

1

COLEÇÃO
CIÊNCIAS
EXATAS
E DA TERRA

COORDENADORES

Patricia Bieging

Raul Inácio Busarello

ABORDAGENS TEÓRICAS E PRÁTICAS EM PESQUISA

1

COLEÇÃO
CIÊNCIAS
EXATAS
E DA TERRA

COORDENADORES

Patricia Bieging

Raul Inácio Busarello

ABORDAGENS TEÓRICAS E PRÁTICAS EM PESQUISA

I São Paulo I 2025 I



DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

A154

Abordagens teóricas e práticas em pesquisa / Organização e coordenação Patricia Bieging, Raul Busarello. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2025.

Coleção Ciências Exatas e da Terra. Volume 1

Livro em PDF

ISBN 978-85-7221-367-7

DOI 10.31560/pimentacultural/978-85-7221-367-7

1. Química. 2. Matemática. 3. Física. 4. Geociências.
I. Bieging, Patricia (Org.). II. Busarello, Raul (Org.). III. Título.

CDD 500

Índice para catálogo sistemático:

I. Ciências Exatas e da Terra

Simone Sales - Bibliotecária - CRB: ES-000814/0

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2025 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2025 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
Gerente editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Assistente editorial	Júlia Marra Torres
Estagiária editorial	Ana Flávia Pivisan Kobata
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Editoração eletrônica	Andressa Karina Voltolini
Estagiárias em editoração	Raquel de Paula Miranda Stela Tiemi Hashimoto Kanada
Imagens da capa	muhammad.abdullah, pixelbuddha, user654284 - Freepik.com
Tipografias	Acumin, Belarius Poster, Geometos Rounded
Coordenadores	Patricia Biegging Raul Inácio Busarello

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
- Alcidinei Dias Alves

Logos University International, Estados Unidos
- 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 Estadual do Norte do Paraná, Brasil
- André Gobbo

Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- André Tanus Cesário de Souza

Faculdade Anhanguera, Brasil
- Andressa Antunes

Universidade Federal de Ouro Preto, 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 do Estado do Amapá, 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
- Bernadétte 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
- Cassia Cordeiro Furtado

Universidade Federal do Maranhão, Brasil
- Cássio Michel dos Santos Camargo

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
- Cecilia Machado Henriques

Universidade Federal de Santa Catarina, 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
- Deilson do Carmo Trindade

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil
- Diego Pizarro

Instituto Federal de Brasília, Brasil
- Dorama de Miranda Carvalho

Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil
- Edilson de Araújo dos Santos

Universidade de São Paulo, Brasil

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

Edson Vieira da Silva de Camargos
Logos University International, Estados Unidos

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

Estevão Schultz Campos
Centro Universitário Adventista de São Paulo, Brasil

Éverly Pegoraro
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Fábio Santos de Andrade
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Fabília Lopes Pinheiro
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Fauston Negreiros
Universidade de Brasília, Brasil

Felipe Henrique Monteiro Oliveira
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Fernando Vieira da Cruz
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Flávia Fernanda Santos Silva
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Gabriela Moysés Pereira
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Gabriella Eldereti Machado
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Germano Ehlert Pollnow
Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Universidade Federal do Pará, 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

Jaziel Vasconcelos Dorneles
Universidade de Coimbra, Portugal

Jean Carlos Gonçalves
Universidade Federal do Paraná, Brasil

Joao Adalberto Campato Junior
Universidade Brasil, Brasil

Jocimara Rodrigues de Sousa
Universidade de São Paulo, Brasil

Joelson Alves Onofre
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Jónata Ferreira de Moura
Universidade São Francisco, Brasil

Jonathan Machado Domingues
Universidade Federal de São Paulo, Brasil

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

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

Juliana de Oliveira Vicentini
Universidade de São Paulo, Brasil

Juliano Milton Kruger
Instituto Federal do Amazonas, Brasil

Julianne Pizzano Ayoub
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Julierme Sebastião Morais Souza
Universidade Federal de Ubertândia, 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

Lauro Sérgio Machado Pereira
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil

Leonardo Freire Marino
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Leonardo Pinheiro Mozdzenski
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Letícia Cristina Alcântara Rodrigues
Faculdade de Artes do Paraná, Brasil

Lucila Romano Tragtenberg
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Lucimara Rett
Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Luiz Eduardo Neves dos Santos
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Maikel Pons Giralt
Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil

Manoel Augusto Polastreli Barbosa

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Márcia Alves da Silva

Universidade Federal de Pelotas, 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

Marcus Fernando da Silva Praxedes

Universidade Federal do Recôncavo 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

Marines Rute de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Mauricio José de Souza Neto

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Mauricio José de Souza Neto

Universidade Federal da Bahia, 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

Neide Araujo Castilho Teno

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

Neli Maria Mengalli

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Patricia Biegging

Universidade de São Paulo, Brasil

Patricia Flavia Mota

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Patrícia Helena dos Santos Carneiro

