2019), na qual os estudantes tiveram dificuldades no uso das tecnologias, desmotivando-os e prejudicando a implementação total da metodologia.

Sobre o *peer instruction* (IpC), encontramos dois artigos (ARAUJO *et. al.*, 2017; MOURA, SANTOS, JOSÉ, 2015). Os dados da análise dos resultados no trabalho de Araujo *et al.* (2017) é apresentado como ganho normalizado, um cálculo percentual entre o pré e pós testes

## sumário



realizados com os estudantes e de caráter quantitativo. Os resultados dessa pesquisa são compatíveis com os ganhos previstos em turmas submetidas a metodologias ativas de aprendizagem. Em contrapartida, o trabalho de Moura, Santos e José (2015) apresenta os resultados de forma qualitativa, ressaltando a importância da leitura prévia dos materiais antes da aplicação da metodologia e que os discentes que ficaram abaixo da média esperada, só o fizeram, pois não haviam desempenhado a atividade de estudo previa a aula.

No estudo de Coelho (2019) sobre a motivação de estudantes do ensino médio ao aprenderem física com o uso de metodologias ativas, o autor menciona que as turmas de segundo ano saíram em vantagem em comparação com as do primeiro, pois há um período de adaptação dos estudantes durante o primeiro ano do ensino médio tanto no ritmo de estudo quanto na quantidade de disciplinas.

Dentre os resultados apresentados nas pesquisas de Peixoto (2020) sobre o uso da aprendizagem ativa *Technology Enhanced Learning Environments* (TEAL), que em tradução livre podemos chamar de Ambiente de Aprendizagem Aprimorado por Tecnologias, o autor destaca a barreira a ser superada quanto ao uso de tecnologias em ambiente escolar, no qual os estudantes parecem não compreender como a tecnologia pode auxiliá-los nos estudos e acabam por usar os aparelhos do cotidiano apenas para lazer ou comunicação. O autor ressalta que, apesar das dificuldades, o diálogo entre os discentes parece ter contribuído para a resolução dos problemas propostos.

Em concordância com Peixoto (2020), o trabalho desenvolvido por Gomes, Sudério e Moura (2020) e Azevedo e Maltempi (2020) apontam para as habilidades desenvolvidas pelos discentes durante o desenvolvimento das atividades em sala de aula, por exemplo, a criatividade, o trabalho colaborativo e a compreensão por parte dos estudantes que o conhecimento não está totalmente atrelado ao ensino de códigos e formalidades dos componentes curriculares.

## sumário



Os resultados dos trabalhos de Sasaki e Jesus (2017), Santos e Sasaki (2015), Félix e Lima (2021) e Marusic e Slisko (2012) convergem acerca da necessidade do uso de metodologias ativas para minimizar a abstração dos componentes curriculares de Ciências Exatas e facilitar o aprendizado de conceitos com níveis de dificuldade maiores.

Os trabalhos que tratam de “aprendizagem colaborativa” (SILVA, SOARES, 2013; SANTOS, et. al. 2018), propõem atividades que associam duas metodologias ativas, a aprendizagem por projetos e instrução por pares. Em ambos artigos é ressaltado a construção conjunta de conhecimento, desenvolvendo o protagonismo em estudantes ativos, colaborativos e interativos, com uma visão ampla do processo que partem dos conceitos prévios aos mediados e consolidados no ambiente de ensino.

Alguns relatos de sala de aula procuraram investigar a eficácia das metodologias ativas frente a outros métodos de ensino, por exemplo o uso do *Peer instruction versus Team-based learning* (COELHO, 2018), que segundo o autor, o IpC se apresenta mais eficiente do que o Team-based learning. Entretanto, se comparado com outros trabalhos desenvolvidos com a metodologia IpC, por exemplo, o trabalho de Schmidt (2011), os resultados apresentados foram abaixo do esperado devido a imaturidade dos estudantes em lidar com a nova metodologia.

No trabalho desenvolvido por Morgado e colaboradores (2016), cujo objetivo era comparar duas turmas, uma na qual aprendiam conceitos sobre transformação de matéria e energia pela PBL e um grupo de controle na qual o ensino era tradicional. Os resultados dessa pesquisa foram satisfatórios no que concerne a comparação entre as metodologias de ensino, isto é, os discentes que foram expostos a aula pela PBL tiveram resultados melhores em questões com mais alto grau de dificuldade, enquanto o grupo controle teve dificuldades nas questões com mesmo padrão de dificuldade.

## sumário



A proposta de sequência didática de Silva e Oliveira (2020), na qual os autores propõem um estudo de caso em comparação com uma abordagem experimental para o ensino de ciências. De acordo com a comparação, o uso da experimentação auxiliou os estudantes na busca pela resolução do problema proposto no estudo de caso, desenvolvendo raciocínio lógico, capacidade de prever e explicar os fenômenos ocorridos durante o desenvolvimento do experimento. Portanto, a experimentação é uma aliada para a aprendizagem pelo método de estudo de caso.

Sobre o estudo de caso *versus* a crença da autoeficácia, de acordo com Brito, Silva e Razera (2020) o uso da teoria social cognitiva de Bandura (2005) sobre as crenças de autoeficácia promoveram a participação ativa dos estudantes, bem como a exposição de opiniões diversas quanto ao desenvolvimento da resolução do problema do estudo de caso proposto e não em sua solução definitiva.

Em linhas gerais, concordamos com Araujo *et. al.* (2017) sobre a necessidade de mais pesquisas exaustivas sobre metodologias ativas de aprendizagem, cabendo aos pesquisadores pontuar necessidades, limitações e avanços nas propostas de sala de aula em pesquisas brasileiras.

Na última subcategoria [d.3] Propostas didáticas não implementadas em sala de aula, encontramos apenas um trabalho como proposta de ensino de ciências, usando a ciência forense. O objetivo dessa pesquisa foi trabalhar com a interdisciplinaridade entre as disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática, usando uma série de técnicas de reações químicas para investigação forense com reagentes de baixo custo. As atividades propostas foram separadas em módulos e podem ser aplicadas em diversos níveis de ensino (POLETTTO, 2017).

## sumário



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos trabalhos publicados, tanto nos periódicos quanto nos Anais do ENPEC, apontam para a necessidade do desenvolvimento e aprofundamento de pesquisas sobre metodologias ativas na educação básica. Outro ponto de atenção é o aporte do referencial teórico pouco explicado nos artigos. O uso de metodologias ativas leva o estudante a exercer seu protagonismo em um processo de aprendizagem no qual ele tem conhecimento sobre os conteúdos que pretende aprender.

A partir das análises dos artigos identificamos pesquisas que relacionam metodologias ativas e o ensino de ciências, bem como, pontos de convergência e divergência entre os trabalhos.

Por fim, ressaltamos que é urgente o desenvolvimento de novas e mais profundas pesquisas acerca das potencialidades e fragilidades de cada metodologia ativa no contexto do ensino de ciências, em particular na área de química.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Mariana Monteiro Soares Crespo de. CARMO, Gerson Tavares do. BRANCO, Amanda Leal Castelo. A utilização do método de estudo de caso sobre o ensino de ciências naturais para os discentes do ensino fundamental da educação de jovens e adultos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 2, p. 126 - 143, abr. 2018.

ALVES, Vanessa Ramos. Flávia Cristiane Vieira da. Tendências de pesquisa e a mobilização de conteúdos atitudinais na resolução de problemas em química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

ARAUJO, Alexandre V. R. *et al.* Uma associação do método *Peer instructions* com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 39, n. 2, p. e2401-1 - e2401-6, 2017.



ARAUJO, Ives Solano. MAZUR, Eric. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida:** uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 30, n. 2, p. 362 - 384, ago. 2013.

ASSUNÇÃO, Jeneffer Araújo de. MOREIRA, Marco Antonio. SAHELICES, Concesa Caballero. A resolução de problemas como estratégia metodológica de ensino, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 202 - 223, set./dez. 2020.

AZEVEDO, Greiton Toledo de. MALTEMPI, Marcus Vinicius. Processo de aprendizagem de matemática à luz das metodologias ativas e do pensamento computacional. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, n. esp., p. 1 - 18, nov./ago. 2020.

AZEVEDO, Israel Belo de. **O prazer da produção científica.** 5. ed. Piracicaba: Ed. Unimep, 1997. p. 32 - 35.

BACICH, Lilian. MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2018. 430p.

BACICH, Lilian. NETO, Adolfo Tanzi. TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido:** Personalização e tecnologia da educação. 1. ed. Porto Alegre: Penso Editora Ltda, 2015. 386p.

BALDOW, Rodrigo. *et. al.* as raízes epistemológicas da robótica na educação tendo como fundamentação teórico-metodológica a aprendizagem colaborativa. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...].** Natal: ABRAPREC, 2019.

BANDURA, Albert. A evolução da teoria social cognitiva. *In:* BANDURA, Albert. AZZI, Roberta Gurgel. POLYDORO Soely (org.). **Teoria social cognitiva:** conceitos básicos. Porto Alegre: ArtMed, 2008. p. 5 - 411.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo.** Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro, Lisboa: Edições 70, 1977. 229p.

BEDIN, Everton. Aprendizagem colaborativa, troca de saberes e redes sociais: tríade na educação básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 1 - 17, mai./ago. 2017.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos:** educação diferenciada para o século XXI. Tradução: Fernando de Siqueira Rodrigues. Porto Alegre: Penso, 2014.

BERGMANN, Jonathan. SAMS, Aaron. **Sala de aula invertida:** uma metodologia ativa de aprendizagem. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. 104p.

BERTASI, Ramon Felipe. WATANABE, Graciella. Ensino de física por projeto: negociando diferentes interesses em sala de aula. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

BOTAN, Everton. PAULO, Iramaia Jorge Cabral de. de. Ensino de física para surdos: três estudos de casos da implementação de uma ferramenta didática para o ensino de cinemática. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 9, n. 1, p. 1 - 27, abr. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. 596p.

BRITO, Ana Carla Borges. SILVA, Jonathan Barros. RAZERA, Julio Cesar Castilho. Os estudos de caso no ensino de ciências e as crenças de autoeficácia no processo motivacional dos alunos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 3, p. 1 - 17, mar./set. 2020.

BRUNO, Gabriel da Silva. CAROLEI, Paula. As ocorrências da palavra “projeto” em anais de uma feira de ciências. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

CARVALHO, Mirta Cecília Pinheiro de. FRAIHA-MARTINS, France. Sala de aula invertida em processos de aprendizagem de botânica no ensino fundamental. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

CHRISTENSEN, Clayton M. HORN, Michael B. STAKER, Heather. **Ensino Híbrido:** uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos. Trad.: Fundação Lemann e Instituto Península. Clayton Christensen Institute, 2013. Disponível em: <<https://www.christenseninstitute.org/publications/ensino-hibrido>>. Acesso em: mar. 2021.

CLEMENT, Luiz. TERRAZZAN, Eduardo A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 98 - 116, ago. 2012.

COELHO, Marcelo Nunes. Uma comparação entre team-based learning e peer-instruction e avaliação do potencial motivacional de métodos ativos em turmas de física do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 4, p. 1 - 16, set./mai. 2018.

COELHO, Marcelo Nunes. Unidade de aprendizagem ativa para física: uma possibilidade para a motivação dos discentes. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 202 - 222, set./dez. 2019.

CONRADO, Dália Melissa. NETO-NUNES, Nei F. EL-HANI, Charbel N. Aprendizagem baseada em problemas (ABP) na educação científica como estratégia para formação do cidadão socioambientalmente responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 77 - 87, mai./ago. 2014.

CROUCH, Catherine H. MAZUR, Eric. **Peer instruction**: ten years of experience and results. *Am. J. Phys.* v. 69, n. 9, p. 970 - 977, sep. 2001.

CRUZ, Maria Eduarda de Brito. BATINGA, Verônica Tavares Santos. O uso de problemas no desenvolvimento de uma sequência didática sobre fármacos ansiolíticos no ensino de química. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

FÉLIX, Maria Elisabeth Oliveira. LIMA, Bruna Tayane Silva. As metodologias ativas na construção do conhecimento científico: utilização do método JigSaw (quebra-cabeças) e mapa conceitual para o ensino de funções oxigenadas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 14, n. 1, p. 139 - 158, jan./abr. 2021.

FILIPIAK, Edinéia. *et al.* Abordagem diferenciada de geometria em sala de aula. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 5, p. 330 - 353, ago. 2017.

FINCO-MAIDAME, Gabriela. MESQUITA, Maria José Maluf de. Aprendizagem baseada em problemas no ensino fundamental II: reflexões sob uma perspectiva geocientífica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

FRANÇA, John Lennon dos Santos. MALHEIRO, João Manoel da Silva. Ensinando densidade por problemas e experimentos: será que afunda ou não afunda? *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

FREITAS, Amanda Pereira de. CAMPOS, Angela Fernandes. Website RPEQ: um repositório digital de pesquisas sobre resolução de problemas no ensino de química para promoção da divulgação científica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

## sumário



GAMA, Thamires Valadão. SANTOS, Adriele Ribeiro dos. QUEIROZ, Salete Linhares. Estudo de caso e aprendizagem cooperativa: contribuições para o desenvolvimento do pensamento crítico na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 2, p. 1 - 21, nov./mai. 2020.

GARCIA, Mara Cristina de Moraes. SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. O ensino de biologia a partir da robótica educacional: colaboração e cooperação em discussões sobre sistema nervoso humano. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPPEC, 2015.

GOMES, Francisco Denilson Rodrigues. SUDÉRIO, Fabrício Bonfim. MOURA, Francisco Nunes de Sousa. A arte musical como metodologia ativa no ensino científico dos sistemas genitais. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 3, p. 442 - 454, fev./ago. 2020.

HOHEMBERGER, Rômulo. BILAR, Jéssica de Góes. COUTINHO, Renato Xavier. Práticas no ensino de ciências: o uso das frutas para contextualizar o ensino de citologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 6, p. 231 - 242, ago. 2017.

HONÓRIO, Hugo Luiz Gonzaga. SCORTEGAGNA, Liamara. DAVID, José Maria Nazar. Processo de implementação da metodologia da sala de aula invertida com elementos de colaboração. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 110 - 130, set./dez. 2019.

KLEEMANN, Robson. PETRY, Vitor José. Desenvolvimento de um exercício de imaginação pedagógica a partir de uma proposta metodológica interdisciplinar. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 3, p. 232 - 251, dez. 2020.

KÜLL, Cláudia Roberta. ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante. Questões-problema propostas pelo professor em uma situação de ensino investigativa: estímulo ao protagonismo do estudante. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPPEC, 2019.

LIMA, Daniela Bonzanini de. VALENTIM, Lauren Martins. Uma investigação sobre aprendizagem baseada em problemas nas ciências da natureza: percepções de um grupo de estudantes do ensino médio. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPPEC, 2015.

## sumário



LIMA, Franciane Cruz de. PAZINATO, Maurícius Selvero. PASSOS, Camila Greff. A metodologia de resolução de problemas para aprendizagem do conceito de sustentabilidade no contexto da educação inclusiva. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

LIMA, Silvana Ferreira. NUNES, Enilene da Conceição. SOUZA, Ronilson Freitas de. Abordagem da temática queimadas por meio da aprendizagem baseada em projetos no ensino de ciências da natureza. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 1, p. 96 - 108, ago./mar. 2020.

LOPES, Renato Matos. SILVA FILHO, Moacelio Veranio. ALVES, Neila Guimarães (org.). **Aprendizagem baseada em problemas**: aplicação no ensino médio e na formação de professores. 1. ed. Rio de Janeiro: Publiki, 2019. 198p.

LUZ, Adão Benvindo da. LINS. Fernando Antonio Freitas. **Rochas & Minerais Industriais**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEC/MCT, 2008. 990p.

MADEIRO, Gilméria Antas. SOUSA, Aparecido Antônio Magalhães de. SILVA, Flávia Cristiane Vieira da. Da elaboração à resolução: analisando uma situação-problema para o ensino e aprendizagem de reações redox. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

MARQUES, Glessyan de Quadros. CUNHA, Marcia Borin da. Resolução de problemas: uma análise realizada com estudantes do ensino médio de uma escola urbana e de uma escola do campo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 669 - 697, mai./ago. 2018.

MARTINS, Ernane Rosa. *et al.* Comparação entre o modelo da sala de aula invertida e o modelo tradicional no ensino de matemática na perspectiva dos aprendizes. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 1, p. 522 - 530, mai./jan. 2019.

MARUSIC, Mirko. SLISKO, Josip. Many high-school students don't want to study physics: active learning experiences can change this negative attitude! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 34, n. 3, p. 3401-1 - 3401-11, 2012.

MAZUR, Eric. **Peer instruction**: a user's manual. 1. ed. Upper Saddle River - New Jersey: Pearson Prentice Hall, 1997. 274p.

MENDONÇA, Daniel. TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. Práticas de metodologias ativas de aprendizado baseadas em problemas, para a abordagem da energia solar fotovoltaica no ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 1, p. 271 - 289, jul./fev. 2019.

## sumário



MENEGHELLI, Juliana. *et al.* Metodologia de resolução de problemas: concepções e estratégias de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 211 - 231, set./dez. 2018.

MONTANHER, Valter César. Análise de ensino de casos em aulas de física. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 3. ed. Campinas: Papirus, 2008. 174p.

MORESI, Eduardo (org.). **Metodologia da pesquisa**. Brasília, 2003. Disponível em: < <http://www.inf.ufes.br/~pdcosta/ensino/2010-2-metodologia-de-pesquisa/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf> >. Acesso em: 20 de abr. de 2021.

MORGADO, Sofia. *et al.* Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas e ensino tradicional: um estudo centrado em "transformação de matéria e de energia". **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.18, n. 2, p. 73 - 97, mai./ago. 2016.

MORI, Lorraine. CUNHA, Marcia Borin da. Problematização: possibilidades para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo - SP, v. 42, n. 2, p. 176 - 185, mai. 2020.

MOURA, Bruna Ligabo de. SANTOS, Carlos Alberto Moreira dos. JOSÉ, Mariana Aranha Moreira. Aplicação do *Peer instruction* no ensino de matemática e ciências exatas para alunos de quinto ano do ensino fundamental. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

NEHRING, Cátia Maria. *et al.* As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1 - 18, mar. 2002.

NOVAK, Gregor. *et al.* **Just-in-Time Teaching: blending active learning with web technology**. 1. ed. Upper Saddle River - New Jersey: Prentice Hall, 1998. 207p.

OLIVEIRA, Aldeni Melo de. *et al.* Ensino pela pesquisa na escola: proposta para produção e utilização de esterco animal. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 7, p. 141 - 153, dez. 2017.

OLIVEIRA, Márcia Alexandra Rodrigues de. TAUCEDA, Karen Cavalcanti. Sala de aula invertida: contribuindo para a aprendizagem em ciências e biologia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

OLIVEIRA, Thais Benetti de. CESCHIM, Beatriz. CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Aprendizagem baseada em problemas e a natureza integrada da biologia: uma proposta didática sobre a evolução biológica para formação inicial. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio. VEIT, Eliane Angela. ARAUJO, Ives Solano. Aprendizagem baseada em projetos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 551 - 577, mai./ago. 2017.

PASTORIO, Dioni Paulo. SOUZA, Leonardo Alencastro Vanin Dutra de. As metodologias ativas nas pesquisas de ensino: uma revisão da literatura no ENPEC. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRAPEC, 2019.

PEIXOTO, Denis Eduardo. Ambiente de aprendizagem aprimorado por tecnologia (TEAL): perspectivas atuais para o ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 2, p. 368 - 379, jan./jul. 2020.

PIZZATO, Michelle Camara. *et al.* Identificação de atitudes investigativa e científica: um estudo de caso em um ambiente interativo de aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 258 - 279, dez. 2020.

POLETTI, Matheus. A ciência forense como metodologia ativa no ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 8, p. 88 - 100, dez. 2017.

PUHL, Cassiano Scott. *et al.* Uma experiência com o Google Earth: em busca de uma aprendizagem ativa e ao comprometimento social de estudantes do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 3, p. 19 - 32, out./mai. 2018.

RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo. PASSOS, Camila Greff. SALGADO, Tania Denise Miskinis. A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, n. esp., p. 1 - 21, mar. 2020.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da. VILLAGRÁ, Jesús Ángel Meneses. Questionamento metacognitivo associado à abordagem didática por indagação: análise de uma atividade de ciências no ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 60 - 76, abr. 2020.

## sumário



ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino**. 1. ed. Campo Grande - MS: Ed. UFMS, 2015. 256p.

SALES, Amanda Maria Vieira Mendes. BATINGA, Verônica Tavares Santos. Sequência didática baseada na resolução de problemas para a abordagem de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 6, p. 201 - 218, ago. 2017.

FARIA, Alexandre Geraldo Viana. CARVALHO, Priscila Schoemberner de. OCANHA, Mariane. PEREIRA, Patrícia Sandalo. BERGAMO, Joseila Aparecida. Argila como tema contextualizador e crítico: uma proposta para o ensino de Química. **Revista científica multidisciplinar Brilliant Mind**, Campo Grande – MS, v. 1, n. 1, p 69 – 84, set. 2020.

SANTOS, Míriam Stassun dos. AMARAL, Carmem Lúcia Costa. MACIEL, Maria Delourdes. Tema sociocientífico “cachaça” em aulas práticas de química na educação profissional: uma abordagem CTS. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 227 - 239, jan./abr. 2012.

SANTOS, R. J. dos. SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 37, n. 3, p. 3506-1 - 3506-9, 2015.

SANTOS, T. N. P. *et al.* Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo - SP, v. 40, n. 4, p. 258 - 266, nov. 2018.

SASAKI, Daniel Guilherme Gomes. JESUS, Vitor Luiz Bastos de. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 39, n. 2, p. e2403-1 - e2403-10, 2017.

SASSERON, Lúcia Helena. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, n. esp., p. 1 - 18, fev. 2021.

SCANDORIEIRO, Sara. *et al.* Problematização e práticas de microbiologia para ensino médio de escolas públicas. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 5, p. 1 - 17, fev./set. 2018.

SCHMIDT, Bjarne. Teaching engineering dynamics by use of peer instruction supported by an audience response system. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 5, p. 413-423, 2011.

## sumário





SEABRA, Maria Emilia Faria. MACIEL, Antônio Marcelo Martins. Ensino de física por projeto: o estudo de termologia em sala de aula favorecendo a alfabetização científica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 1, p. 330 - 343, set./ fev. 2019.

SILVA, Ângelo Abeni Bezerra da. MALHEIRO, João Manoel da Silva. TEIXEIRA, Odete Pabubi Baierl. Curso de férias “experimentando ciências”, evidências da formação do espírito científico. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

SILVA, Lucas César da. OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Interfaces entre o método de estudo de casos e a abordagem experimental investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 3, p. 517 - 532, abr./out. 2020.

SILVA, Vitor de Almeida. SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. **Química Nova na Escola**, São Paulo - SP, v. 35, n. 3, p. 209 - 219, ago. 2013.

SOUZA E SOUZA, Érica de. *et al.* O ensino de ciências a partir do trabalho com projetos na educação infantil em uma escola ribeirinha de Parintins - AM. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 2, p. 565 - 576, nov./mai. 2020.

TOMAZ, Aleide R. *et al.* O método de estudo de caso como alternativa para o ensino de química: um olhar para o ensino médio noturno. **Química Nova na Escola**, São Paulo - SP, v. 41, n. 2, p. 171 - 178, mai. 2019.

WERLANG, Raphael Brum. PINO, José Claudio Del. Geollhas: o desenvolvimento de uma modelo de MOOC voltado para a formação continuada de professores de ciências na educação básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 55 - 85, mai./ago. 2018.

ZANDAVALLI, Carla Busato. **Educação a distância: conceitos, histórico, bases legais e políticas públicas**. 1. ed. Campo Grande - MS: Ed. UFMS, 2019. 46p.

## sumário



The background features a dark blue grid of hexagons. Several hexagons contain glowing blue icons: a globe, an atom, a brain with neural connections, a lightbulb, a flask, a magnifying glass, a molecular structure, and an open book.

Marcos de Oliveira Monteiro

Shirley Takeco Gobara

# **O ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS BASEADO NA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO:**

possibilidades de utilização  
do Artefato Digital *Scratch*

## INTRODUÇÃO

O artigo apresenta um recorte da pesquisa “O Processo de Objetivação e Subjetivação dos Saberes sobre o Esgoto Urbano nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: Uma Experiência com o Software Scratch”, da autoria de Marcos O. Monteiro, 2020, desenvolvida durante a realização do mestrado no âmbito do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e foi realizada em uma escola municipal na periferia de Campo Grande-MS.

A finalidade da investigação foi elaborar e avaliar uma proposta de ensino e aprendizagem utilizando a Teoria da Objetivação (TO) e artefatos culturais baseados nas tecnologias digitais para o ensino e aprendizagem de conceitos de ciências. Para isso, escolhemos trabalhar temáticas ambientais e, em particular, o esgoto urbano, vinculando-o ao tema transversal Saneamento Básico, para os anos iniciais do ensino fundamental.

Essa temática estava relacionada às orientações estabelecidas pelas diretrizes da Secretaria Municipal de Educação (SEMED) de Campo Grande-MS. O público-alvo da pesquisa foram 10 alunos pertencentes a uma turma do 4º ano B do ensino fundamental inicial, de uma escola municipal, onde a pesquisa foi realizada durante quatro encontros, ao longo de quatro semanas no mês de julho de 2019.

Para o desenvolvimento da pesquisa, adotamos como referencial teórico e metodológico, a Teoria da Objetivação (TO), proposta por Luis Radford, “uma teoria de ensino e aprendizagem das matemáticas que se inspira de escolas antropológicas e histórico-culturais do conhecimento” (RADFORD, 2006, p. 104). Embora essa teoria tenha sido proposta inicialmente para a educação matemática, ela é uma teoria educacional cujos princípios e fundamentos se aplicam também às outras áreas de conhecimentos. E é nesse sentido que essa pesquisa

buscou investigar a aplicação da TO para o ensino de ciências, em particular para o ensino fundamental.

A temática escolhida para o estudo realizado foi “O esgoto urbano”. Do ponto de vista histórico cultural, a escolha foi justificada com base na situação em que a escola se encontrava, em 2019, pois não havia rede coletora de esgoto e a comunidade utilizava-se de fossas, entre as quais haviam do tipo rudimentares.

Para justificar essa escolha foi também realizado um levantamento bibliográfico em bancos de teses e dissertações e nos periódicos e anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), voltados às temáticas do esgoto e das Tecnologias da Informação e Comunicação-TICs no período de 2008 a 2018.

O resultado desse levantamento mostrou que não havia trabalhos de pesquisa sobre o tema esgoto associado ao uso de tecnologias digitais para o ensino fundamental nos anos iniciais (MONTEIRO E GOBARA, 2019). A partir desse levantamento, desenvolvemos a pesquisa em 2019, tendo, como finalidade, elaborar e avaliar uma proposta de ensino e aprendizagem utilizando a Teoria da Objetivação (TO) e os artefatos digitais.

A TO estabelece como unidade metodológica de análise a atividade, definida como labor conjunto entre o professor e os alunos. No labor conjunto, os alunos, em pequenos grupos, interagem entre eles e com o professor para a realização da(s) tarefa(s) propostas pelo professor e que faz parte da atividade de ensino de aprendizagem (AEA) planejada por ele.

E é por meio dessa interação que os saberes são mobilizados e contribuem para que os alunos encontrem esses saberes que são materializados em conhecimentos. E, na nossa investigação, foram utilizados notebook, vídeos, sites e software *Scratch*, identificados como artefatos culturais digitais, que, de acordo com a TO, auxiliam os alunos

na resolução da tarefa e, conseqüentemente, na materialização dos saberes e na transformação dos sujeitos.

No nosso estudo, esses saberes estavam relacionados ao esgoto urbano e as doenças causadas por falta de saneamento básico adequado. Saberes esses que já foram produzidos e que, segundo a TO, estão disponíveis no mundo cultural e são atualizados pela via educacional sistematizada quando os alunos iniciam sua vida escolar. O acompanhamento e a parceria dos professores são necessários com a finalidade de colaborar, lado a lado, com os alunos para que possam refletir, discutir e desvelar situações que os mobilizem para o encontro com o saber e a sua materialização em conhecimento.

O objetivo desse artigo é apresentar uma alternativa para o ensino de ciências para o nível fundamental baseado na TO e no uso do artefato digital o *Scratch*.

Os fundamentos teóricos da TO são apresentados na seção 2, em que os processos de objetivação e subjetivação são explicitados por meio dos conceitos de saber, conhecimento e aprendizagem. Os aspectos metodológicos da pesquisa são discutidos na seção 3, em que apresentamos a unidade metodológica de análise que é a atividade e as análises das interações dos alunos durante a realização da atividade de ensino aprendizagem. Por fim, na seção 4 apresentamos as considerações finais.

## A TEORIA DA OBJETIVAÇÃO NA ESCOLA

A pesquisa foi desenvolvida utilizando a Teoria da Objetivação (TO) como referencial teórico-metodológico. Essa teoria foi desenvolvida por Luis Radford, que é professor e pesquisador da *School of Education Sciences* na *Laurentian University* em Ontário, Canadá. A TO foi

s u m á r i o



inspirada na concepção materialista dialética de Hegel (1977, 2009), assim como nos trabalhos de Marx e na tradição dialética de Davidov (1982; 1988), Vygotsky (1987;1999) e outros (D'AMORE; RADFORD, 2017). Ela foi proposta, inicialmente, para a educação matemática com o objetivo de romper com a concepção individualista de educação:

Como em toda teoria, o surgimento de TO não é um fenômeno isolado. Faz parte de um movimento de oposição a uma concepção paradigmático do ser humano, que encontra uma elaboração explícita na filosofia de Kant e que, durante o século 20, vê o indivíduo como um ser isolado de seu contexto histórico e cultural e acaba tomando-o como fonte de conhecimento e origem de significado e intencionalidade. No século 20, essa concepção paradigmática do humano acabou oferecendo uma concepção individualista de ser (Martin, 2004; Mészáros, 2010) e de realidade. As chamadas teorias 'construtivistas' constituem a expressão mais completa dessa concepção paradigmática. (RADOFORD, 2020, p.16).

Luis Radford ao propor a Teoria da Objetivação ele se contrapõe a essa concepção paradigmática e apresenta e discute alguns conceitos fundamentais do processo de ensino e aprendizagem da matemática, como saber, conhecimento e aprendizagem.

Na tentativa de romper com as propostas construtivistas e tradicionais, a TO ressignifica os conceitos de "saber e o conhecimento" de forma distintas. O saber encontra-se na cultura, e são "sistemas de pensamento e ação cultural historicamente constituídos" (RADFORD, 2020, p.19), cujo alcance individual é pura potencialidade. Já o conhecimento é a atualização ou a materialização do saber (RADFORD, 2017, p.107).

A aprendizagem, por sua vez, está associada aos processos de objetivação e subjetivação. Conforme Praça e Gobara (2019), os processos de objetivação ocupam-se da materialização do saber, não dissociado da dimensão do SER. A objetivação é um processo dialético na medida em que enquanto ocorre a materialização ou atualização

## sumário



dos saberes, os alunos também se transformam como ser (sujeito) e essa transformação é identificada como processo de subjetivação. Ambos os processos são mediados pela atividade humana.

Para a TO “o que torna o aprendizado possível é a atividade humana, sensual e prática.” (RADFORD, 2020, p.22). Essa atividade não é sinônimo de fazer algo, ela “refere-se a um sistema dinâmico orientado para a satisfação das necessidades coletivas.” (RADFORD, 2020, p.23). Para evitar confusões com outros significados, na TO, a atividade é chamada de labor conjunto, uma atividade única envolvendo o trabalho conjunto entre alunos e o professor. Nesse sentido, essa teoria se contrapõe às teorias que consideram o ensino e aprendizagem em sala de aula como duas atividades separadas, uma realizada pelo professor (atividade do professor) e a outra pelo aluno (atividade do aluno).

Para que ocorra o labor conjunto, a TO estabelece a ética comunitária, a qual busca incentivar a participação de professores e alunos em contexto do exercício da solidariedade e da alteridade. E o ambiente da sala de aula deve favorecer a consciência crítica, em que os sujeitos (alunos e professor) possam efetivamente cuidar uns dos outros em contraposição aos modelos individualistas (MORETTI *et al.*, 2018).

Em contextos práticos, para que ocorra o labor conjunto em sala de aula é necessário que o professor planeje e elabore uma Atividade de Ensino e Aprendizagem (AEA) com base no seu projeto pedagógico. A AEA é organizada a partir de uma estrutura identificada por “objeto-meta-tarefa” (RADFORD, 2015, p. 555). As metas são os objetivos estabelecidos na AEA para serem alcançados, relacionados ao(s) objeto(s) definidos pelo professor. A tarefa, a ser realizada pelos alunos, é constituída por ações, questões, problemas etc., os quais mobilizam os alunos para que possam progressivamente encontrar os saberes culturais determinado pelo objeto da AEA (XIMENES; GOBARA; RADFORD, 2019). No planejamento de uma AEA, em geral, são utilizados

artefatos culturais, que são objetos ou instrumentos, ou outros meios que auxiliam os alunos na realização da tarefa.

De acordo com a TO, os artefatos são importantes porque eles “são portadores de uma inteligência histórica estruturada de maneiras sociais definidas (RADFORD, 2014, p. 414). Por exemplo as diferentes formas e ou instrumentos usados para contabilizar ou medir uma quantidade de objetos ou mercadorias. Quando o artefato já faz parte do cultural material dos alunos, por exemplo uma calculadora, a ação para usá-la não precisa ser integrada como parte da tarefa, mas quando se trata de um objeto ou meio que os alunos não sabem como funciona, o professor deverá planejar uma tarefa que possibilite que os alunos materializem as possibilidades de utilização desse artefato,

Por exemplo o uso de um software, para que os alunos possam transformar a funcionalidade que esse artefato oferece, de acordo com suas potencialidades, é preciso que eles a saibam utilizá-los.

Na nossa pesquisa, o artefato digital utilizado no labor conjunto é o *Scratch*. Trata-se de um software desenvolvido por Resnick, no ano de 2009, usado para implementar animações, simulações ou jogos por meio de uma linguagem visual, utilizando blocos de comandos.

Para a TO, os alunos quando chegam na escola são seres potenciais que estão abertos para encontrar os saberes que foram produzidos pela humanidade. Os saberes relacionados às potencialidades de manipulação desse artefato, também tiveram que ser materializados durante a execução da AEA.

Considerando-se que o nosso foco é o ensino e aprendizagem de ciências (saberes científicos) para os anos iniciais, a proposta curricular do ensino de ciências para o nível fundamental, vigente nesse período, estabelecia os estudos sobre o homem, o ambiente, o planeta, o universo e os seres vivos (CAMPO GRANDE, 2016, p.140 a 142).



De acordo com a TO, [...] o saber é concebido como uma entidade geral que, ontologicamente falando, já está na cultura quando nascemos. O saber é composto por arquétipos históricos e culturalmente constituídos de pensamento, reflexão e ação. (RADFORD, 2018, p. 233, tradução nossa). Esses saberes são puras potencialidades e uma das funções da escola é providenciar formas e meios para que os alunos os encontrem. E para que ocorra as mobilizações desses saberes pelos alunos, é necessária uma atividade humana, pois é por meio dessa atividade que ocorrerá o encontro com os saberes ou a sua materialização em algo que faz sentido e que é percebido por todos os alunos. Como exemplo prático podemos citar: como evitar o contato com microrganismos patogênicos pela falta de esgoto sanitário.

Para a TO, a ocorrência da aprendizagem está relacionada à realização de uma AEA por meio do labor conjunto, este último entendido como uma atividade humana em que alunos e o professor trabalham juntos para a materialização do saber e a transformação dos alunos, como consequência da tomada de consciência desse saber. Portanto, a atividade (humana) em sala de aula é identificada como labor conjunto e se constitui em uma das ideias centrais da teoria (RADFORD, 2018). Embora o professor e os alunos tenham papéis diferentes no labor conjunto, todos trabalham juntos para atingir um objetivo comum, que é o objetivo da AEA.

Para realizar a AEA em sala de aula, cabe ao professor apresentar a tarefa aos alunos, organizá-los em pequenos grupos, incentivar o debate entre eles e a prática da ética comunitária, permanecendo lado a lado. Um aspecto importante na TO, de acordo com o autor, é que, na interação dos alunos durante o labor conjunto, cada participante tenha o direito a voz e a ser ouvido, de expor e debater seus pontos de vistas e conjuntamente chegarem à solução do problema proposto pela tarefa da AEA, e, dessa forma, levar os estudantes à familiarização gradativa com “os significados culturais e formas de raciocínio

e ação historicamente constituídos. Esses processos são denominados processos de objetivação” (RADFORD, 2015, p. 551).

A escola, entretanto, não deve estar preocupada somente com a materialização (atualização) do saber, mas também com a transformação do sujeito (ser), identificada como processo de subjetivação. Cabe também à escola a responsabilidade na formação e transformação do aluno em um sujeito ético (MORETTI; RADFORD, 2018).

Em síntese, os processos de subjetivação tratam da transformação do ser, já os processos de objetivação ocupam-se com a materialização do saber (PLAÇA; GOBARA, 2019), entretanto, os dois processos são indissociáveis.

Para o planejamento da AEA desenvolvida ao longo da implementação da proposta relacionada à nossa pesquisa (MONTEIRO, 2020) as tarefas foram compostas por ações e questões que são apresentadas na próxima seção que trata da metodologia.

## OS ASPECTOS METOLOGICOS

A pesquisa realizada é qualitativa e sua metodologia foi baseada na proposta da TO, que tem seus fundamentos no materialismo dialético, cuja unidade de análise é a atividade, porque ela representa “a unidade mínima que reproduz a sociedade como um todo. Repousa sobre uma concepção específica de indivíduos como seres naturais de necessidades” (RADFORD, 2015, p. 553, tradução nossa). E como já mencionamos, na escola, a atividade é o labor conjunto entre alunos e o professor que representa a totalidade dos membros de uma sala de aula, que estão trabalhando para suprir uma necessidade coletiva que é realizar a tarefa da AEA.

A estrutura da AEA para o caso da nossa pesquisa foi constituída da seguinte forma: o objeto, em relação aos saberes foi o esgoto urbano, contaminações e doenças associadas e em relação à transformação do ser foi que os estudantes chegassem a uma compreensão crítica do Esgoto Urbano.

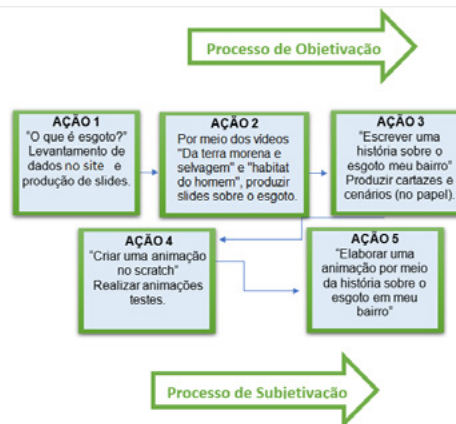
As metas ou objetivos a serem alcançados no labor conjunto, foram:

- buscar informações sobre o esgoto domiciliar por meio de entrevistas com os pais ou responsáveis, para levantar os saberes atuais (o que sabiam) dos alunos sobre o esgoto;
- propiciar reflexões e posições críticas sobre o “esgoto”, no que se refere à contaminação dos solos urbanos e às doenças a partir de discussões críticas sobre os problemas da falta de uma rede coletora no bairro.

E a tarefa foi planejada para ser desenvolvida por meio de cinco ações: as duas primeiras trataram de questões sobre o esgoto e contaminações do solo; as terceira, quarta e quinta ações foram propostas para, usando artefatos tecnológico-digitais – em particular, o software *Scratch* – produzir uma animação, cujo enredo deveria tratar de uma história a partir da temática “falta de esgoto sanitário e suas consequências”, planejada principalmente para a atualização do ser, conforme foi sintetizada na figura 1.

Para realizar as ações, os alunos, organizados em pequenos grupos, usaram os notebooks distribuídos na sala de informática para consultar o site, desenvolvido pelo professor pesquisador (PP), que continha as informações relevantes relacionadas ao conteúdo sobre o esgoto.

Figura 1 - Tarefa: cinco ações para atingir a meta pelo labor conjunto



Fonte: Gobara *et al.* (2020, p. 1719).

O site foi carregado por meio de um computador servidor de páginas da internet. A Figura 2 é o portal de abertura do site. Durante a realização da ação 1, constatamos as dificuldades de leitura e escrita desses alunos e foi necessário reformulamos o site que passou a ter vídeos, biblioteca de imagens e outros meios semióticos para adequá-lo às capacidades de leitura e interpretação dos alunos.

Figura 2 - Apresentação do portal dos saberes a serem atualizados



Fonte: MONTEIRO (2020, p. 36).

## Coleta de dados conforme a Teoria da Objetivação

A coleta de dados, de acordo com a TO, foi realizada em quatro fases: 1. A gravação de vídeo e áudio, utilizando câmeras de vídeo e gravador de voz; 2. Tanto nos pequenos grupos, quanto nas reuniões gerais, por meio da folha de tarefa do aluno – cada aluno recebeu uma folha para suas anotações durante a Ação 1, para o registro de tarefas específicas e para documentos e anotações do quadro branco. 3. As interações durante os encontros (a aula) foram registradas por meio de fotos e também algumas explicações, gestos e traços do professor sobre a apresentação dos alunos. 4. Avaliação nas ocasiões das discussões coletivas e do envolvimento dos alunos durante o labor conjunto em momentos de colaboração ou disputas (RADFORD, 2015).

Por fim, nas transcrições dos áudios e vídeos foram identificados os episódios relevantes, que são passagens que contêm evidências do movimento rumo ao processo de objetivação e subjetivação, os quais foram analisados em busca dos indícios de aprendizagem. Portanto, os dados foram obtidos por meio da análise da transcrição interpretativa e registrados de acordo com os dispositivos elaborados por Praça e Gobara (2019), adaptados do modelo de Radford (2015), para a tabulação dos dados (Quadro 1).

**Quadro 1 - Tabulação de dados para a transcrição de dados**

Número do enunciado	Transcrição dos episódios relevantes	Comentário interpretativos
xxx	xxx	xxx

Fonte: Praça e Gobara (2019, p. 7).

De acordo com a TO, as ações foram realizadas por meio de labor conjunto dos alunos que desenvolveram a tarefa proposta em pequenos grupos. No final do trabalho, os alunos foram reunidos no

“grande grupo” para as discussões. No Quadro 2, apresentamos o significado dos símbolos das siglas e expressões com respeito ao nome dos grupos, professores, alunos e outras expressões usadas nas transcrições e análises dos episódios relevantes.