Universidade Federal de Rondônia, Brasil

Rainei Rodrigues Jadejiski

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Raul Inácio Busarello

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Ricardo Luiz de Bittencourt

Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil

Roberta Rodrigues Ponciano

Universidade Federal de Ubertândia, Brasil

Robson Teles Gomes

Universidade Católica de Pernambuco, 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 de 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, Brasil

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Taíza 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

Tatiana da Costa Jansen

Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Tayson Ribeiro Teles

Universidade Federal do Acre, Brasil

Thiago Barbosa Soares

Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Thiago Camargo Iwamoto

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

Thiago Medeiros Barros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Tiago Mendes de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Vanessa de Sales Marruche

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues
Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Vania Ribas Ulbricht
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Vinicius da Silva Freitas
Centro Universitário Vale do Cricaré, Brasil

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

Wellton da Silva de Fatima
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Wenis Vargas de Carvalho
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Yan Masetto Nicolai
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alessandra Figueiró Thornton
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alexandre João Appio
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Artur Pires de Camargos Júnior
Universidade do Vale do Sapucaí, Brasil

Bianka de Abreu Severo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carlos Eduardo B. Alves
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite
Universidade de São Paulo, Brasil

Catarina Prestes de Carvalho
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil

Davi Fernandes Costa
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

Denilson Marques dos Santos
Universidade do Estado do Pará, Brasil

Domingos Aparecido dos Reis
Must University, Estados Unidos

Edwins de Moura Ramires
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Elisiene Borges Leal
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elizabeth de Paula Pacheco
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Elton Simomukay
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Francisco Geová Goveia Silva Júnior
Universidade Potiguar, Brasil

Indiamaris Pereira
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Jacqueline de Castro Rimá
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Jonas Lacchini
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil

Lucimar Romeu Fernandes
Instituto Politécnico de Bragança, Brasil

Marcos de Souza Machado
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele de Oliveira Sampaio
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Nívea Consuêlo Carvalho dos Santos
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Pedro Augusto Paula do Carmo
Universidade Paulista, Brasil

Rayner do Nascimento Souza
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Samara Castro da Silva
Universidade de Caxias do Sul, Brasil

Sidney Pereira Da Silva
Stockholm University, Suécia

Suêlen Rodrigues de Freitas Costa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Thais Karina Souza do Nascimento
Instituto de Ciências das Artes, Brasil

Viviane Gil da Silva Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology, Estados Unidos

Weyber Rodrigues de Souza
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

William Roslindo Paranhos
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

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

CAPÍTULO 1

Maria de Fátima Simão Jucá Cruz

Gabriela Moysés Pereira

Prospecção Química, Caracterização Estrutural e Atividades Farmacológicas de Alcaloides:

um artigo de revisão..... 11

CAPÍTULO 2

José Souto Sarmento

Antônia Lillian Alves de Lima

Ana Valéria da Silva Oliveira de Brito

Espectroscopia Raman:

uma técnica não destrutiva utilizada na caracterização

arqueológica dos pigmentos, Silicato de Cobre e Cálcio

($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Silicato de Cobre e Bário ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e Silicato

de Cobre e Bário ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$).....33

CAPÍTULO 3

Anderson Barros da Silva

Priscila Bernardo Martins

A Constituição da Identidade Profissional de Professores Formadores de Professores que Ensinam Matemática:

dimensões, tensões e movimentos

na formação docente contemporânea.....46

CAPÍTULO 4

Silmar José Spinardi Franchi

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin-Franchi

**A Narrativa como Recurso Didático
no Ensino de Química:**

discutindo a polissemia e a natureza

dos modelos científicos68

CAPÍTULO 5

Antonia Naiara de Sousa Batista

Antonia Bianca Braga de Oliveira

Francisco Wesley Pereira de Oliveira

Taynara Bittencourt Amaral

**Fontes históricas presentes
na história da matemática:**

possibilidades para o ensino de aritmética e geometria88

Índice remissivo..... 108

1

*Maria de Fátima Simão Jucá Cruz
Gabriela Moysés Pereira*

**PROSPECÇÃO QUÍMICA,
CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL
E ATIVIDADES FARMACOLÓGICAS
DE ALCALOIDES:
UM ARTIGO DE REVISÃO**

DOI: 10.31560/pimentacultural/978-85-7221-367-7.1

RESUMO

Os alcaloides representam uma classe de substâncias de grande relevância na química de Produtos Naturais, destacando-se por suas propriedades bioativas e potencial terapêutico. Presentes em plantas, organismos marinhos, animais e microrganismos, os alcaloides desempenham uma função primordial na defesa química contra predadores. Ao longo dos anos, esses compostos têm sido alvo de intensas investigações, devido às suas inúmeras e potentes atividades farmacológicas, incluindo ação citotóxica, antimalárica, alucinógena e sedativa. Com o intuito de estimular o interesse científico por essa classe de metabólitos, o presente artigo apresenta uma discussão abrangente sobre a prospecção química, a caracterização estrutural e os estudos farmacológicos dos alcaloides.