Os pequenos grupos foram nomeados de Amigos da Ciência (AC), Amigos do Conhecimento (AK) e Amigos da Natureza (NA).

**Quadro 2 - Alguns símbolos para transcrição de dados**

<b>Símbolo</b>	<b>Significados</b>
PP	Professor pesquisador
PO	Professor orientador
OS	Professor regente da sala de aula
PC1	Professor de ciências responsável pelo laboratório de ciências
PC2	Professor de ciências da sala de aula
AN (1,2,3)	Grupo Amigos da Natureza, alunos 1, 2 e 3
AK (1,2,3,4)	Grupo Amigos do Conhecimento ( <i>knowledge</i> ), alunos 1, 2, 3 e 4
AC (1,2,3)	Grupo Amigos da Ciência, alunos 1, 2 e 3
...	Qualquer pausa
[	Superposição, simultaneidade de vozes
sí-la-ba	Silabação

Fonte. Adaptado pelo autor a partir do glossário simbólico de Queiroz, Zanelato e Oliveira (2008).

### **As análises dos dados: os episódios relevantes**

As análises foram realizadas ao identificar os episódios relevantes que apresentaram evidências de movimento rumo ao processo de objetivação e subjetivação, obtidas por meio da transcrição interpretativa. Segundo Radford (2015), a análise da transcrição interpretativa ocorre em três etapas. Na primeira, todas as elocuições são tratadas

sem prestar atenção no contexto. Na segunda, o material bruto resultante é analisado por meio dos princípios teóricos. Na terceira, os episódios relevantes (segmentos salientes, conforme o autor, mas traduzimos como episódios relevantes) “são identificados e dispostos em categorias conceituais analíticas (tipos de gestos, produção de símbolos e compreensão simbólica)” (RADFORD, 2015, p. 561).

O que buscamos analisar no labor conjunto é a tomada de consciência do aluno, considerado o momento fundamental da TO, fruto de uma relação entre consciência e atividade. Essa consciência é rastreada “por meio das ações sensoriais dos estudantes, durante o trabalho conjunto, nos gestos, movimentos, audição, linguagens e símbolos” (RADFORD, 2015, p. 561). Para analisar as interações e as ações entre os estudantes, usamos o dispositivo analítico, já apresentado no Quadro 1 de Praça e Gobara (2019, p. 7), com o objetivo de “analisar as interações em que os contextos acontecem”. O referido dispositivo foi utilizado enquanto ferramenta de análise do labor conjunto, e os resultados apresentados restringiram-se ao grupo Amigos da Ciência (AC), selecionado para discutir e verificar os objetivos propostos neste artigo.

Nesse sentido, apresentamos os resultados das ações 3 e 4, que trataram da elaboração de uma história pelos alunos e a confecção de uma animação. A Ação 3 está relacionada ao Episódio Relevante 1, que diz respeito à elaboração de uma história sobre o esgoto urbano e refere-se à análise da ação do grupo AC.

### **Episódio Relevante 1: apresentação da história**

O episódio 1 trata da confecção de um cartaz de protesto do grupo AC. Os alunos AC2 e AC3 elaboraram um cartaz a partir da temática sobre o esgoto, após a sugestão do PP e da PO, para que cada grupo pudesse realizar manifestação frente à questão da falta de esgoto em seu bairro.



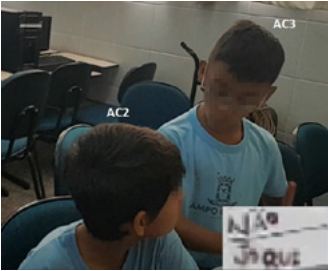
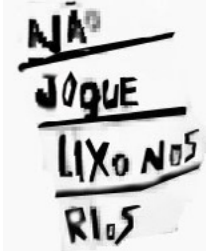
**Quadro 3 - Tabulação dos dados para a análise dos enunciados do Episódio**

*Relevante 1: Elaboração do cartaz para a apresentação da história<sup>106</sup>*

Enunciados	Transcrição dos episódios relevantes 1	Comentário Interpretativo
1	PO: E aí gente, concluíram a história?	Para a apresentação da história no grande grupo foi solicitado que os alunos elaborassem cartazes, porém eles estavam demorando muito para a conclusão da Ação 3.
2	AC3: Falta o desenho só, o desenho!	AC3 refere-se a um desenho que ele pretendia fazer, mas não conseguiu porque ele foi auxiliar o aluno AC2 a elaborar um cartaz com uma frase de protesto. Essa ajuda, segundo a TO, está relacionada ao labor conjunto.
3	AC2: Professor, professor. Só tem três tempos para gente terminar?	O AC2 referiu-se ao horário de aula, pois são sinalizadas pelo disparo de uma sirene para a troca de professores.
4	AC1: Tem que saber a historinha lá na frente?	AC1 estava preocupada em reproduzir a história para a sala, diante dos outros colegas, porque não houve o labor conjunto na elaboração da história.
5	PP: Essa é a história do grupo?	
6	AC1 e AC2: É, Uhum...	Quando indagados pelo PP sobre a produção ter sido feita em grupo, os alunos disseram que sim, mas foi uma história confeccionada apenas pela AC1. A palavra uhum aparece no texto como uma confirmação da realização da história.
7	PP: Quem eram esses personagens maus da história?	
8	AC1: Eles protestaram!	AC1 não respondeu à questão da PP, mas, no texto, ela escreveu três nomes de personagens maus. Sua resposta refere-se aos personagens bons, que são eles (os alunos) que estão protestando. Os maus não ficaram explícitos, se são pessoas verdadeiras ou fictícias.
9	PP: Contra o quê?	
10	AC3: Contra o lixo dos rios Prosa e Segredo.	

<sup>106</sup> Parte desse episódio relevante, especificamente os enunciados 13 a 16 foram objetos de análise no artigo de Gobara, Monteiro e Radford (2020, p. 1721-1722).



11	PP: AC3! Terminou?	O tempo para realização da produção escrita já estava esgotado, pois estávamos iniciando o momento das apresentações e debate no grande grupo. Mas os alunos do grupo AC ainda estavam na fase da confecção dos cartazes.
12	AC3: Estou fazendo. Não terminei!	
13	AC2: Vem AC3: Joque... Não joque lixo (escrita incorreta da palavra joque) 	O AC2 solicita a ajuda de AC3 para que solete as letras do cartaz, pois, como foi observado no episódio 1, no enunciado 20, ele não sabia ler corretamente.
14	AC3: No rio.	AC3 apenas lê o final da frase.
15	AC2: Não é assim. Não jo-jo-jo-que-que. Olha aqui escrevi errado.	Embora AC2 tenha apresentado dificuldades de leitura e escrita, na produção do cartaz, ele identificou que havia um erro. Para que AC2 pudesse concluir o cartaz, foi necessária a ajuda do AC3 que soletou as letras e arrumou a grafia da palavra “joque”.
16	AC3: Olha aqui. Está certo! 	Por fim, eles produzem o cartaz de protesto relativo à questão do esgoto lançado diretamente nos córregos. AC3, AO CONFIRMAR que a escrita estava correta, evidencia a sua cooperação e consideração com o seu colega ao auxiliá-lo de acordo com a TO na confecção do cartaz dada a dificuldade de AC2.

Fonte: Monteiro 2020, adaptado de Praça e Gobara (2019).

No início da ação, cada aluno resolveu trabalhar isoladamente. Mas, para auxiliar AC2, devido à sua dificuldade de leitura e escrita, AC3 passou a trabalhar de forma conjunta e eles começaram a integrar coletivamente demonstrando indício de uma preocupação com o próximo, resultado do labor conjunto. AC3 auxiliou AC2 na grafia da palavra “jogue”, que resultou no cartaz com os seguintes dizeres: “Não jogue lixo nos rios”.

Quanto ao labor conjunto, destacamos que ocorreu inicialmente uma divisão de trabalho que aconteceu de forma natural porque eles não definiram quem faria o cartaz e a história. AC2 e AC3 se envolveram com o cartaz e AC1 estava preocupada com a escrita da história, mas o movimento proporcionado pelas manifestações e necessidades coletivas favoreceram e desencadearam um trabalho coletivo a partir deste movimento.

O comportamento de AC3 em relação a AC2 favoreceu a ambos, uma vez que AC3 reencontrou os saberes com relação às letras das palavras do cartaz e ambos atualizaram o ser, por meio da afetividade, solidariedade e cooperação mútua – importantes elementos da ética comunitária (GOBARA, MONTEIRO, RADFORD, 2020, p. 1721).

Esses resultados revelam os aspectos relacionados à mudança do comportamento individualista de AC3 identificado no decorrer das ações 1 e 2, ao disputar o manuseio do notebook. Essas mudanças são consideradas indícios do processo de subjetivação, pois o comportamento individualista foi substituído pelo labor conjunto e pela ética comunitária.

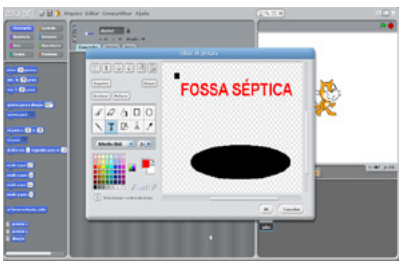
### **Episódio Relevante 2: O Programa *Scratch***

Os alunos reuniram-se em pequenos grupos e foram orientados a identificar as configurações do programa *Scratch*. A finalidade foi a manipulação do programa pelos alunos para conhecer e testar o ambiente.

Quadro 4 - Tabulação dos dados para a análise dos enunciados do Episódio Relevante 2: conhecendo o programa

Enunciado	Transcrição do episódio relevante 2	Comentário interpretativo
01	PP: Como trabalhamos com o <i>Scratch</i> ? Vou ensinar, e é muito legal. Mas antes de mostrar aqui o programa, eu gostaria que os grupos se reunissem nos locais onde estão os <i>notebooks</i> .	O PP prepara os grupos para o labor conjunto.
02	Alunos: Uau!	A interjeição de alguns alunos reflete o desejo em interagir com o software.
03	PP: Então, o professor vai mostrando e vocês vão fazendo. Nessa parte branca, onde está o gatinho, é o palco.	O PP inicia uma explicação sobre as configurações do <i>Scratch</i> .
04	PI: Vamos prestar atenção?	O PI chama a atenção dos alunos, pois estavam eufóricos para manusear a máquina e estavam conversando alto.
05	PP: Abaixo desse gatinho, nós temos alguns botões. No primeiro botão vai aparecer um editor de imagem, onde vocês podem fazer o desenho de vocês. Vocês querem experimentar?	No programa aparece um ícone que abre um editor de imagem simples do <i>Scratch</i>
06	Alunos: sim!	
07	PP: Como é que faço, então, um círculo? Cliquem nesse botão e se vocês puxarem ele vai ficar todo cheio, aqui, abaixo do círculo cheio vai ter o vazado! Tudo certo aí?	O PP mostra aos alunos como confeccionar uma imagem com o editor contido no <i>Scratch</i> desenhando círculos, com a intenção de levar os alunos a relacioná-los às fossas rudimentares.
08	PP: Clica no botão T, vocês terão como digitar os textos. Digitem aí fossa séptica.	A digitação da temática na Ação 4 é sugestiva ao objeto da atividade.
10	AC3: O que vou escrever? É para escrever fossa séptica?	AC3 aparentemente não ouviu por causa do barulho.
11	PC1: Escreve aí fossa séptica, faz com outra cor.	A PC1 auxilia AC3 e seus colegas que não ouviram a orientação do PP.

sumário

12	AC3: Cor? Pera aí, deixa eu ver, assim. SÉPTICA. Preto?	O texto foi editado por meio do labor conjunto.
13	AC2: Ah não, o preto vai sumir.	
14	AC1: Não. Vermelho.	
15	AC3: Vermelho. Vou desenhar qualquer coisa, agora pintar, pintar.	AC3 aceitou a sugestão do grupo pois estava editando a imagem por meio do labor conjunto. Tanto AC2 quanto AC3 editaram a mesma imagem, apagando o texto e modificando a cor.
16		Produção do grupo AC.

Fonte: Monteiro, 2020, adaptado de Praça e Gobara (2019).

Os enunciados de 1 a 19, da Ação 4, tratam da manipulação do *Scratch* pelo grupo AC. Eles confeccionaram os cenários, escolheram os personagens disponíveis no banco de imagens do software e realizaram os movimentos de apenas um dos personagens escolhidos. A reação dos alunos foi de excitação, e eles não tiveram dificuldade em iniciar a manipulação durante o labor conjunto. Essa ação teve como finalidade ensinar os alunos a realizarem uma animação simples no programa *Scratch*.

Mas os alunos estavam agitados por causa da novidade (enunciados de 1 a 6) e o excessivo barulho prejudicou a audição das instruções realizadas pelo PP sobre o programa. Esse tipo de ocorrência é propiciado pela educação individualista em detrimento do trabalho coletivo. Os alunos não se comportaram segundo os princípios da

ética comunitária, porque estão habituados a um ensino cuja prática comportamentalista reforça o trabalho solitário, individualizado e competitivo, em oposição ao trabalho em coletivo em prol de todos. E quando há uma modificação da rotina na sala de aula, principalmente se há novidades, alguns alunos ficam tão excitados que as vezes é necessário intervir envolvendo até a equipe de orientação educacional nos casos mais graves de disputa entre os alunos.

Os enunciados de 8 a 11 evidenciam a influência dos ruídos, de tal forma que o aluno AC3 não escutou as orientações do PP. No entanto, PC1 que estava junto ao grupo AC, labor conjunto, reagiu e solicitou a escrita da palavra “fossa séptica”, sugerida pelo PP. A diminuição da excitação inicial dos alunos e as constantes intervenções dos professores, que estavam lado a lado com os grupos, promoveram um ambiente agradável e cooperativo para prosseguir e finalizar a Ação 4.

Nos enunciados de 12 a 16, evidencia-se um esforço coletivo para a digitação da palavra “fossa séptica”, sugerido pelo PP. Esses esforços coletivos, em que cada aluno colaborou para a escrita da palavra e a cor da fonte, foram essenciais para que o grupo AC superasse as dificuldades iniciais e, em seguida, produzisse a imagem apresentada no enunciado 16. Os alunos realizaram, em um ambiente de testagem, com imagens estáticas, uma animação com um personagem, fazendo-o efetuar um movimento para frente e para trás, conforme esperado.

No princípio dos trabalhos, as relações individualistas evidenciadas pelo barulho excessivo dos alunos foram amenizadas, primeiramente pelos PP, PO, por estarem lado a lado com o grupo, depois pelos próprios integrantes do grupo AC. As tensões entre os integrantes do grupo apareceram como consequência das relações individualistas de alguns alunos. Devido as relações de posse ao qual os alunos vivenciam no cotidiano, cada aluno desejava monopolizar o uso do computador para manipular o programa, mas com as orientações e participação lado a lado com os professores, eles passaram

## sumário



a cooperar em decorrência do labor conjunto e da ética comunitária e o grupo passou a produzir coletivamente. As manifestações durante a produção da imagem são movimentos constitutivos dos participantes do grupo, que evidenciam os indícios da transformação do ser, que ocorreram durante a produção das figuras confeccionadas de forma conjunta pelos alunos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade AEA realizada possibilitou que professores e alunos vivenciassem um modelo diferente de ensino e aprendizagem baseado nos princípios da TO, em que foram observadas mudanças desencadeadas pelo trabalho coletivo dos alunos do grupo AC. As análises das ações 3 e 4 desse grupo evidenciam as possibilidades de se utilizar a TO a partir da elaboração e desenvolvimento de uma AEA que aborda uma situação concreta, sensível e que faz sentido para esses alunos. Realizada na forma de labor conjunto entre eles e os professores, o grupo produziu uma história relacionada à falta de uma rede coletora de esgoto no bairro e que foi materializada pelo grupo AC na produção de um cartaz para alertar as pessoas sobre os problemas da poluição dos rios e na animação da história com o uso do artefato tecnológico, o software *Scratch*. E foi durante a produção coletiva da obra comum (história e o cartaz), para atingir o objetivo da AEA, que novas subjetividades (processo de subjetivação) foram aparecendo durante a interação dos alunos e que evidenciaram mudanças em relação ao comportamento desses alunos, que inicialmente apresentaram atitudes individualistas.

Os indícios dessas mudanças sugerem que o uso da TO e dos demais artefatos digitais e culturais tecnológicos como o site e os vídeos produzidos pelo PP, contribuíram para desencadear os processos para a materialização dos saberes (processo de objetivação) relacionados à temática escolhida – o esgoto.

Quanto ao artefato digital Scratch, que os alunos não conheciam, também contribuiu para provocar mudanças no comportamento dos alunos do grupo AC. Portanto, o uso desses artefatos digitais, ao serem trabalhados na forma de labor conjunto e de acordo com o nível de dificuldades dos alunos, se mostraram úteis e auxiliaram de forma significativa para o processo de objetivação e subjetivação.

Tais resultados, embora tenham sido apenas relacionados às interações de um dos grupos, evidenciaram que a aprendizagem é um processo que envolve o encontro com os saberes manifestada na tomada de consciência dos alunos concretizada na produção da história, na confecção do cartaz e na animação da história (processo de objetivação) e a transformação dos alunos (processo de objetivação) e é essa a contribuição fundamental da TO, a de considerar a aprendizagem como um processo simultâneo de objetivação e subjetivação. As dificuldades de leitura e interpretação dos alunos, exigiriam e exigem outras tarefas com graus de dificuldades crescentes para que eles continuem no processo de atualização dos saberes sobre o esgoto e suas consequências, pois, de acordo com a TO, somos seres humanos inacabados em constante formação. E essa formação é diretamente influenciada pelos aspectos culturais e sociais e é mediada pela atividade humana, que na escola é o labor conjunto entre os alunos e o professor.

## AGRADECIMENTOS E APOIOS

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo apoio financeiro recebido.

s u m á r i o



## REFERÊNCIAS

CAMPO GRANDE. Secretaria Municipal de Educação. Superintendência de Políticas Educacionais. Núcleo do Ensino Fundamental do 1º ao 5º Ano. **Orientações Curriculares: ensino fundamental do 1º ao 5º**. Campo Grande - MS: SEMED, 2016.

D'AMORE, Bruno; RADFORD, Luis. **Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: problemas semióticos, epistemológicos y prácticos**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgoto doméstico**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MONTEIRO, Marcos Oliveira. **O Processo de Objetivação e Subjetivação dos Saberes sobre o Esgoto Urbano nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: Uma Experiência com o Software Scratch**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2020.

MONTEIRO, Marcos Oliveira; GOBARA, Shirley. Takeco. O ensino de Ciências nas séries iniciais: uma experiência com o software Scratch. 2019. Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências-ENPEC. **Anais...** Rio Grande do Norte, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 12, 2019.

MORETTI, Vanessa Dias; PANOSSIAN, Maria Lúcia; RADFORD, Luis. Entrevista Luis Radford: Questões em torno da Teoria da Objetivação. **Revista Obutchénie**: R. de Didat. e Psic. Pedag. Uberlândia, MG, v. 2, n. 1, p. 230-251, jan/abr. 2018.

PLAÇA, Jaqueline Santos Vargas; GOBARA, Shirley Takeco. O uso de um dispositivo de análise fundamentado nos pressupostos da Teoria da Objetivação. Seminário Interdisciplinar: Teoria da Objetivação, Fundamentos e Aplicações para o Ensino de Ciências e Matemática. **Anais...** Campo Grande/MS: UFMS, 2019.

QUEIROZ, Inti; ZANELATO, Juliana; OLIVEIRA, Katiene. Análise da conversação em uma entrevista: interação entre falantes. **Anagrama**, v. 1, n. 3, p. 1-13, 2008.

RADFORD, Luis. Elementos de una teoría cultural de la objetivación. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, n. Esp, p. 103-129, 2006.



RADFORD, Luis. De la teoría de la objetivación. **Revista Latinoamericana de Etnomatemática**, San Ruan de Pasto, CO, v. 7, n. 2, p.132-150, fev. 2014.

RADFORD, Luis. Methodological aspects of the theory of objectification. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 18, p. 547-567, 2015.

RADFORD, Luis. Algunos desafíos encontrados en la elaboración de la Teoría de la Objetivación. **Revista da Universidad de Granada**, PNA, v. 12, n. 2, p. 61-80, 2018.

RADFORD, Luis. Le concept de travail conjoint dans la théorie de l'objectivation. À paraître dans Cahier du Laboratoire de Didactique André Revuz, Paris: IREM de Paris. 2020.

SABESP-Companhia, de Saneamento Básico do. Estado de São Paulo. **Coleta de esgoto**, 2015. Disponível em < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=50> >. Acesso em: 24 ago. 2019.

XIMENES, Flora Auxiliadora; GOBARA, Shirley Takeco. Piracema: subsídios para a formação continuada de professores de Ciências. **Tecné Episteme y Didaxis: TED**, 2018. Disponível em: <<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8778/6603>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

sumário





Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos

Fernanda Zandonadi Ramos

Vera de Mattos Machado

# **A MOBILIZAÇÃO DE FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES EM SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE O CICLO DA ÁGUA**

DOI: 10.31560/pimentacultural/2023.96238.8

## INTRODUÇÃO

Com base em uma perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano, a partir da teoria de Vigotski (2009), destacamos que as Funções Psicológicas Superiores (FPS) como, por exemplo, linguagem, pensamento, percepção, abstração, memória mediada, atenção voluntária e a imaginação, são processos psicológicos tipicamente humanos que surgem socialmente de forma dialética pela apropriação, (re)elaboração e uso dos instrumentos e signos presentes na cultura.

Instrumentos e signos são recursos que podem guiar a ação do sujeito, possibilitando orientação, controle e possíveis transformações no ambiente físico e social em que a pessoa está inserida, assim como em sua própria ação. Nesse sentido, concordando com Silva (2013 p. 12), consideramos que os instrumentos e signos “[...] são mediadores da atividade prática e da atividade psicológica do indivíduo humano, havendo uma ligação real entre eles tanto na história da evolução da espécie humana quanto no desenvolvimento de cada indivíduo”.

Mais especificamente, para Fontana e Cruz (1997, p. 59), “[...] tudo o que é utilizado pelo homem para representar, evocar ou tornar presente o que está ausente constitui um signo: a palavra, o desenho, os símbolos.”. Nesse sentido, ressaltamos a importância dos signos no desenvolvimento das FPS, pois por meio deles que as funções elementares são transformadas em FPS, isso quando são incorporados à ação prática do sujeito como orientadores de suas atividades instrumentais.

Nessa perspectiva, dando ênfase à palavra como signo e atribuindo-lhe a função mediadora, destacamos que o processo de mediação, possibilitado pela linguagem, é o responsável pelo desenvolvimento das FPS. Conforme os significados das palavras são internalizados pelas vias da mediação, as FPS se elevam. Nesse contexto, a interação social é um fator decisivo para a evolução da cognição do

ser humano, pois o desenvolvimento das FPS depende do “[...] acesso e da utilização dos recursos mediacionais culturalmente desenvolvidos” (FONTANA, 1996, p. 18). Desse modo, quanto mais ricas são as situações de interação social vivenciadas por uma pessoa, mais significativo será o desenvolvimento psicológico.

Tendo em vista o papel das interações sociais na formação da cognição humana, a escola pode ser considerada um espaço privilegiado para o desenvolvimento de FPS (FONTANA, 1996), pois é um ambiente pautado na mediação e no compartilhamento de significados. A intencionalidade pedagógica, direcionada para a aquisição de conceitos científicos, coloca em movimento processos psicológicos complexos, diferentes dos que são vivenciados no cotidiano, favorecendo, assim, o desenvolvimento de formas cada vez mais elaboradas de atenção, memória, abstração, síntese, comparação, dentre outras funções.

Entretanto, nem todas as situações de aprendizagem propiciam as melhores condições para o desenvolvimento das FPS (MARTINS, 2011). Conforme Vygotsky (1996), essas funções só se desenvolvem no exercício de atividades que as promovam e as requeiram. Assim, torna-se necessário refletir sobre a qualidade dos instrumentos de mediação propiciados nos processos de ensino e aprendizagem.

Nesse contexto, consideramos que o Ensino por Investigação (EI) pode ser uma estratégia pedagógica significativa para promover a mobilização de FPS, visto que essa perspectiva de ensino favorece interações sociais, nas quais os alunos têm participação ativa no processo de ensino e aprendizagem. Para Sasseron (2015), o EI é caracterizado como uma abordagem didática desenvolvida pelo professor que pode estar relacionada a qualquer conteúdo do ensino. Nessa abordagem, o professor coloca em prática habilidades que possibilitam a construção de conhecimentos por meio da resolução de problemas.

Conforme Carvalho (2018), no EI não se avalia apenas a aprendizagem do conteúdo, mas também se os estudantes conseguem falar, argumentar, ler e escrever sobre os conhecimentos ministrados. Por essas características, o EI é uma abordagem que pode proporcionar aprendizagens que englobam aspectos conceituais, epistêmicos e sociais da Ciência (FRANCO; MUNFORD; 2020). Esse processo, quando mediado adequadamente pelo professor, favorece posturas mais ativas e maiores exigências à atividade intelectual dos estudantes, requisitando a mobilização de formas cada vez mais complexas de FPS.

Com suporte nesses fundamentos, elaboramos uma Sequência Didática com Atividades Investigativas (SDAI), fundamentada no EI e na Teoria Histórico-Cultural, para trabalhar conceitos sobre o Ciclo da Água com alunos de uma turma do 4º ano do Ensino Fundamental (EF) de uma escola pública municipal de Campo Grande, Mato Grosso do Sul (MS). Durante a SDAI, buscamos identificar possíveis indícios de mobilização de FPS e evidenciar as potencialidades de abordagens investigativas no Ensino de Ciências.

## CONTRIBUIÇÕES DO EI NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

A inserção de atividades de investigação na educação científica foi proposta pelo filósofo americano John Dewey no início do século XX. Desde então, essa perspectiva passou por várias modificações em diferentes momentos históricos (ANDRADE, 2011; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Atualmente, o EI preconiza, especialmente, aproximações entre a prática dos cientistas e o contexto da Educação Básica por meio de discussões sobre “[...] a natureza da Ciência e da apropriação de relações entre a Ciência e a sociedade no ensino de Ciências” (ANDRADE, 2011, p. 122).

Para Sasseron (2015, 2018), o EI é uma abordagem didática visto que não está associado a estratégias específicas, “[...] mas às ações e às práticas realizadas pelo professor quando da proposição dessas estratégias e tarefas aos estudantes” (SASSERON, 2018, p. 1068). Além disso, conforme a mesma autora, o EI pode ser colocado em prática nas mais distintas aulas, de diversas formas e para diferentes conteúdos (SASSERON, 2015).

Não há consenso a respeito das atividades que caracterizam o EI, embora muitas pesquisas mencionem que abordagens investigativas devam apresentar um problema a ser investigado, a elaboração de hipóteses pelos alunos, a análise de evidências, a conclusão e a divulgação dos resultados obtidos (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Existem múltiplas formas de implementar atividades investigativas em sala de aula (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), e diferentes pesquisadores concordam que o EI pode trazer inúmeras contribuições à aprendizagem dos alunos, tais como: a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2008; SASSERON, 2015, 2018; BRITO; FIREMAN, 2016), a inserção dos alunos em práticas que se aproximam da cultura científica (SASSERON, 2015), a participação ativa dos estudantes no processo de construção de conhecimentos (AZEVEDO, 2016; SASSERON, 2018), apresentação de novas culturas e aprendizagens para a mudança social (SASSERON, 2018), a argumentação (SASSERON, 2015; SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017) e o desenvolvimento de habilidades cognitivas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2015).

Além disso, o EI pode representar uma maneira de trazer para a escola características das práticas dos cientistas, conforme apontam Munford e Lima (2007). As autoras indicam que essa característica pode minimizar o distanciamento entre a Ciência ensinada nas escolas (que, em muitos casos, é apresentada de forma descontextualizada e como conceitos prontos) e a Ciência praticada nas universidades, em laboratórios e em outras instituições de pesquisa.

Na mesma direção, Batista e Silva (2018) afirmam que o exercício de atividades típicas do fazer científico fazem com que o EI seja uma estratégia em que os professores deixam de apresentar conhecimentos prontos e tornam os alunos mais ativos e menos receptores de informações. Nesse caso, Azevedo (2016) destaca que o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas e passa a ter grande influência sobre elas, participando da construção do próprio conhecimento.

Pelo fato de promover aprendizagens para além dos aspectos conceituais, o EI também é apontado como uma abordagem potencial para promover o equilíbrio e a articulação entre os *domínios conceituais, epistêmicos e sociais* do conhecimento científico (DUSCHL, 2008; FRANCO; MUNFORD; 2020). Esclarecemos, com base em Duschl (2008), que o domínio conceitual está relacionado às estruturas conceituais, ou seja, ao conteúdo científico. Já o domínio epistêmico compreende as estruturas de geração e avaliação do conhecimento científico, como a coleta de dados, o uso de evidências, princípios e teorias, interpretação de dados e explicações sobre fenômenos. O domínio social, por fim, corresponde à compreensão dos processos e contextos envolvidos na comunicação, representação, argumentação e debate do conhecimento científico.

Embora os conteúdos conceituais sejam o fundamento do ensino de Ciências, mesmo em perspectivas de ensino consideradas inovadoras (FRANCO; MUNFORD, 2020), o equilíbrio entre a aprendizagem de aspectos conceituais, epistêmicos e sociais do conhecimento científico é importante para que os alunos construam uma visão mais complexa da Ciência. Além disso, essa articulação propicia posturas mais ativas dos estudantes, conferência de maior liberdade intelectual e desenvolvimento do raciocínio científico (SASSERON, 2018; FRANCO; MUNFORD, 2020).

De modo geral, o EI permite aproximações entre a cultura científica e a cultura escolar. Essas aproximações são facilitadas pela

## sumário



ênfase no trabalho coletivo, conferência de liberdade intelectual aos alunos, incentivo à comunicação de ideias e articulações entre saberes da Ciência e sobre Ciência. Tais atividades podem elevar a complexidade das operações intelectuais, permitindo a mobilização de formas mais elaboradas de FPS.

A seguir, apresentamos os aspectos metodológicos constituintes deste estudo.

## A METODOLOGIA DA PESQUISA

A SDAI foi desenvolvida no laboratório de Ciências, durante 2 horas/aula, com alunos de 4º ano do EF de uma escola pública municipal localizada em Campo Grande, MS. E teve o objetivo de promover o reconhecimento de algumas etapas do Ciclo da Água (evaporação, condensação, precipitação, infiltração) em um terrário.

Conforme Zabala (1998, p. 18), as Sequências Didáticas (SD) são um “[...] conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Para o autor, as SD também são instrumentos que permitem incluir as três fases de toda intervenção pedagógica: o planejamento, a aplicação e a avaliação. Dessa forma, elas ajudam a indicar a função que cada atividade tem na construção do conhecimento/conteúdo, bem como avaliar os resultados de cada uma delas no processo de ensino e aprendizagem.

Para elaborar a SDAI, também nos fundamentamos nos aspectos didáticos defendidos por Pedaste *et al.* (2015), que apresentam elementos fundamentais para a estruturação de atividades investigativas, manifestados por cinco fases gerais, que constituem um *ciclo investigativo*.



A primeira fase do ciclo investigativo é chamada *orientação* e nela o professor estimula a curiosidade dos alunos sobre tema em estudo por meio de perguntas, exibição de imagens, vídeos, entre outros. Na segunda fase, chamada *conceitualização*, são formuladas questões e/ou hipóteses para estudo de temas científicos. Na terceira fase, denominada *investigação*, os estudantes planejam e executam ações para responder às perguntas ou testar as hipóteses. Após a investigação, temos a fase de *conclusão* em que são realizadas conclusões a partir dos dados e evidências obtidos.

Também temos a fase de *discussão* que, segundo Pedaste *et al.* (2015), pode estar presente em todas as fases. A discussão é o processo em que os alunos apresentam resultados de determinadas fases, ou de todo o ciclo investigativo, comunicando-se com os outros e/ou controlando todo o processo de aprendizagem ou suas fases a partir da realização de atividades reflexivas.

Vale esclarecer, conforme Pedaste *et al.* (2015), que todas as fases se conectam no ciclo investigativo, mas não há uma linearidade, embora geralmente se inicie com a fase de orientação. Considerando a complexidade da aprendizagem, pode ocorrer um ir e vir ao longo de todo o processo. Assim, há flexibilidade nos caminhos que podem ser percorridos com as fases de investigação conforme os contextos em que as atividades investigativas se inserem.

A seguir descrevemos, sucintamente, as atividades da SDAI sobre o ciclo da água.

## Descrição das atividades da SDAI sobre o ciclo da água

### *Fase de orientação*

Para engajar os estudantes no tema e explorar os conhecimentos científicos que possuíam sobre o ciclo da água, iniciamos uma conversa em que os alunos foram questionados sobre as etapas do ciclo da água. Em seguida, direcionamos a conversa para o que seria um terrário. Após uma exposição oral sobre o assunto, comunicamos aos estudantes que seria realizada uma experiência para investigar o que acontece com a água dentro de um terrário.

### *Fase de conceitualização*

Após a apresentação do que seria investigado, questionamos a turma sobre necessidade de manter os terrários abertos ou fechados e o porquê. Por meio de uma conversa, os alunos foram incentivados a elaborar hipóteses, com base em seus conhecimentos cotidianos, e expô-las oralmente para todos da turma. Eles também foram estimulados a discutir/analisar as hipóteses levantadas por outros colegas. Durante a discussão coletiva, iniciada pelo questionamento quanto à condição dos terrários, também propomos o seguinte problema: O que acontece com a água colocada dentro de um terrário? Novamente, os alunos foram incentivados a elaborar e expor oralmente suas hipóteses.

### *Fase de investigação*

Após a configuração de hipóteses sobre as condições dos terrários e o que poderia acontecer com a água no interior deles, organizamos os alunos em grupos e solicitamos que os membros de cada grupo discutissem, optando por construir terrários abertos ou fechados com base em suas hipóteses. A partir de conversas e demonstrações, orientamos os grupos a construir terrários feitos com garrafa pet, camadas

de cascalho/pedras, carvão e terra adubada. Sobre a terra, os alunos plantaram sementes de alpiste e as regaram com água. Durante a montagem, explicamos a função de cada componente de um terrário. Após a construção, os terrários foram guardados em local com luminosidade, sem que fossem adicionados novos componentes (nem mesmo água).

Na semana seguinte, os alunos observaram seus terrários e os de outros colegas. Nesse momento, estimulamos os grupos a interpretar as evidências de cada condição encontrada nos terrários abertos ou fechados construídos pela turma. Para auxiliar nessa tarefa, retomaram-se as principais hipóteses e o problema de investigação.

#### *Fase de conclusão*

Para concluir o ciclo de investigação, os alunos foram questionados sobre vários aspectos observados na experiência, entre eles: a origem da água presente nas paredes internas dos terrários fechados, o porquê da morte das plantas dos terrários abertos, a relação entre a luz do Sol e o Ciclo da Água, a quantidade de água presente nas duas condições de terrário. Conforme respondiam aos questionamentos, com base na observação dos próprios terrários, e dos demais colegas, os alunos comunicaram suas concepções sobre o que foi investigado. Para viabilizar a participação de todos os alunos, principalmente daqueles que preferiam não expressar suas ideias oralmente, foi entregue um questionário para os estudantes também escrevessem suas conclusões.

#### *Fase de discussão*

A discussão aconteceu em todas as etapas da SDAI, seja por meio da comunicação, nas fases de investigação e conclusão, seja pela reflexão, manifestada pelos questionamentos, nas fases de orientação, conceitualização e conclusão.

## Construção dos dados para a análise

Os registros escritos e as filmagens das interações verbais estabelecidas durante a SDAI foram a principal fonte de dados. Analisamos esses dados de forma qualitativa, visto que essa abordagem permite “[...] capturar os diferentes significados das experiências vividas no ambiente escolar de modo a auxiliar a compreensão das relações entre os indivíduos, seu contexto e suas ações” (ANDRÉ, 1983, p. 66).

Para interpretar os dados, adotamos a Análise Microgenética fundamentada na Teoria Histórico-Cultural do desenvolvimento humano. Para Góes (2000, p. 9), a Análise Microgenética “[...] requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos [...]”, o que resulta em um relato detalhado dos acontecimentos. Desse modo, esse tipo de análise se pauta na investigação de minúcias que dão indícios do processo de aprendizagem e desenvolvimento.

Os registros escritos, bem como os diálogos registrados pelas filmagens, foram transcritos. Como a Análise Microgenética gera uma grande quantidade de dados, recortamos as transcrições das filmagens em episódios e destacamos aqueles que apresentavam possíveis indícios de mobilização de FPS durante os momentos de interação. Os registros escritos endossaram as interpretações dos episódios.

Protegemos as identidades dos estudantes identificando-os por números. A seguir, apresentamos as discussões e análises dos indícios de FPS identificados.

## ANÁLISE DA MOBILIZAÇÃO DE FPS NA SDAI

Iniciamos a fase de *orientação* da SDAI investigando as concepções dos estudantes sobre as fases do Ciclo da Água, conforme o visualizado no Episódio 1 (Quadro 1).

Quadro 1 - Episódio 1 (Fase de orientação da SDAI)

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
1	Professora: <i>Turma, vamos lembrar o ciclo da água, vamos ver se vocês lembram (...). Qual é a primeira fase do ciclo da água, gente?</i>
2	Vários alunos: <i>Evaporação::!</i> ((alguns levantaram a mão, outros se levantaram dos bancos, respondendo em um tom de voz bastante alto))
3	Professora: <i>O que acontece na evaporação?</i>
4	Aluno 2: <i>A água vai para o céu.</i> ((levantando os braços simulando o movimento ascendente da água durante a evaporação))
7 5	Aluno 4: <i>A água vai para lá.</i> ((levantando os braços simulando o movimento ascendente da água durante a evaporação))
7 6	Professora: <i>Na evaporação a água líquida se transforma em quê?</i>
7 7	Aluno 11: <i>Nuvem? Chuva?</i>
7 8	Professora: <i>A água se transforma em gás, vira vapor e pode formar as...?</i>
7 9	Alguns alunos: <i>Nuvem!</i>
7 10	Professora: <i>E a segunda fase, onde acontece a formação das nuvens?</i>
7 11	Aluno 4: <i>Condensação!</i> ((respondendo imediatamente e apontando o dedo para cima))
8 12	Professora: <i>Muito bem, 'Aluno 4', condensação. E depois da condensação, o que acontece com a água?</i>
8 13	Aluno 21: <i>Precipitação, é?</i>
8 14	Professora: <i>Muito bem, 'Aluno 21'. E o que acontece na precipitação?</i>
8 15	Aluno 4: <i>Chove!</i> ((respondendo imediatamente, levantando a mão))
816	Professora: <i>E o que acontece quando chove? Qual é o nome da próxima fase?</i>
817	Aluno 4: <i>Infiltração.</i>
8 18	Professora: <i>E o que é a infiltração?</i>
19	Aluno 4: <i>A água entra dentro da terra.</i>
20	Aluno 21: <i>A água desce até o lençol 'freatico', freático!</i>
21	((Outros alunos tentam responder, realizando movimentos descendentes com as mãos para tentar simular a infiltração, mas suas vozes ficaram inaudíveis na videogravação))
22	Professora: <i>Isso, parte da água infiltra no solo e pode formar os lençóis freáticos se embaixo tiver algum espaço entre as rochas.</i>

Fonte: Autorial (2022).

No início da discussão, estimulamos a mobilização da *memória* dos alunos solicitando que rememorassem as fases do Ciclo da Água (turno 1). Durante o episódio, alguns alunos manifestam *interesse* e *ansiedade* em responder às questões, levantando as mãos, erguendo-se dos bancos ou elevando o tom de voz para conseguir atenção. O interesse, além de ser um sentimento intelectual, está diretamente relacionado à memória que, conforme Vigotski (2003), é trabalhada com maior eficiência quando é atraída e orientada pelo interesse. Os indícios de ansiedade, identificados nas reações de alguns alunos, também estavam relacionados ao interesse.

Além disso, constatamos a mobilização de operações racionais do *pensamento*, como a *análise* e a *sistematização*, quando orientamos a discussão sobre o Ciclo da Água a partir da distinção das principais etapas. Lembramos que a retomada de experiências anteriores, a análise e a discriminação de características também indicam a mobilização da *percepção*. Destaca-se, ainda, a constância da *atenção* de alguns alunos durante a interação discursiva. O Aluno 4, por exemplo, acompanhou o raciocínio da professora durante todo o episódio, conforme se verifica nos turnos 5, 11, 15, 17 e 19 (Quadro 1).

Os alunos também *empregaram termos científicos*, como “evaporação”, “condensação”, “precipitação”, “infiltração” e “lençol freático” (turnos 70, 79, 81, 85 e 88, respectivamente), dando indícios de que o processo de *generalização* de conceitos científicos está em desenvolvimento. Vale esclarecer que a generalização é uma operação racional do pensamento e se dá a partir da localização de um conceito “[...] em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais importantes e mais naturais entre os conceitos.” (VIGOTSKI, 2009, p. 292).

Em avaliação à fase de orientação, consideramos que investigação das concepções dos alunos permitiu o engajamento no tema, a retomada de ideias e a mobilização de FPS.

Após apresentar noções sobre o que é um terrário, comunicamos aos estudantes que seria realizada uma experiência para investigar o que acontece com a água dentro de um terrário, iniciando a fase de *conceitualização*. No Episódio 2 (Quadro 2), envolvemos a turma na delimitação das condições do experimento ao questionar se um terrário deve permanecer aberto ou fechado (turno 23).

**Quadro 2 - Episódio 2 (Fase de conceitualização da SDAI)**

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
23	Professora: (...) gente, uma pergunta importante: um terrário deve ficar aberto ou fechado? O que vocês acham?
24	((vários alunos respondem 'fechado' e poucos respondem 'aberto'))
25	Professora: 'Aluno 8' e 'Aluno 16' ((referindo-se aos alunos que responderam que um terrário deve permanecer aberto)), por que vocês acham que o terrário deve permanecer aberto?
26	((Alunos 8 e 16 expressam surpresa, mas não respondem à professora))
27	Professora: 'Aluno 18', pode falar sua opinião, pode falar bem alto. ((referindo-se a outro aluno que indicou que um terrário deve permanecer aberto))
28	Aluno 18: Se tiver um animal dentro, como ele vai respirar?
29	Professora: Olha só, o 'Aluno 18' falou uma coisa muito interessante, se tiver um animal lá dentro, como ele vai respirar? Num terrário fechado não haveria troca de ar o animal iria consumir todo oxigênio e só haveria CO <sub>2</sub> , que é o dióxido de carbono, e o animal acabaria morrendo, boa hipótese, 'Aluno 18'. Mas aqui a gente vai trabalhar só com plantas (...)
30	Aluno 4: Mas as plantas também não 'precisa' respirar?
31	Professora: Sim, a planta precisa de oxigênio para respirar também, mas na fotossíntese, quando produz seu próprio alimento, ela consome gás carbônico e também libera oxigênio. O mesmo oxigênio que ela usa para respirar (...)
32	Aluno 4: Ahhh... ((abre a boca e ergue as sobrancelhas, como se tivesse entendido))
33	Professora: 'Aluno 11', você falou que os terrários devem ficar fechados... por quê?
34	Aluno 11: Se tiver alguma minhoca, elas podem escapar.
35	Aluno 18: Mas elas podem morrer então sem ar.
36	Aluno 18: Ah... então... sei lá... ((aparentemente, o argumento do Aluno 18 deixou o Aluno 11 em dúvida))
27	Professora: Mas vamos pensar na água... Pensando no ciclo da água... em observar o ciclo da água... como esse terrário deve ficar, aberto ou fechado? ((vários alunos levantam a mão demonstrando interesse em responder))

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
38	Aluno 11: <i>Tem que ficar aberto ((outros alunos concordam com o aluno, balançando a cabeça))</i>
39	Professora: <i>'Aluno 11', por que você acha que deve ficar aberto?</i>
40	Aluno 11: <i>O ciclo da água, tipo, ela tem que evaporar.</i>
41	Professora: <i>Certo... então a gente tem que pensar o que acontece com a água de um terrário dependendo da condição, se tiver aberto ou fechado.</i>
42	Aluno 18: <i>Se ficasse aberto iria sair tudo a água.</i>
43	Professora: <i>É uma hipótese interessante... Mais alguém? ((os alunos não se manifestam))</i>

Fonte: Autorial, 2022.

No episódio (Quadro 2) percebe-se um movimento interessante de *comunicação de ideias*, em que alguns estudantes expõem *argumentos* para defender suas posições. Nos turnos 28 e 30, os Alunos 18 e 4, respectivamente, levantam perguntas relacionadas à manutenção dos terrários. Nesse processo, eles mobilizaram suas *experiências anteriores* para *imaginar* uma situação que poderia ocorrer caso animais ou plantas fossem mantidos em terrários fechados. Ambos partiram da concepção de que os seres vivos precisam de oxigênio, e esse dado foi determinante para a *percepção* da situação proposta. Ressalta-se que quanto mais conhecimentos um indivíduo possui melhor será a percepção sobre os fenômenos e mais coerente será a imaginação (LURIA, 1991; IGNATIEV, 1978).

Também verificamos outros movimentos da *linguagem científica* no episódio, manifestando indícios de práticas do domínio social do conhecimento (DUSCHL, 2008). Nos turnos 26, 27, 28, 29 e 30 há *negociação de explicações*<sup>107</sup> entre os alunos e a professora. No turno 35, o Aluno 18 *critica a ideia*<sup>108</sup> do Aluno 11 (turno 34), realizando uma *previsão* do que poderia acontecer com as minhocas caso o terrário permanecesse fechado. A manifestação do Aluno 18 acabou deixando o Aluno 11 em dúvida, conforme evidenciamos em sua resposta (turno 36).

107 A negociação de explicações faz parte da instância social de comunicação da Ciência e se evidencia quando os estudantes negociam uma explicação, entre eles ou com o professor, para chegar a um consenso (MOTTA; MEDEIROS; MOTOKANE, 2018).

108 A prática de criticar outras declarações faz parte da instância social de avaliação do conhecimento e se manifesta quando um aluno apresenta críticas a ideias de outros colegas (MOTTA; MEDEIROS; MOTOKANE, 2018).



Durante o Episódio 2, os estudantes tiveram oportunidades de configurar hipóteses para as questões levantadas, mobilizando o *pensamento* e a *linguagem* (ao pensar sobre o seu próprio modo de utilizar as palavras), a *memória* e a *percepção* (ao empregar experiências anteriores para explicar e perceber a situação proposta), a *imaginação* (ao prever os resultados de um problema), a *atenção* (ao se concentrar em dar resposta a uma solicitação), entre outras.

Logo após as discussões sistematizadas no Episódio 2 (Quadro 2), iniciamos a fase de *investigação*. Para isso, organizamos os alunos em grupos e orientamos a construção de terrários, que foram mantidos abertos ou fechados, conforme a escolha de cada grupo. Durante a construção dos terrários os alunos ficaram bastante *empolgados* e todos queriam manipular os materiais. Depois de construídos, os terrários foram deixados em local com luminosidade sem que fossem adicionados novos componentes. Uma semana depois, a turma retornou ao laboratório para *observar* a experiência. Nesse momento, direcionamos a *atenção* dos alunos para as principais evidências do Ciclo da Água, especialmente nos terrários fechados, conforme o Episódio 3 (Quadro 3).

**Quadro 3 - Episódio 3 (Fases de investigação e conclusão da SDAI)**

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
44	Professora: <i>Pessoal, na semana passada nós construímos um terrário para acompanhar o quê?</i>
45	Aluno 21: <i>Ciclo da água!</i>
46	Professora: <i>Eu dei a opção e vocês escolheram deixar os terrários abertos ou fechados. Eu lembro que o 'Aluno 11' (...) falou que o terrário tem que ficar aberto pra água evaporar e o 'Aluno 18' falou que se tivesse aberto a água iria evaporar toda e não daria para ver o ciclo da água. Eu 'tô' com os terrários aqui, vou entregar, enquanto eu entrego vão observando os seus terrários e os de outros grupos.</i>
47	<i>((alunos ficam bastante agitados enquanto observam os terrários. Andam pelo laboratório para observar os terrários de outros grupos. Alguns sacodem os terrários e os aproximam dos olhos, outros tomam os terrários das mãos dos colegas para tocar e observar mais de perto))</i>

sumário

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
48	Professora: <i>Quarto ano, olhando aqui pra mim agora... Quarto ano... Chega! Cada um no seu lugar agora, cada um observando o seu terrário, chega de andar! (...)</i> Crianças, <i>vocês devem ter percebido que os terrários abertos estão diferentes dos terrários fechados. O que vocês observaram?</i> ((vários alunos levantam a mão))
49	Aluno 8: <i>Eu!</i> ((ergue-se do banco e levanta rapidamente a mão)). <i>Eu percebi que nos terrários fechados as plantas conseguiram crescer mais. Os abertos ficaram, eh:::, morreram.</i>
50	Professora: <i>Olha só, gente, o 'Aluno 8' falou assim que nos terrários abertos as plantas cresceram e nos fechados as plantas morreram. 'Aluno 17', pode falar.</i>
51	Aluno 17: <i>Eu também percebi que o fechado está com um monte de 'águinha' dentro e o fechado está com muito pouco</i> ((conforme o aluno fala, vai observando e mexendo no terrário))
52	Professora: <i>Humm, interessante. Agora sua vez, 'Aluno 27'.</i>
53	Aluno 27: <i>O fechado tem tipo... umas... gotinha</i> ((gesticulando)) <i>e o aberto ele ficou sem gotinha por causa do ar que bate na terra e vai</i> ((conforme o aluno fala, vai observando e mexendo no terrário))
54	Professora: <i>Olha só, o 'Aluno 17' e o 'Aluno 27' perceberam a água na garrafa do terrário fechado. E porque as plantas estão assim no terrário fechado?</i> ((referindo-se ao fato de as plantas estarem vivas))
55	Aluno 21: <i>Porque tem mais água?</i>
56	Professora: <i>Isso mesmo... Agora outra pergunta, o que aconteceu com a água do terrário aberto? Lembrando que vocês colocaram água semana passada e eu não acrescentei nenhuma água durante a semana...</i> ((Os Alunos 4, 8 e 21 erguem-se dos bancos e levantam a mão para ter oportunidade de responder))
57	Aluno 8: <i>Professora! Eu! Eu!</i>
58	Professora: <i>'Aluno 4', pode responder.</i>
59	Aluno 4: <i>Evaporou.</i>
60	Professora: <i>A água do terrário aberto evaporou e foi pra onde?</i>
61	Aluno 27: <i>Foi pro céu.</i>
62	Professora: <i>E 'Aluno 21' ((o referido aluno estava com o dedo levantado querendo falar)), e a água do terrário fechado?</i>
63	Aluno 21: <i>Evaporou e ficou nas paredes aqui, ficou tudo úmido</i> ((passando a mão e olhando para o terrário enquanto explicava))
64	Professora: <i>A água do terrário conseguiu escapar?</i>
65	Vários alunos: <i>Não!</i>

sumário

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
66	Professora: <i>O que foi acontecendo com a água do terrário aí dentro?</i>
67	Aluno 21: <i>Tentando se transformar em nuvem?</i>
68	Professora: <i>Olha só... Vocês colocaram a água no solo, e o que foi acontecendo com essa água?</i>
69	Aluno 6: <i>Nuvem!</i>
70	Aluno 21: <i>Evaporar!</i>
71	Professora: <i>Evaporar! ((apontando o dedo para o Aluno 21)) A evaporação aconteceu nos dois terrários, tanto no terrário aberto quanto no fechado, só que no terrário aberto a água escapou, já a água do terrário fechado ficou aí dentro e foi se acumulando nas paredes, num processo parecido com a formação das nuvens, qual o nome dessa fase?</i>
72	Aluno 21: <i>Condensação?</i>
73	Professora: <i>Condensação, muito bem 'Aluno 21'! E daí quando as paredes ficaram com muita água acumulada, o que aconteceu?</i>
74	Aluno 27: <i>Foi... foi... tipo chovendo.</i>
75	Professora: <i>Qual é o nome desse processo?</i>
76	Aluno 6: <i>Precipitação?</i>
77	Aluno 4: <i>Precipitação!</i>
78	Professora: <i>Muito bem, precipitação. Então foi acontecendo o ciclo da água aí dentro, no terrário aberto a água evaporou e foi embora e as plantinhas acabaram ficando sem água. (...). Já no terrário fechado a água evaporou, condensou nas paredes, que são essas gotinhas, eh:::, precipitou, infiltrou, evaporou... Fala, 'Aluno 27'.</i>
79	Aluno 27: <i>Eu ia falar que essa água não 'tá' aqui ((referindo-se ao terrário aberto)) porque como deixamos ali fora aí e 'tava' aberto e o sol foi sugando a água e as plantas foram ficando secas, sem nenhum pingo de água, já o fechado ficou, tipo... evaporando ((gesticulando simulando possível movimento ascendente da água)), e ficou pingando aqui no ambiente, formando tipo uma nuvem, daí foi chovendo e por isso as plantas ainda "está" aqui.</i>

Fonte: Autorial (2022).

No Episódio 3, a professora retomou as hipóteses (turno 46) e estimulou a mobilização da percepção dos estudantes ao estimular a comparação e a observação das características de cada terrário. Com esse auxílio, os alunos apresentaram alguns dados, como “[...] nos terrários fechados as plantas conseguiram crescer mais [...]” (turno 49),

“[...] o fechado está com um monte de ‘águinha’ [...]” (turno 51), e “O fechado tem tipo... umas... gotinha [...]” (turno 53), que, ao longo da discussão, constituíram-se em evidências do Ciclo da Água nos terrários fechados.

Fomentar a *descrição das características observadas* também foi importante para que os estudantes formulassem melhor o resultado de suas *percepções*. Os Alunos 17, 27 e 21 (turnos 51, 58 e 62, respectivamente), observaram e manipularam seus terrários enquanto respondiam à professora. Segundo Sokolov (1978, p. 170), a linguagem desempenha um papel fundamental na observação, que é uma característica fundamental da percepção, pois, ao descrever o que observar, o aluno “[...] não só se concentra nas partes ou propriedades isoladas dos objetos, mas também desenvolve uma atitude mais consciente sobre aquilo que precisa ser descrito [...]”.

Ainda no Episódio 3, verificamos que as interações discursivas, iniciadas para interpretar os dados, encaminharam-se para a *construção de respostas* ao problema (*fase de conclusão*), pois em vários turnos (53, 59, 61, 63, 67, 70, 72, 74, 76, 77, 78) os alunos *explicam* o que foi acontecendo com a água em cada terrário sob a mediação da professora. No turno 78, por exemplo, o Aluno 27 *constrói uma explicação*, usando alguns conceitos para interpretar os dados<sup>109</sup>. Por mais que sua linguagem ainda se apresente de forma informal, verifica-se que o aluno parte de alguns dados (terrário aberto sem água e com plantas mortas/ terrário fechado com água e com plantas vivas) e usa alguns conceitos relacionados ao Ciclo da Água (necessidade do Sol, evaporação, precipitação) para explicar como a evaporação da água nos dois ambientes impactou a sobrevivência das plantas. Nesse processo, evidencia-se a mobilização da *percepção* (quando o aluno

109 O uso de conceitos para interpretação dos dados faz parte da instância social de avaliação do conhecimento, e se manifesta quando os alunos “[...] quando os estudantes passam a empregar conceitos para dar sentido aos dados trabalhados anteriormente.” (MOTTA; MEDEIROS; MOTOKANE, 2018, p. 344).

estabeleceu relações entre a sobrevivência das plantas e a evaporação da água), de operações racionais, como a *análise* (quando considerou as particularidades de cada terrário) e a *síntese* (quando construiu uma resposta com base na experimentação), e da *imaginação* (quando descreveu como os fenômenos provavelmente aconteceram).

No Episódio 4 (Quadro 4), a professora continua fomentando a interpretação dos dados e a construção de explicações a partir da resposta do Aluno 27 (turno 78, Episódio 3, Quadro 3), direcionando a *atenção* da turma a outras variáveis da experiência, como o local em que os terrários foram deixados e a participação das plantas no Ciclo da Água.

**Quadro 4 - Episódio 4 (Fases de investigação e conclusão da SDAI)**

<b>Turnos</b>	<b>Enunciações (verbais e não verbais)</b>
80	Professora: <i>O 'Aluno 27' falou uma coisa interessante, sobre a questão do Sol, eu até iria perguntar mesmo... por que foi necessário deixar os terrários em um local iluminado?</i>
81	Aluno 9: <i>Pra evaporar?</i>
82	Professora: <i>O que o calor do sol faz com a água?</i>
83	Aluno 27 e Aluno 6: <i>Ele evapora.</i>
84	Professora: <i>E se eu deixasse os terrários em um local escuro?</i>
85	Aluno 6: <i>Não iria evaporar.</i>
86	Professora: <i>Se a gente deixasse os terrários em um local escuro a água iria demorar muito para evaporar, porque o Sol fornece a energia necessária para o ciclo da água acontecer (...), por isso os terrários foram deixados em local iluminado.</i>
87	Aluno 17: <i>Sem o sol as plantas também não crescem, é ele que dá...a... ((coloca a mão no rosto, como se quisesse se lembrar de algo)) como é o nome? É ele que dá força... o nome é... Foto:::síntese?</i>
88	Professora: <i>Muito bem, o 'Aluno 17' também lembrou que as plantas precisam da luz do Sol para produzir seu próprio alimento através da fotossíntese. Fala, 'Aluno 27'.</i>
89	Aluno 27: <i>Eu ia falar também que o negócio aberto ele vai evaporando porque tem tipo um... como é o nome do negócio... ((coloca as mãos no rosto))... que quando os... ((coloca a mão no rosto novamente))... não é... que, tipo, quando os caras sai do planeta e fica flutuando...</i>
90	Aluno 21: <i>Gravidade?</i>
91	Aluno 16: <i>Gravidade!</i>

sumário

Turnos	Enunciações (verbais e não verbais)
92	Aluno 27: <i>Isso... Daí é por isso que ela fica evaporando ((gesticulando simulando possível movimento ascendente da água)), porque ela tem tipo uma gravidade.</i>
93	Professora: <i>Sim, a gravidade tem a ver com o ciclo da água... E da onde vem essa água que está grudada nas paredes internas dos terrários fechados?</i>
94	Aluno 27: <i>Do solo!</i>
95	Aluno 4: <i>Da terra!</i>
96	Professora: <i>Do solo, que mais?</i>
97	Aluno 21: <i>Das plantas!</i>
98	Professora: <i>Das plantas! As transpiram e liberam água na forma de vapor... e em que local da planta ocorre a transpiração?</i>
99	Aluno 6 e Aluno 27: <i>Raízes!</i>
100	Aluno 4: <i>Não, não, das folhas! ((olhando para os Alunos 6 e 27))</i>
101	Professora: <i>Das folhas! As plantas transpiram principalmente pelas folhas... E a quantidade de água no terrário aberto permaneceu a mesma?</i>
102	Vários alunos: <i>Não!</i>
103	Professora: <i>Por quê?</i>
104	Aluno 21: <i>Evaporou!</i>
105	Aluno 27: <i>Evaporou tanto que a planta ficou seca.</i>
106	Professora: <i>E a água do terrário fechado? Permaneceu a mesma?</i>
107	Vários alunos: <i>Sim:::!</i>
108	Aluno 27: <i>Sim, aqui tá fechado... Evapora e chove, evapora e chove... ((gesticulando simulando possível movimento ascendente da água)).</i>
109	Professora: <i>Sim, no terrário fechado foi acontecendo o ciclo da água com aquelas etapas que estudamos, a evaporação, a condensação, a precipitação, a infiltração e tudo outra vez.</i>

Fonte: Autorial, 2022.

No episódio, os alunos *elaboraram respostas* baseadas em conhecimentos rememorados na fase de orientação, para responder aos questionamentos, mobilizando suas *memórias* e *percepções*, conforme se constata nos turnos 81, 83, 85, 87, 89, 92, 94, 95, 97, 99, 104, 105, 107 e 108. No que se refere a tais funções, destacam-se as falas dos Alunos 17 (turno 87) e 27 (turnos 89 e 92), que resgataram suas *experiências*

*anteriores* trazendo conceitos relacionados ao tema em estudo, como o de fotossíntese e o de gravidade. Pela movimentação corporal desses alunos, também ficou evidente a *concentração* para *lembrar* as palavras que gostariam de usar. Essa concentração do próprio pensamento consiste na mobilização da *atenção voluntária* (VIGOTSKI, 2003).

Também percebemos que os Alunos 21 e 16 (turnos 90 e 91) auxiliaram a resposta do Aluno 27 (turno 92), manifestando indícios da prática epistêmica de complementação de ideias<sup>110</sup>. No turno 100 o Aluno 4 também manifesta outra prática epistêmica do domínio social, criticando as falas dos Alunos 6 e 27 (turno 99). Nesse contexto, ressaltamos a importância dos momentos de construção coletiva de ideias. As tentativas de fomentar um ambiente interativo são importantes para o desenvolvimento cognitivo, pois todas as FPS despontam, inicialmente, no plano social (VIGOTSKI, 2007), e para aproximar os estudantes das práticas da comunidade científica (FRANCO, 2021).

Ao final da SDAI solicitamos aos alunos que escrevessem suas explicações para o problema, identificando as etapas do Ciclo da Água que puderam ser evidenciadas nos terrários. Essa atividade foi importante para avaliar as ideias dos alunos, principalmente daqueles que preferiram não se expressar verbalmente durante a SDAI. As respostas dos alunos estão sistematizadas no Quadro 5.

110 A complementação de ideias faz parte da instância social de avaliação do conhecimento e se manifesta "quando o aluno complementa algo dito pelo professor ou outro colega." (MOTTA; MEDEIROS; MOTOKANE, 2018, p. 345).

**Quadro 5 - Respostas dos estudantes à questão “Quais etapas do ciclo da água podemos observar nos terrários?” (Fase de conclusão da SDAI)**

Aluno 1	Evaporação.
Aluno 2	Evaporação, transpiração e precipitação.
Aluno 3	Evaporação “condesação” etc.
Aluno 4	Evaporação, precipitação, transpiração.
Aluno 5	Evaporação e transpiração.
Aluno 6	“Evoporasão” ... ((restante da frase ficou ilegível))
Aluno 7	Evaporação, transpiração.
Aluno 8	Que a garrafa fechada não conseguiu sol a garrafa aberta a água foi subindo.
Aluno 9	“Etaporasão” “contesão”.
Aluno 10	Evaporação e transpiração.
Aluno 11	Evaporação, “condenssação” e transpiração.
Aluno 12	“Evaporosão”, “tranpirasão”, “vipirração”.
Aluno 16	Evaporação, “condeçação” e etc.
Aluno 17	Transpiração, evaporação, condensação e etc.
Aluno 21	Transpiração, evaporação, condensação, precipitação, infiltração.
Aluno 22	Ficou com “rais” e “fico” saldável.
Aluno 23	Muita “poca” água.
Aluno 24	Que a água quando estava fechada a água ficou na parede da garrafa e quando estava aberta a água evaporou.
Aluno 25	Precipitação e evaporação.
Aluno 26	Evaporação “trapiração” “ifintração”.
Aluno 27	Evaporação e chove e deixa seco.

Fonte: Autoral, 2022.

Em análise às respostas, observamos que a maioria dos alunos expôs ideias semelhantes às que foram apresentadas nos Episódios 3 (Quadro 3) e 4 (Quadro 4) e não apresentou dificuldades, exceto ortográficas, em mencionar as fases que puderam ser evidenciadas nos terrários. Vale mencionar que avaliamos, junto à turma, as respostas do questionário.



Lembramos que a fase de *discussão* permeou as demais fases. Nas fases de investigação e conclusão, os estudantes foram estimulados a *descrever*, *interpretar dados*, e *construir explicações*, evidenciando a subfase de comunicação. As respostas escritas também passaram por *avaliações* no final da fase de conclusão, configurando a subfase de reflexão.

Tendo em vista o objetivo da SDAI, consideramos, com base nos dados, que a maioria dos alunos conseguiu reconhecer algumas etapas do Ciclo da Água nos terrários. De modo geral, a SDAI também possibilitou a mobilização de FPS, conforme evidenciamos ao longo das análises. O Quadro 6 sintetiza as FPS mais evidentes em cada fase do ciclo investigativo.

Quadro 6 - Síntese das FPS identificadas na SDAI

<b>FASE DO CICLO INVESTIGATIVO</b>	<b>FPS EM MAIOR EVIDÊNCIA</b>	<b>INDÍCIOS</b>
<i>ORIENTAÇÃO</i>	Memória	Relembrar as fases do ciclo da água.
	Emoções	Manifestação de interesse e ansiedade em responder às perguntas da professora.
	Linguagem científica	Emprego de termos científicos.
	Percepção	Analisar e discriminar as características das fases do ciclo da água.
	Pensamento	Apresentar generalizações dos conceitos. Analisar e sistematizar as fases do ciclo da água.
<i>CONCEITUALIZAÇÃO</i>	Linguagem científica	Expor argumentos, negociar explicações, criticar ideias de outros colegas.
	Imaginação	Construir hipóteses. Levantar questões. Prever situações que poderiam ocorrer se o terrário se mantivesse fechado ou aberto.
	Memória	Utilizar conhecimentos já apropriados para levantar novas questões.
	Percepção	Empregar experiências anteriores.
	Atenção	Concentrar-se em atender às solicitações da professora.
	Pensamento	Organizar o pensamento verbalmente.

sumário

<i>INVESTIGAÇÃO</i>	Emoção	Manifestação de empolgação para participar da construção da experiência. Interesse em apresentar a descrição de suas observações.
	Percepção	Uso dos sentidos para perceber os materiais da experiência. Observar dados. Comparar as experiências.
	Atenção	Prestar atenção às orientações da professora.
	Pensamento	Estabelecer comparações entre os terrários, o que também exigiu um trabalho de análise e síntese.
	Linguagem científica	Descrição de características, comunicar os dados encontrados.
<i>CONCLUSÃO</i>	Pensamento	Realizar análise (ao considerar as particularidades de cada terrário) e síntese (ao construir respostas com base na experimentação). Apresentar generalizações, simples ou complexas, dos conceitos em estudo.
	Linguagem científica	Construção de explicações. Elaborar respostas para os questionamentos baseadas em conhecimentos já propiciados. Complementar ou criticar ideias de outros colegas.
	Emoções	Interesse em comunicar ideias.
	Imaginação	Descrever como os fenômenos aconteceram nos dois terrários.
	Percepção	Estabelecer relações entre a sobrevivência das plantas e a evaporação da água. Resgatar experiências anteriores para elaborar respostas.
	Memória	Elaborar respostas com base em conhecimentos já propiciados
	Atenção	Concentrar-se para buscar na memória palavras para construir respostas.
<i>DISCUSSÃO</i>	Linguagem científica	Comunicar ideias, construir explicações a partir de solicitações da professora e avaliar as próprias explicações.
	Percepção	Observar, descrever e interpretar dados experimentais.
	Pensamento	Elaborar conclusões (síntese). Avaliar as próprias explicações (análise).
	Emoções	Interesse em expressar ideias.

Fonte: Autoral, 2022.

Ao analisar o Quadro 6, percebe-se que a mobilização das FPS esteve relacionada a algumas práticas características do EI, como argumentação, levantamento de questões e hipóteses, análise e interpretação de dados, construção de explicações, entre outras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As situações de aprendizagem propiciadas no contexto escolar são importantes para o desenvolvimento cognitivo, visto que colocam em movimento processos psicológicos complexos, diferentes dos que são vivenciados no cotidiano. Nesse contexto, a mobilização da atividade intelectual, manifestada pelo uso de FPS, pode ser ainda mais significativa quando se favorece interações sociais, nas quais as manifestações interpessoais de FPS ocorrem.

Diante disso, elaboramos uma SDAI baseada no EI considerado uma abordagem didática que possibilita o trabalho coletivo, a conferência de liberdade intelectual aos alunos, a comunicação de ideias, a articulação entre saberes da Ciência e sobre Ciência e a alfabetização científica. As características inerentes ao EI podem elevar a complexidade das operações intelectuais exigidas na aprendizagem, favorecendo a mobilização de FPS.

Na análise da SDAI, encontramos indícios de mobilização de FPS em todas as fases do ciclo investigativo. Nesse processo também identificamos a mobilização de práticas dos domínios conceituais, epistêmicos e sociais da Ciência, como emprego de termos científicos, trabalho com dados, comunicação de ideias, negociação de explicações, complementação e crítica a concepções de outros colegas.

Desse modo, consideramos que a implementação de atividades investigativas, em contexto de sequências didáticas, pode potencializar

o processo de mobilização de FPS, favorecendo aprendizagens mais significativas e o desenvolvimento da cognição.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Guilherme Trópia Barreto. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 121-138, Jan./Abr. 2011. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/3fLRqjTGpX7TVDNfXvVMnrq/?lang=pt> >. Acesso em: 28 dez. 2019.

ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. Texto, contexto e significados: algumas questões na análise de dados qualitativos. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 45, p. 66-71, 1983. Disponível em: < <http://publicacoes.fcc.org.br/index.php/cp/article/view/1491> >. Acesso em: 15 dez. 2018.

AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2016. cap. 2, p. 19-33.

BATISTA, Renata da Fonseca Moraes; SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 97-110, 2018. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/ea/a/7ZbhwnLJDXrwrN7n98DBcLB/?lang=pt> >. Acesso em: 22 dez. 2019.

BRITO, Liliene Oliveira; FIREMAN, Elton Casado. Ensino de Ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 123-146, jan./abr. 2016. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/mhnc5kG5WVLGNZMsBwwVbBJ/?lang=pt> > Acesso em: 15 jan. 2018.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 03, p. 765-794, dez. 2018. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852> > Acesso em: 13 jan. 2020.

DUSCHL, Richard. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic and social goals. **Review of Research in Education**, Thousand Oaks, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008. Disponível em: < <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0091732X07309371?journalCode=rre> > Acesso em: 24 mai. 2021.

FRANCO, Luiz Gustavo. (Org.). **Ensinando Biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola**. São Paulo: Na Raiz, 2021.

FRANCO, Luiz Gustavo; MUNFORD, Danusa. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 20, p. 687-719, 2020. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/19262> > Acesso em: 28 fev. 2021.

FONTANA, Roseli Aparecida Cação. **Mediação pedagógica na sala de aula**. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 1996.

FONTANA, Roseli Aparecida Cação; CRUZ, Nazaré. **Psicologia e Trabalho Pedagógico**. São Paulo: Atual, 1997.

GÓES, Maria Cecília Rafael de. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos CEDES**, Campinas, n. 50, p. 21-29, 2000. Disponível em: < [http://www.paulorosa.docente.ufms.br/metodologia/Textos/Goes\\_Analise\\_microgenetica.pdf](http://www.paulorosa.docente.ufms.br/metodologia/Textos/Goes_Analise_microgenetica.pdf) > Acesso em: 16 jul. 2020.

IGNATIEV, Evgeny Ivanovich. La imaginación. In: SMIRNOV, Andrei Anatolyevich; LEONTIEV, Alexis Nikolaevich; RUBINSHTEIN, Sergei Leonidovich; TIEPLOV, Boris Mikhailovich. **Psicologia**. México: Grijalbo, p. 308-340, 1978.

LURIA, Alexander Romanovich. **Curso de psicologia geral**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991. 2 v.

MARTINS, Lígia Márcia. **O desenvolvimento do psiquismo e a educação escolar: contribuições à luz da psicologia histórico cultural e da pedagogia histórico-crítica**. 2011. 250 f. Tese (Concurso Público de Livre-Docente em Psicologia da Educação) – Departamento de Psicologia da Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2011.

MOTTA, Ana Elisa Montebelli; MEDEIROS, Michele Dayane Facioli; MOTOKANE, Marcelo Tadeu. Práticas e Movimentos Epistêmicos na Análise dos Resultados de uma Atividade Prática Experimental Investigativa. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 337-359, nov. 2018. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2018v11n2p337> > Acesso em: 15 jun. 2021.

## sumário



MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixêta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p.89-111, jan./jun. 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZfTN4WwscpKqwwZdxcsT84s/?lang=pt> > Acesso em: 02 jan. 2020.

PEDASTE, Margus; MÄEOTS, Mario; SIIMAN, Leo Aleksander; JONG, Tonde; VAN RIESEN, Siswa; KAMP, Ellen; MANOLI, Constantinos; ZACHARIA, Zacharias; TSOURLIDAKI, Eleftheria. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v.14, p.47-61, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068> > Acesso em: 28 fev. 2021.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ieneci/article/view/445/263> > Acesso em: 13 out. 2017.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?lang=pt&format=pdf> > Acesso em: 04 jan. 2020.

SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 18, p. 1061-1085, 2018. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833> > Acesso em: 04 mar. 2021.

SCARPA, Daniela Lopes; SASSERON, Lúcia Helena; SILVA, Maíra Batistoni. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n. 1, p.7-27, jan./jun. 2017. Disponível em: < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/view/230486> > Acesso em 10 jun. 2021.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda. A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências. *In*: GULLICH, R. I. C. (org.). **Didática das Ciências**. Curitiba: Prismas, 2013

## sumário



SOKOLOV, Eugene Nikolayevich. Las Sensaciones. *In*: SMIRNOV, Andrei Anatolyevich; LEONTIEV, Alexis Nikolaevich; RUBINSHTEIN, Sergei Leonidovich; TIEPLOV, Boris Mikhailovich. **Psicologia**. México: Grijalbo, p. 95-143, 1978.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **A Formação Social da Mente**. 7ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. 2ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

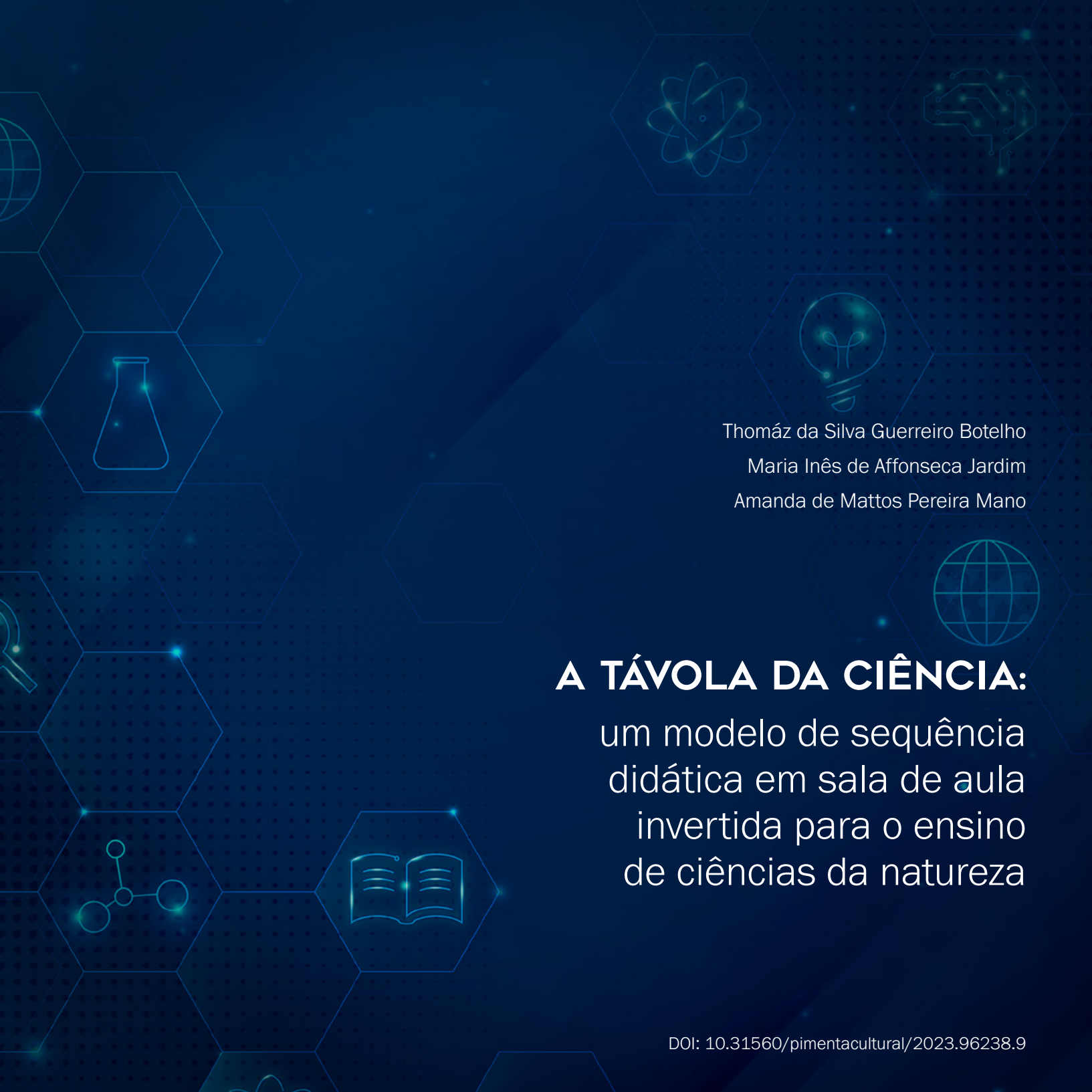
VIGOTSKI, Lev Semenovich. **Psicologia Pedagógica**. Edição Comentada. Porto Alegre: Artmed, 2003.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Obras escogidas**. v. 4. Madri: Visor, 1996.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set.-dez. 2011. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?lang=pt> > Acesso: 22 dez. 2019.

sumário





Thomáz da Silva Guerreiro Botelho  
Maria Inês de Affonseca Jardim  
Amanda de Mattos Pereira Mano

# **A TÁVOLA DA CIÊNCIA:** um modelo de sequência didática em sala de aula invertida para o ensino de ciências da natureza



## INTRODUÇÃO

A formação de estudantes para o senso crítico, a criatividade e a capacidade de resolução de problemas estão entre as maiores exigências no modelo de escola atual, sendo necessárias as adequações procedimentais ao longo do processo pedagógico, buscando-se acompanhar o desenvolvimento da tecnologia em seu aspecto cultural e social (TERUYA, 2006; DE SOUZA; DOURADO, 2015). Por essa perspectiva, cativar alunos da geração atual vai além do cumprimento dos conteúdos, afinal são esperadas estratégias inovadoras que tornem as aulas cada vez mais interativas (RODRIGUES; TELES, 2019). Sob essa ótica, vão sendo incorporadas às práticas pedagógicas as mais variadas técnicas, das quais podem ser fundamentadas em metodologias ativas, que propõem um ensino dinâmico e inovador, cabendo ao estudante uma postura autônoma e colaborativa (SOUZA *et al.*, 2020).

O uso das metodologias ativas mediadas pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) e a conexão com a internet permitem criar ambientes híbridos, favorecendo experiências que rompem os limites dos espaços físicos e virtuais destinados ao ensino. Dentre os métodos conhecidos, há a sala de aula invertida, um modelo pedagógico o qual objetiva oferecer uma educação personalizada, que gira em torno dos alunos e que propicia *feedbacks* individualizados (BERGMANN; SAMS, 2018). Os fundamentos desses modelos de aula apresentam técnicas concretas para a metodologia de ensino do professor (BACICH; MORAN, 2018), das quais são essenciais para se estabelecer a relação entre o currículo e a vivência dos estudantes (ALTRÃO; NEZ, 2016).

Ao mediar suas ações com metodologias ativas, os professores permitem aos alunos uma experimentação educacional única, que podem trazer consigo relatos das vivências e das experiências

s u m á r i o



dos alunos, propiciando processos alternados de ação-reflexão entre os envolvidos (FREIRE, 2006; GEMIGNANI, 2012). Essas estratégias didático-pedagógicas são diversificadas e contemplam ritmos diferenciados, podendo ser encontradas em sequências didáticas e em atividades sistematicamente organizadas, que auxiliam no domínio de leituras, escrita e oralidade (DOLZ *et al.*, 2004).

Além dos aspectos procedimentais, as sequências didáticas também oferecem materiais facilitadores para a ação docente, vinculando-se a objetivos de aprendizagem e momentos para sua intervenção (ZABALA, 1998). Logo, elas podem fornecer suporte para um ensino de ciências interativo, cuja complexidade para ser trabalhada exige dos educadores ferramentas didáticas e metodologias assertivas para o alcance de dialogicidade, por meio da ligação de diferentes saberes e das suas aplicações para o cotidiano do aluno (OLIVEIRA, 2018). Esse feito tem sido concretizado, por exemplo, no ensino dos conteúdos relacionados a Botânica e de Ficologia que são marcados por dificuldades na elaboração de aulas e exploração de conteúdos por parte dos professores (TRIVELATO, 2003; CECCANTINI, 2006; BARBOSA *et al.*, 2020; DA SILVA *et al.*, 2021).

Diante das possibilidades aqui apresentadas, considerando o desenvolvimento de conceitos que permitam reflexões, o presente capítulo tem como objetivo descrever e discutir, a partir de uma sequência didática em sala de aula invertida, as possibilidades advindas das metodologias ativas, das quais foram concretizadas em uma experiência educacional nas 1ª e 2ª Séries do Ensino Médio nas aulas de Ficologia e de Botânica. As percepções resultantes dos vínculos com os alunos e o professor podem oferecer subsídios para futuras adaptações nos demais conteúdos do componente curricular de Ciência da Natureza, sendo os discursos obtidos essenciais para compreender as construções ideológicas trazidas nas aulas (MILLAR; OSBORNE, 2000).

## sumário



Assim, apresenta-se, neste texto, as possibilidades da “Távola da Ciência”, uma alusão à reunião dos cavaleiros da Távola Redonda, que, segundo a lenda, teria sido criada naquele formato para que não houvesse cabeceira, representando a igualdade de todos os seus membros, inclusive o próprio Rei Arthur (GIOSA, 2014). Essa é uma narrativa que traz consigo um contexto propício para aulas dialogadas, das quais têm por finalidade estimular discussões entre os alunos a fim de motivá-los a questionar e a produzir conhecimento (LOPES, 2003; KRASILCHIK, 2005).

## METODOLOGIA

A proposta consiste em um modelo de aula invertida e tem como possibilidade a posição igualitária dos alunos, a fim de discutir os conteúdos de Biologia. Para tanto, foram selecionados para o modelo dessa ação os assuntos de Fisiologia e Botânica, trabalhados nas 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, as quais, ao longo dos anos, têm sido desenvolvidos, empiricamente, com muita dificuldade nessas turmas.

A proposta foi realizada em uma escola da rede privada de ensino, no município de Corumbá-MS, contemplando 31 alunos, 19 deles pertencentes a uma turma de 1ª série e, os outros 12, a uma turma de 2ª série do Ensino Médio. Por se tratar de uma sequência didática, a ação foi organizada em um conjunto de atividades que foram distribuídas em mais de um dia de aula. Sendo assim, foram propostos 4 dias para execução dessa sequência didática, divididos em 4 etapas: Etapa 1- Proposta da atividade para os alunos; Etapa 2 - Preparo de materiais e seleção de conteúdo; Etapa 3 - Apresentação do conteúdo (dia D); e Etapa 4 - Coleta de relatos anônimos e escritos em uma caixa de percepções, todas elas desenvolvidas com base nas fases de planejamento, aplicação e avaliação, bem como as intervenções a serem realizadas pelo docente (ZABALA, 1998).

Todas as etapas contemplaram os horários de aula e os espaços da escola destinados à aula da disciplina de Biologia e, adicionalmente, às salas de estudo da escola com cabine individualizada (Figura 1), que fazem parte da rotina dos alunos em um tempo extra, ou seja, os estudantes já estavam acostumados a ocupar esse espaço para realização de tarefas e para estudar antes das provas.

Ademais, os participantes tinham como possibilidade a comunicação assíncrona, além dos 4 dias disponibilizados, sendo possível a comunicação por meio de grupos de WhatsApp e do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) fornecida a partir do sistema educacional adotado pela escola. Essas medidas também foram aplicadas aos alunos que ficaram em casa por conta das condições impostas pela pandemia da COVID-19. Portanto, os estudantes tiveram que se organizar para aproveitar cada um desses espaços e horários disponíveis da melhor maneira possível, participando sincronicamente em videochamadas por meio do Google Meet.

**Figura 1 - Salas de estudo utilizadas para preparo de materiais e seleção de conteúdo a serem explanados pelos alunos**



Fonte: Fotografias do acervo pessoal dos autores, 2022.

O instrumento utilizado para levantamento da percepção dos alunos em relação à sequência didática foram os textos produzidos por eles mesmos, depositados na caixa de percepções (Figura 2), e um diário de bordo (GALIAZZI; LINDEMANN, 2003, contendo as anotações trazidas pelo professor, ao longo das 4 etapas de execução da atividade nas aulas de Biologia e nas salas de estudo da escola. Os resultados foram analisados com base na análise de conteúdo (BARDIN, 2016).

**Figura 2 - Caixa de percepções utilizada na coleta de relatos anônimos dos alunos**



Fonte: Fotografias do acervo pessoal dos autores, 2022.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Etapa 1

Nessa etapa, o professor de Biologia propôs um debate com os alunos sobre as razões da disposição dos cavaleiros da Távola Redonda na história do Rei Arthur, ressaltando a importância de cada membro nas decisões e em como esse processo se assemelha aos de ensino e aprendizagem. Por se tratar das orientações necessárias para modificações e preparo dos alunos em situações de comunicação, essa apresentação da proposta possui papel importante na sequência didática (DOLZ *et al.*, 2004). Logo, consideramos que essa etapa foi essencial para que os alunos reconhecessem a Távola da Ciência como um novo modelo de aula, já que este tipo de didática nunca tinha sido utilizado nas turmas selecionadas.

Desse modo, a primeira etapa permitiu que os alunos pudessem interagir com o professor, apresentando as suas concepções sobre a proposta da sequência didática e como esse tipo de organização implica à participação deles durante a aula. Além disso, houve mobilização entre os colegas da turma para que todos se permitissem experimentar essa nova forma de participar da aula.

Seguido das primeiras impressões registradas no diário de bordo, o professor propôs, na primeira etapa, a divisão da sala em dois grupos: um para conduzir as explicações dos conteúdos e o outro para ser a plateia, que deveria trazer questionamentos ao longo das apresentações. Essa dinâmica foi inspirada no que normalmente ocorre em mesas-redondas de congressos científicos. A escolha de participar em algum desses dois grupos foi feita pelos próprios alunos, cabendo a cada um deles trazer explicações e discussões, a partir de uma leitura prévia do capítulo e com a possibilidade de assistir vídeos na sala de estudo, caso julgassem necessário.

Para o grupo de alunos que conduziu as discussões, foi dada a oportunidade de trazer para aula alguns materiais audiovisuais, maquetes ou modelos didáticos que poderiam ilustrar a sua explanação, bem como curiosidades sobre o tema. Os alunos também assumiram um papel fictício de cientistas que representam um grupo de pesquisa, conforme ocorre em universidades. Na 1ª Série, o grupo de apresentadores foi nomeado como “Doutores em Ficologia” e na 2ª Série como “Doutores em Botânica”.

## Etapa 2

Os alunos selecionaram os conceitos e materiais para serem apresentados na Etapa 3, o “Dia D” da Távola da Ciência. Essas atividades foram realizadas na sala de estudos, para aqueles alunos que estavam presentes na escola, e em casa, para os alunos que, por decisão de seus pais, realizaram-nas fora do ambiente escolar. Com efeito, a supervisão dos alunos na escola ficou a cargo dos professores responsáveis pelas salas de estudo e, àqueles em domicílio, os próprios responsáveis supervisionaram-nos. O espaço para estudos também foi destinado para discussão de maneira assíncrona em grupos de WhatsApp e no AVA da escola.

Com a possibilidade de comunicação assíncrona, foi possível observar, com maior clareza, os primeiros passos para concretização da sala de aula invertida, cabendo aos alunos buscar os conteúdos e as instruções antes do comparecimento em aula. Essa situação favoreceu a culminância da sequência didática na 3ª etapa, destinada apenas para desenvolver os conteúdos já estudados com a resolução de problemas e de atividades práticas (VALENTE, 2014).

O WhatsApp se tornou o principal meio utilizado para comunicação com os alunos no 2º momento. Por isso, o AVA, fornecido pelo

sistema escolar, fora deixado de lado pelos alunos devido à necessidade de aprovação por parte dos coordenadores para o envio de comunicados. Aliás, a familiaridade e a rapidez no envio de mensagens foram grandes promotores para o uso do aplicativo, afinal essa ferramenta permite correções ágeis por meio de áudios e de mensagens instantâneas (DOS SANTOS *et al.*, 2016; BOUHNİK; DESHEN, 2014), além de ser vantajoso, uma vez que o AVA da escola tinha sua comunicação limitada a textos e a imagens apenas. Desse modo, o aplicativo permitiu o esclarecimento de perguntas mais otimizado, mostrando maior liberdade para comunicação com os alunos.

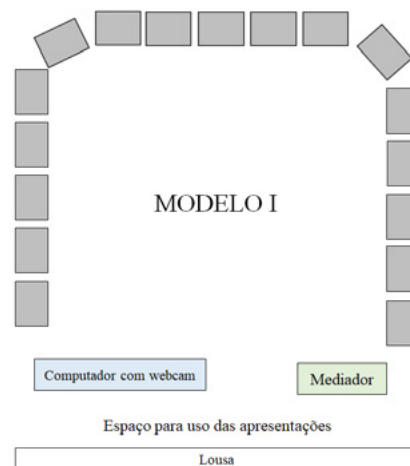
### Etapa 3

Após o preparo das apresentações e apontamentos da plateia no 2º momento, a Távola da Ciência contemplou a participação voluntária e ativa de mais da metade dos alunos no 3º momento, conhecido como “Dia D” da atividade. Na 1ª série, por exemplo, 10 dos 19 alunos optaram por participar prontamente da atividade, oito deles como apresentadores e dois membros da plateia, trazendo dúvidas e observações. Na 2ª série, por sua vez, oito dos 12 alunos participaram diretamente, sendo seis responsáveis pela explanação e dois levantando questionamentos. Os demais alunos optaram por participar desse momento apenas como ouvintes, tanto presencialmente quanto no Google Meet.

Durante o preparo da sala, houve a necessidade de dispor os elementos de uma tábua – carteira dos alunos, mesa do mediador, mesa do computador com webcam para videochamada e espaço para apresentações – em dois modelos, devido ao tamanho da sala. Uma sala ficou com carteiras em círculo e outra manteve-se enfileirada (Figuras 3 e 4). Essa disposição não interferiu no decorrer da atividade, uma vez que, em ambas, foi possível proporcionar um campo visual para o professor, ao se direcionar a *webcam* livremente durante as explicações, já que o número de alunos foi reduzido.

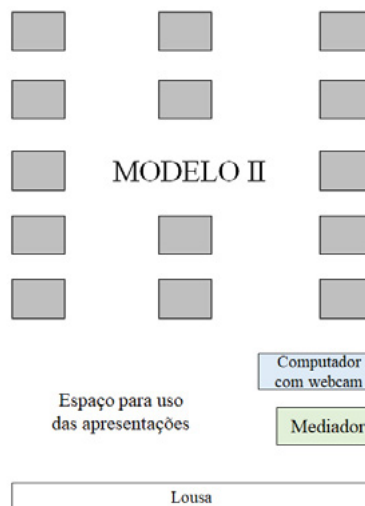


Figura 3 - Modelo utilizado para disposição de carteiras em uma sala de aula mais ampla e com maior número de alunos



Fonte: Desenho elaborado pelos autores, 2022.

Figura 4 - Modelo utilizado para disposição de carteiras em uma sala de aula com menor espaço disponível e número de alunos reduzido



Fonte: Desenho elaborado pelos autores, 2022.

Além disso, o professor colocou uma música ambiente em uma caixinha de som, a fim de “quebrar o gelo” antes das apresentações. As músicas também estavam relacionadas aos temas trabalhados. Desse modo, na 1ª Série, onde o assunto era sobre Ficologia, a música tocada foi “Spirogyra story”, de Jorge Ben Jor; já na 2ª Série, cujo assunto era Botânica, foi reproduzida a música “Primavera”, interpretada por Tim Maia e composta por Cassiano e Silvio Rochael.

Após a organização da sala de aula, o professor assumiu o papel de mediador, utilizando um microfone de computador desligado, apenas para simbolizar o apresentador de mesas redondas de congressos. O equipamento foi utilizado para anunciar as apresentações e os membros dos grupos de pesquisa “Doutores em Ficologia” e “Doutores em Angiospermas”. Além do mais, o professor deixou claro que se houvessem lacunas ou conceitos equivocados durante a apresentação, o mediador deveria realizar intervenções, ao passo que a plateia poderia fazer comentários durante as apresentações de cada membro do grupo, sempre respeitando o final da fala e erguendo-se a mão antes da interrupção.

Os grupos responsáveis pela explanação dividiram os assuntos a serem discutidos de acordo com os tópicos do livro, delegando com autonomia os responsáveis por cada um dos pontos relevantes para apresentação. Inclusive, eles fizeram ilustrações no quadro branco e levaram figuras nos celulares com exemplos de seus assuntos. Além da classificação, os apresentadores da 1ª Série elucidaram as aplicações do conhecimento da Ficologia, apontando o uso na culinária e em suas relações ecológicas com os demais seres vivos. No grupo de apresentadores de angiospermas, por sua vez, representado pela 2ª Série, foram explicadas além da morfologia das flores, a classificação das inflorescências, acompanhadas pela plateia no livro, destacando a importância das relações dessas estruturas com a polinização.

## sumário



Diante das situações vivenciadas no 3º momento, notou-se que os alunos tiveram a preocupação de relacionar àquilo que estudaram com situações mais próximas de seu cotidiano, fazendo sempre o uso da tecnologia para complementar suas apresentações. Essas circunstâncias mostram a importância e a necessidade de professores permitirem, em suas atividades, o uso dos recursos tecnológicos, direcionando suas potencialidades para um aprendizado reflexivo (PEREIRA; FREITAS, 2009).

Ainda se tratando das apresentações, notou-se que foram necessárias poucas intervenções, um sinal de que os alunos cumpriram com excelência a proposta da atividade, detalhando cada um dos assuntos trazidos pelo seu livro e complementando com exemplos além dos que estão no material didático. O professor apenas se atentou com alguns termos do assunto sobre algas e certas adaptações evolutivas relacionadas às estruturas da flor, bem como fornecer questões mais aprofundadas, mais voltadas a curiosidades, que não foram pontuadas no livro e nem na apresentação.

Os alunos que estavam de modo presencial colaboraram, inclusive, com a organização da sala, chamando atenção daqueles que conversavam durante a explanação. Portanto, não foram necessárias interrupções do professor no que se diz respeito à disciplina dos alunos na 3ª etapa. Ao que tudo indica, a orientação clara da ação e as relações harmoniosas com o professor evitaram o comportamento indisciplinado por parte dos alunos, que, por vezes, é reflexo da ausência desses dois aspectos (SILVA, 2006).

## sumário



## Etapa 4 e análise dos relatos obtidos

O diário de bordo e os relatos obtidos na caixa de percepções permitiram descrever pontos positivos e negativos nas etapas vivenciadas na presente investigação, sendo possível verificar a necessidade de adequações metodológicas, as inquietações dos alunos e as reflexões teóricas propiciadas pela análise de conteúdo.

Nos textos da caixa de percepções, os alunos se queixaram da disponibilidade de tempo na sala de estudos para a leitura e reprodução de vídeos, bem como no preparo e na discussão dos tópicos a serem discutidos em sala. O Aluno 2, por exemplo, relata: “Eu achei legal a atividade, só faltou tempo para o preparo, teve pouco tempo, mas no geral gostei” e, o Aluno 10, afirmou que o professor: “Poderia ter dado mais tempo para estudar para tábula [...]”. Para essa problemática, o Aluno 9 disse que: “[...] seria legal se o professor nos desse uma semana para estudar determinado capítulo na próxima aula [...]” e, o Aluno 18 traz uma observação: “[...] OBS: acho que ela deveria ser um pouco mais longa, para que todos possam opinar o tirar dúvidas.

Diante dessa situação, o professor registrou em seu diário de bordo que, nas próximas edições da Távola da Ciência, seriam necessários mais momentos além dos 4 dias obrigatórios. Houve, além disso, manifestações sobre a explicação trazida pelos colegas. O aluno 9, por exemplo, relata que dos pontos relevantes na ação “[...] Um negativo é que depender da pesquisa dos alunos muitas das vezes as explicações são incompletas ou incorretas”. Situação contemplada pelos alunos 8 e 14, que elogiaram a proposta da sequência didática, mas criticaram a postura e explanação dos colegas, alegando falta de comprometimento:

[...] a ideia de deixar os alunos explicarem o conteúdo seria muito interessante caso todos se dedicassem, fato que infelizmente não ocorreu na nossa sala. Tirando esse fato, a atividade é bastante dinâmica, faz os alunos estudarem e entenderem o conteúdo, além de aproximar os alunos. - Aluno 8

A parte negativa é: as pessoas não explicam direito é um pouco embolado e não dá para entender direito a dicção também prejudica também é legal para quem não estuda, a iniciativa é boa pois incentiva o aluno a estudar, não apenas para a prova mas para explicar as colegas - Aluno 14

Nesse sentido, o professor fez alguns apontamentos e inferências alegando que a explanação dos alunos teria sido comprometida pelo uso da máscara, pela insegurança na apresentação e pela afinidade com os colegas, podendo, inclusive, estar relacionado com as mudanças de postura, além da competitividade por parte dos alunos sobre os assuntos que foram gerados a partir de apresentações orais (KRASILCHIK, 2001). Ainda assim, a ambientação da sala de aula no presente modelo e o papel que o professor teve na condução da sequência didática levaram a relatos positivos:

É interessante porque trabalha a criatividade e a vergonha dos alunos para melhorar, eu acho que depois da "aula" do aluno, o professor reforça o conteúdo explicando -Aluno 19

É um meio didático excelente para discutir o entendimento sobre um assunto com todos os participantes da mesa redonda, como também para cessar desentendimentos com dúvidas que apareceram [...]. - Aluno 17

A partir desses apontamentos, o professor teve a oportunidade de refletir sobre a oportunidade de trabalhar questões socioemocionais com os alunos em atividades semelhantes, cabendo-o orientar os educandos a lidar com angústias, nervosismo e os temores gerados pelas avaliações, assim como alertar sobre os riscos do estresse (LUC-KESI, 1998). Aliás, a atividade despertou nos alunos o reconhecimento da atividade como uma experiência positiva para o meio acadêmico, onde o Aluno 19 relata que a atividade é "Uma ótima experiência para futuras discussões em aula ou no ensino superior."

No que se diz respeito ao método em si, dois relatos entre os alunos descreveram a experiência como algo diferente das aulas consideradas "normais". Desse modo, a partir das suas percepções,

nota-se que alguns estudantes apresentaram desconforto com o modelo de aula invertida, pois para eles os colegas ministrando a aula não traz segurança e comprometimento, a exemplo o que foi dito pelo Aluno 1: “[...] em alguns conteúdos eu prefiro aula normal e tem que ver, acompanhar certinho se a turma vai ter compromisso pois a aula praticamente vai ser feita por nós.”.

As percepções também demonstram comodismo e passividade por parte dos alunos 12 e 21, que optam por aulas tradicionais, conduzidas pelo próprio professor, e uma preferência por resolução de exercícios programados:

As távulas poderiam ser menos frequentes, pois não é todo assunto que pode ser explicado por um estudante diariamente. Assuntos complicados poderiam ser abordados pelo professor.  
- Aluno 21

Talvez seria melhor uma aula menor dinâmica. A minha ideia é dividir as duas aulas, uma com professor dando conteúdo e outra apenas com exercícios e perguntas sobre o conteúdo passado. - Aluno 12

Diante desses relatos, é possível constatar que os alunos entenderam que a atividade requer divisão de tarefas e responsabilização mútua para um bom segmento das ações. Porém, a divisão das responsabilidades na atividade não foi um empecilho para que os alunos demonstrassem, em seus relatos, as possibilidades geradas a partir da desse modelo de inversão da aula. trazendo resultados positivos que foram apontados a partir da explanação dos colegas e sobretudo, reconheceram que a estratégia auxilia na fixação do conteúdo e no trabalho em equipe.

[...] A Távola Redonda foi muito boa para fixar um conteúdo, tanto que me lembro de detalhes até hoje. Além disso, me ajudou a lutar contra minha timidez[...] - Aluno 21

[...] Achei que foi o método bastante didático para fazer com que os alunos aprendam, pois o do de ler e repassar (ensinar)

o conteúdo para os nossos colegas, nos fazem entender e fixar melhor o conteúdo. - Aluno 16

A tábula Redonda foi legal. Dando uma dinamicidade e interatividade a aula, também incentivando os alunos a fazerem sua própria pesquisa e melhorarem seu trabalho em equipe (Por ser um trabalho feito em grandes grupos). - Aluno 9

[...] em alguns casos acho legal, tipo quando tem que estudar sobre doenças, e fazemos trabalhos com cartolina e apresentamos [...]- Aluno 3

Essa situação serviu de motivação para repensar a importância do envolvimento dos alunos durante as aulas por meio de apresentações do tipo seminário, ocasião propícia para que o estudante aprimore sua autonomia e investigação (VEIGA, 2001). Afinal, ao elaborar as apresentações dos conteúdos propostos, os educandos têm a possibilidade de utilizar pesquisas e discussões científicas de uma forma socializada e com a orientação do professor (NÉRICI, 1992; VEIGA, 2001), perspectivas salientadas no relato do Aluno 15:

[...] um grupo explanou o conteúdo e o outro questionou. Na minha concepção, achei que todos se beneficiaram, devido ao fato de estar em contato com conteúdo da prova dentro do debate.

A mediação do professor e os recursos digitais foram facilitadores na comunicação e na compreensão de que os alunos devem ser protagonistas nos processos de ensino e aprendizagem, correspondendo com a busca por aprendizagens significativas (WEBB, 2005; PAVANELO; LIMA, 2017), conforme sugerido pelo Aluno 9 a “[...] possibilidade de usar slides seria legal” e pelo Aluno 11 em “[...] ter algumas perguntas programadas também ajuda.

Nesse contexto, o uso de metodologias ativas com integração das TDICs nas atividades curriculares desperta interesses para construção de conhecimento, sendo essas estratégias articuladoras para o ensino híbrido (VALENTE, 2018) e são capazes de fomentar experiências e desenvolvimento cognitivo no ensino de ciências (WEBB, 2005).

Após o término dos momentos destinados a essa sequência didática, o professor foi capaz de compreender um pouco mais da oralidade, criatividade, argumentação, pesquisa e participação de seus alunos, possibilitando-o identificar potenciais formas de avaliação dos estudantes em momentos futuros. Desse modo, essa nova forma de atuar reforça que a sala de aula invertida permite uma aprendizagem personalizada, otimizando a interação dos alunos, possibilitando intervenções pedagógicas e novas ações que contemplem os seus diferentes perfis (MORAN, 2015; BERGMANN; SAMS, 2018). Vale ressaltar que essas conclusões foram melhor orientadas devido à utilização do diário de bordo pelo professor, sendo essa uma ferramenta capaz de revelar situações de grande importância em sua docência e elaboração de estratégias metodológicas (ZABALZA, 1994; GALIAZZI; LINDEMANN, 2003).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias metodológicas adotadas na Távola da Ciência permitiram uma forma de concretizar o papel do professor como mediador, afinal a atividade garantiu, de uma maneira mais organizada, a possibilidade de comentários por parte dos alunos ao longo das apresentações, bem como as intervenções necessárias.

O intuito de estabelecer novas relações com a disciplina foi alcançado, a partir do momento em que o professor e os estudantes compreenderam que todos têm papel relevante para o entendimento dos conteúdos a serem trabalhados. Portanto, o modelo de sala de aula invertido poderá ser mais um espaço para a socialização e para o uso de ferramentas digitais, possibilitando atender as demandas do componente curricular de Ciências da Natureza.



## REFERÊNCIAS

ALTRÃO, Francielle. METODOLOGIA DE ENSINO: um re-pensar do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Panorâmica online**, Barra do Garças-Mato Grosso, v. 20, 2017.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Penso Editora, 2018.

BARBOSA, Maria da Conceição Pereira; SANTOS, SILVA, Josivan Washington dos, Silva, Flávia Carolina Lins da; GUILHERME, Betânia Cristina. O ensino de botânica por meio de sequência didática: uma experiência no ensino de ciências com aulas práticas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-Paraná, v. 6, n. 7, p. 45105-45122, 2020.

BARDLN, Lawrence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. **Sala de aula invertida**: Uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 114p.

BOUHNİK, Dan; DESHEN, Mor. WhatsApp goes to school: Mobile instant messaging between teachers and students. **Journal of Information Technology Education: Research**, Santa Rosa-California, v. 13, n. 1, p. 217-231, 2014.

CECCANTINI, Gregório. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo - São Paulo, v. 29, n. 2, p. 335-337, 2006.

DA SILVA, Laiza Cristina Ricatto.; COSTA, Adriano Goldner; ARAÚJO, Michell Pedruzzi Mendes; FERNANDES, Valéria Oliveira. Ensino de microalgas por meio de modelos didáticos: tornando o mundo microscópico visível e significativo. **Revista Educar Mais**, Pelotas-Rio Grande do Sul, v. 5, n. 2, p. 179-197, 2021.

DE SOUZA, Samir Cristino; DOURADO, Luís Gonzaga Pereira. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, Natal - Rio Grande do Norte, v. 5, p. 182-200, 2015.

DOLZ, Joaquim., NOVERRAZ, Michèle.; SCHNEUWLY, Bernard. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 95-128,

DOS SANTOS, Vera Lucia Pontes; PEREIRA, Jasete Maria Santos; MERCADO, Luís Paulo Leopoldo. Whatsapp: um viés online como estratégia didática na formação profissional de docentes. **ETD-Educação Temática Digital**, Campinas-São Paulo, v. 18, n. 1, p. 104-121, 2016.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 33.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GALIAZZI, Maria do Carmo; LINDEMANN, Renata Hernandez. O diário de estágio: da reflexão pela escrita para a aprendizagem sobre ser professor. **Olhar de Professor**, Ponta Grossa-Paraná, v. 6, n. 1, p. 135–150, 2003.

GEMIGNANI, Elizabeth Yu Me Yut. Formação de professores e metodologias ativas de ensino-aprendizagem: ensinar para a compreensão. **Fronteiras da Educação**, Dourados - Mato Grosso do Sul, v. 1, n. 2, 2013.

GIOSA, Elenice. Inter subjetividade, disciplinaridade e espiritualidade: um tripé na nossa busca pelo Graal. **Interdisciplinaridade e Espiritualidade na Educação**, São Paulo-São Paulo, v. 1, n. 4, p. 21-26, 2014.

KRASILCHIK, Myriam. As relações pessoais na escola. *In*: CASTRO, A. D. de; CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensinar a ensinar**: didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2005

LOPES, Antonia Osima. **Aula expositiva**: superando o tradicional. *In*: VEIGA, Ilma Passos Alencastro (org). **Técnicas de ensino**: por que não? Campinas: Papirus, 2003.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar**: estudos e proposições. Cortez editora, 2014.

MILLAR, Robin., LEACH, John.; OSBORNE, Jonathan. **Improving Science Education – The Contribution of Research**. Buckingham: Open University Press, 2000.

MORÁN, José. **Mudando a educação com metodologias ativas**. *In*: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (orgs.). **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015. – 180p

NÉRICI, Imídeo Giuseppe. **Metodologia do ensino**: uma introdução. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7. ed. Recife: Vozes, 2018.232 p.

PAVANELO, Elisângela; LIMA, Renan. Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. **Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro – São Paulo, v. 31, p. 739-759, 2017.

## sumário



PEREIRA, Bernadete Terezinha; FREITAS, Maria do Carmo. **O uso das tecnologias da informação e comunicação na prática pedagógica da escola**. Curitiba: Secretaria da Educação, 2010.

RODRIGUES, Tereza Cristina; TELES, Lucio França. O uso de mensagens eletrônicas instantâneas como recurso didático. **RBEP - Revista Brasileira de Estudos pedagógicos**. Brasília - Distrito Federal, v. 100, n. 254, p. 17-38, 2019.

SILVA, Maria Preciosa; NEVES, I. P. Compreender a (in) disciplina na sala de aula: uma análise das relações de controle e de poder. **Revista Portuguesa de Educação**, Brasília- Distrito Federal, v. 19, n. 1, p. 5-41, 2006.

SOUZA, Aliny Leda de Azevedo; VILAÇA, Argicely Leda de Azevedo; TEIXEIRA, Hebert José Balieiro. **Os benefícios da metodologia ativa de aprendizagem na educação**. In: COSTA, G. M. C. (Org.). *Metodologias ativas: métodos e práticas para o século XXI*. Goiânia: Editora IGM, 2020. 642 p.

TERUYA, Teresa Kazuko. **Trabalho e educação na era midiática**: um estudo sobre o mundo do trabalho na era da mídia e seus reflexos na educação. Maringá: Eduem, 2006.

TRIVELATO, Silvia Luzia Frateschi. **Um Programa de Ciências para Educação Continuada**. In: CARVALHO, A. M. P. (Coord.) *Formação Continuada de Professores: uma releitura das áreas de conteúdo*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003, 153 p.

VALENTE, José Armando. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**. Curitiba - Paraná, n. 4, p. 79 - 97, 2014.

VALENTE, José Armando. **A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado**: uma experiência com a graduação em midialogia. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, p. 26-44, 2018.

VEIGA, Ilma Passos Alencastro. **O seminário como técnica de ensino socializado**. In: VEIGA, I. P. A. (Org.) *Técnicas de Ensino: por que não?* 12.ed. Campinas, SP: Papirus, 2001.

WEBB, Mary E. Affordances das TIC na aprendizagem de ciências: implicações para uma pedagogia integrada. **Revista Internacional de Educação Científica**. v. 27, n. 6, pág. 705-735, 2005.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998

ZABALZA, Miguel Ángel. **Diários de aula**. Contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores. Porto: Porto Editora, 1994.

## SOBRE OS AUTORES E AUTORAS

### **Clair de Luma Capiberibe Nunes**

Bacharel em Comunicação Social: jornalismo. Licenciada em Física, tendo cursado as carteiras do bacharelado, mestre em Ensino de Ciências (Construção do Conhecimento), doutoranda em Ensino de Ciências (Construção do Conhecimento). Pesquisadora nos campos da História, Epistemologia e Sociologia das Ciências, Ensino de Ciências, Teoria da Relatividade, Space-Time Algebra e Álgebras de Clifford. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências; Linha de pesquisa: Construção do Conhecimento; Participa do Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Educação Científica e Tecnológica (GPEECT). Travesti, nome de registro civil: Ricardo Capiberibe Nunes.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/3152487475109767>

### **Wellington Pereira de Queirós**

Doutor em Educação para Ciência (Ensino de Física) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP-Bauru) com estágio sanduíche no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Licenciado, bacharel e Mestre em Física. Atua como Professor Adjunto 3 do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, também atua como docente e orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Suas principais linhas de pesquisa são: Formação de Professores, História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação Científica e Tecnológica; Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) na Educação em Ciência e Tecnologia. Coordena o Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Educação Científica e Tecnológica (GPEECT).  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/6527714159537457>

### **Adriana Bortoletto**

Possui Graduação em Licenciatura em Física (2005), Mestrado (2009) e Doutorado (2013) em Educação para Ciência - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP)- Campus Bauru - SP. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Metodologia de Ensino de Ciências/Física e Formação Inicial e Continuada de Professores, atuando principalmente nos seguintes temas: Ensino de Ciências/Física, Argumentação, Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, Formação Inicial e Continuada de Professores de Física/Ciências.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/4182546926933301>

sumário

### **Marta Nunes da Costa**

Possui licenciatura em Filosofia pela Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa; mestrado em Filosofia e Doutorado em Ciência Política, ambos pela New School for Social Research. As suas áreas de especialização são Ética, História da Filosofia Política, Teoria Política e Teorias da democracia. É professora adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, onde ministra aulas de graduação do curso de Filosofia da Faculdade de Ciências Humanas, e aulas de pós-graduação no âmbito do Mestrado Profissional em Filosofia. É Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação de Filosofia da Unioeste. É professora permanente do Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências na UFMS. É líder do grupo de pesquisa “Grupo de Estudos Democráticos” (CNPQ). É coordenadora do Mestrado Profissional em Filosofia da UFMS.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/0061251667497011>

### **Geilson Rodrigues da Silva**

Licenciado em Química pelo Instituto Federal de Mato Grosso do Sul e nesse período atuei como aluno de iniciação científica PIBIC-CNPq por quatro anos. É Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Doutorando em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC).  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/7079738265476740>

### **Marcelo Carbone Carneiro**

Realizou 02 pesquisas de Pós-Doutorado na Université de Genève - Suisse (Bolsista da FAPESP), Livre-docente em Filosofia, Doutor e Mestre em Educação, ambos os títulos pela UNESP. Professor do Departamento de Ciências Humanas da FAAC - UNESP – Bauru. Professor credenciado e orientador de mestrado e doutorado no programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência - FC - Bauru. Atua, também, no programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS - Campo Grande).  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/9115573749966110>

### **Luiz Eugênio de Arruda**

Luiz Eugênio de Arruda é Historiador formado pela UFMS Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- Licenciatura Plena pela UFMS/CPAQ, atua na educação básica na cidade de Aquidauana MS. Mestre em Ensino de Ciências, área de concentração Educação Ambiental, pela UFMS. Doutorando em Ensino de Ciências, área de concentração História e Filosofia da Ciência pelo programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da UFMS.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/1700246398249588>

### **João José Caluzi**

Possui bacharelado (1989), mestrado (1991) e doutorado (1995) em Física, pelo Instituto de Física “Gleb Wataghin” da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Em 2010/2011, realizou estágio de pós-doutoramento no “Centre de Recherche en Histoire des Sciences et des Techniques”. Possui bacharelado (2018) em Letras - Tradutor pela Universidade do Sagrado Coração. Atualmente, é professor livre docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP- Bauru) - Faculdade de Ciências. Professor do Programa de Pós- Graduação em Educação para a Ciência e do Programa de Pós-graduação em Docência para a Educação Básica da Unesp/FC. Também é professor colaborador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da UFMS - Campus Campo Grande. Os principais temas de pesquisa são: História da Ciência, Tradução científica e Ensino de Ciências.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/4471455206932709>

### **Anderson Plattini do Nascimento Eickhoff**

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso no campus de Sorriso (IFMT), licenciado em Química (UFMT), Mestre em Ciências Ambientais (UNEMAT) e doutorando em Ensino de Ciências (UFMS). Atuou como professor do magistério superior na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT); professor da educação básica na rede estadual de Educação Básica de Mato Grosso (SEDUC-MT) além de funcionário e consultor na indústria. Tem como temática de pesquisa o Ensino de Química, currículo e formação de professores de química. Possui experiência em estágio na formação docente, uso de materiais alternativos no ensino de ciências, estudos de métodos de transposição de conceitos de pesquisa em química para atividades de ensino na educação básica, química analítica, química ambiental, análises de traços inorgânicos e formação continuada de professores de ciências naturais. Participa como membro do Grupo de Estudos e Pesquisa Sobre Políticas, Formação de Professores e Tecnologias Educacionais - GEPPFORTE.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/3242695310974063>

## sumário



### **Carla Busato Zandavalli**

Graduada em Pedagogia e Educação Artística, Mestra e Doutora em Educação, professora assistente da UFMS. Atua como docente nos seguintes programas de pós-graduação da mesma instituição: Programa de Pós-Graduação em Educação do Campus de Três Lagoas, MS e Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, nas seguintes linhas de pesquisa: Formação de Professores e Políticas Educacionais e Formação de Professores em Ensino de Ciências. Coordena o Grupo de Estudos e Pesquisa em Formação, Políticas de Formação de Professores e Tecnologias Educacionais (GEPPFORTE). Pesquisa nas áreas de Formação de Professores, Políticas Educacionais, Avaliação Educacional e Tecnologias Educacionais.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/4230860008910476>

### **Maria Inês de Affonseca Jardim**

Licenciada em Física, Mestre em Educação e Doutora em Educação. Professora e pesquisadora na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - PPEC. Participa do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Ensino de Ciências - GINPEC e é líder do Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Políticas, Formação de Professores e Tecnologias Educacionais – GEPPFORTE.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/2180597985826729>

### **Nudson Souza Santos**

Licenciado em Química/UFMS, Pós Graduado em Gestão Escolar/FAVENI, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências pelo INFI/UFMS, possui formação como técnico em Celulose e Papel pelo Instituto FA-TEC-SENAI de Três Lagoas - MS. É integrante do Grupo de Ensino e Pesquisa em Educação em Ciências e Química (GEPEQC)/INQUI UFMS. É professor convocado da Secretaria de Estado de Educação e ministra a disciplina de Química em Três Lagoas - MS.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/3331479278773431>

### **Daniele Correia**

Doutora em Educação em Ciências e Licenciada em Química. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Programas de Pós-graduação nos quais atua: docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. Linhas de Pesquisa: Construção do conhecimento e formação de professores. Grupos de pesquisa que coordena/atua: - Líder do Grupo de Ensino e Pesquisa em Educação Ciências e Química - GEPEQC

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/2100926596007724>

### **Marcos de Oliveira Monteiro**

Licenciado em Pedagogia e Artes Visuais/UFMS, formado em Engenharia de Software/ Centro Universitário Anhanguera Pitágoras AMPLI, mestre em Ensino de Ciências/UFMS. É professor formador na Divisão de Educação e Diversidade/DED da Secretaria Municipal de Educação/SEMED, equipe de Educação no Campo, e participa do Conselho Municipal Rural Sustentável/CMDRS em Campo Grande/MS. Integrante do grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Ensino de Ciências (GINPEC) e do grupo de Literatura e Arte na Reme (LIARE/REME).  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/9165670343121039>

### **Shirley Takeco Gobara**

Licenciada em Física, mestre em Física e Didática de Disciplinas Científicas e Doutora em Didática de Disciplinas Científicas;  
Professora Titular Sênior do Instituto de Física/ UFMS;  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC);  
Líder do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Ensino de Ciências (GINPEC) e participa do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Educação a Distância (GINPEAD).  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/8915979671559379>

### **Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos**

Licenciatura em Ciências Biológicas, Mestrado em Ensino de Ciências, Doutorado em Ensino de Ciências.  
Afiliação institucional: Secretaria Municipal de Educação de Campo Grande/MS  
Linhas de Pesquisa: Construção do Conhecimento em Ciências.  
Grupos de pesquisa que coordena/atua: Grupo de Estudo e Pesquisa em Formação de Professores e Ensino de Ciências - GEPFOPEC/UFMS/CNPq.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/5111232415738364>

### **Fernanda Zandonadi Ramos**

Graduada em Ciências Biológicas -Licenciatura, Mestre em Ensino de Ciências e Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática.  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.  
Programas de Pós-graduação nos quais atua: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências.  
Linhas de Pesquisa: Formação de Professores de Ciências e Construção do Conhecimento.  
Grupos de pesquisa que coordena/atua: Grupo de Estudo e Pesquisa em Formação de Professores e Ensino de Ciências - GEPFOPEC/UFMS/CNPq.  
*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/1770647006970068>



### **Vera de Mattos Machado**

Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Educação; Professora Adjunta do Instituto de Biociências - InBio/ UFMS; Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) – Mestrado e Doutorado; Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Formação de Professores e Ensino de Ciências (GEPFOPEC).

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/7564217549396620>

### **Thomáz da Silva Guerreiro Botelho**

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária. Licenciado em Ciências Biológicas pela UFMS, Campus do Pantanal e Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (UFMS).

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/5872754550747567>

### **Amanda de Mattos Pereira Mano**

Doutora e Mestre em Educação, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp/Campus de Marília. Professora na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Campus do Pantanal - CPAN. É membro do grupo de pesquisas Ateliê - formação de professores - UFMS/CPAN.

*Currículo Lattes:* <http://lattes.cnpq.br/9864602016869508>

sumário



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

alunos 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 37, 38, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 58, 59, 61, 132, 159, 176, 192, 193, 197, 199, 202, 203, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 250, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 270, 271  
análise 14, 19, 27, 39, 47, 60, 75, 76, 86, 89, 91, 94, 112, 127, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 169, 173, 177, 178, 179, 180, 183, 187, 191, 192, 196, 198, 199, 203, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 218, 223, 229, 235, 237, 244, 247, 249, 250, 251, 260, 267, 273, 274

### B

Bertoni 13, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144  
biologia 26, 27, 38, 60, 99, 103, 182, 195, 197, 198, 273

### C

calor 39, 40, 41, 42, 43, 48, 244  
ciência 11, 12, 13, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 68, 69, 71, 74, 75, 77, 80, 81, 94, 97, 100, 102, 103, 108, 116, 122, 124, 125, 127, 132, 136, 137, 141, 143, 145, 149, 150, 153, 155, 156,

157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 190, 198, 252, 255  
circuitos elétricos 50, 181, 191  
college 21, 30, 32, 33, 50, 58  
conhecimento 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 28, 32, 33, 43, 47, 50, 51, 52, 53, 77, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 105, 109, 111, 124, 128, 132, 133, 137, 140, 142, 143, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 164, 165, 168, 173, 176, 186, 187, 188, 189, 191, 194, 202, 204, 205, 230, 231, 239, 243, 246, 258, 265, 270, 278  
crianças 20, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 46, 151  
cultura 15, 20, 71, 83, 93, 116, 117, 118, 124, 132, 153, 157, 205, 208, 226, 229, 230

### E

educação 13, 14, 16, 17, 21, 32, 33, 40, 44, 57, 58, 60, 147, 151, 156, 165, 167, 169, 178, 186, 187, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 202, 205, 219, 228, 252, 256, 272, 273, 274, 277  
eletricidade 25, 33, 39, 47, 48, 49, 50  
enredo 21, 22, 25, 28, 210  
ensino 11, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 44, 45, 46, 47, 52, 54, 58, 60, 61, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 148, 149, 151, 156, 165, 166, 168, 172, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 220, 221, 223, 227, 228, 230, 231, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 261, 268, 270, 272, 273, 274, 277

sumário

## sumário

ensino de ciências 11, 14, 17, 18, 20, 21,  
22, 24, 29, 31, 32, 46, 52, 58, 61, 69, 70, 71,  
73, 77, 78, 156, 177, 178, 179, 190, 191,  
193, 195, 196, 197, 198, 200, 201, 203, 204,  
207, 254, 255, 257, 270, 272, 277  
experiências 25, 28, 29, 31, 44, 46, 47,  
104, 155, 186, 235, 237, 239, 240, 245,  
248, 249, 256, 270

### F

filosofia 17, 21, 32, 46, 71, 81, 82, 83, 85,  
88, 92, 93, 94, 95, 99, 102, 103, 105, 160,  
166, 167, 205  
física 19, 22, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34,  
38, 54, 55, 58, 60, 73, 74, 75, 76, 106, 130,  
136, 182, 186, 188, 192, 193, 194, 197,  
198, 200  
formação 13, 15, 23, 26, 32, 33, 44, 69, 70,  
76, 78, 80, 86, 88, 100, 120, 126, 127, 133,  
142, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151,  
152, 153, 154, 156, 159, 161, 163, 164,  
165, 166, 167, 168, 169, 194, 196, 198,  
200, 209, 222, 224, 227, 236, 242, 256,  
272, 277, 278, 280

### G

Galileu 26, 27, 30, 32, 36, 71, 72, 74, 75

### H

hipóteses 20, 80, 81, 149, 155, 173, 174,  
229, 232, 233, 234, 240, 242, 248, 250  
história 17, 18, 21, 22, 23, 25, 27, 29, 30,  
32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 47, 50, 51,  
52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 69, 73, 74,  
81, 82, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 103, 135,  
159, 166, 168, 210, 214, 215, 217, 221,  
222, 226, 261  
humano 15, 92, 99, 104, 105, 153, 160,  
162, 166, 181, 195, 205, 226, 227, 235, 253

### I

ideias 12, 15, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 32,  
38, 40, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 59, 60,  
81, 92, 94, 96, 97, 104, 109, 111, 121, 143,  
155, 164, 173, 174, 208, 231, 234, 237,  
239, 246, 247, 248, 249, 250, 253  
ideologia 12, 73, 96, 97, 113, 114, 115,  
120, 121  
interpretativo 20, 218

### L

liberdade 27, 87, 92, 93, 98, 105, 110, 111,  
112, 114, 116, 117, 119, 120, 130, 156,  
157, 168, 230, 231, 250, 263

### M

Manitoba 30, 34, 35, 59, 61, 65  
Marx 82, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 109,  
121, 164, 205  
matemática 30, 33, 38, 45, 182, 192, 196,  
197, 202, 205  
metodológico 14, 20, 140, 179, 183, 202,  
204  
moral 82, 92, 100

### N

natureza 11, 17, 18, 23, 25, 30, 33, 44, 45,  
46, 47, 50, 54, 75, 81, 92, 93, 95, 96, 99,  
100, 102, 103, 105, 110, 114, 124, 125,  
126, 131, 137, 157, 178, 195, 196, 198,  
228, 253, 255

### P

pesquisa 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 25, 37,  
44, 46, 52, 53, 69, 71, 80, 99, 100, 132,  
133, 134, 135, 137, 139, 140, 141, 143,  
147, 148, 150, 152, 157, 158, 159, 160,  
162, 168, 170, 172, 178, 179, 180, 181,  
182, 183, 184, 186, 188, 189, 190, 191,

197, 199, 202, 203, 204, 207, 209, 210,  
229, 251, 262, 265, 267, 270, 271, 273,  
275, 276, 277, 278, 279, 280

#### Q

química 13, 26, 35, 38, 59, 145, 148, 167,  
168, 169, 181, 182, 184, 191, 194, 197,  
199, 200, 277

#### S

Scratch 14, 201, 202, 203, 204, 207, 210,  
217, 218, 219, 221, 222, 223  
sistema 14, 44, 45, 51, 52, 102, 114, 117,  
118, 119, 181, 187, 195, 206, 237, 259, 262  
social 26, 43, 94, 101, 109, 110, 112, 113,  
115, 116, 117, 118, 119, 125, 130, 131,  
135, 136, 147, 148, 156, 182, 186, 190,  
192, 198, 226, 227, 229, 230, 239, 243,  
246, 252, 256

sociedade 12, 27, 30, 40, 53, 73, 94, 96,  
98, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117,  
118, 121, 125, 126, 136, 139, 147, 151,  
156, 157, 185, 209, 228  
stultus 86, 87, 88  
sujeito 12, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 89, 90,  
91, 92, 93, 104, 106, 116, 119, 124, 147,  
206, 209, 226

#### T

técnica 52, 69, 98, 111, 112, 113, 114,  
115, 116, 117, 118, 120, 158, 274  
tecnologia 11, 12, 25, 30, 33, 38, 40, 45,  
50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 59, 79, 80, 81,  
98, 99, 100, 103, 104, 105, 106, 108, 113,  
121, 122, 153, 188, 192, 198, 256, 266  
teóricos 14, 15, 81, 163, 169, 204, 214

## sumário



[www.PIMENTACULTURAL.com](http://www.PIMENTACULTURAL.com)

# PERSPECTIVAS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS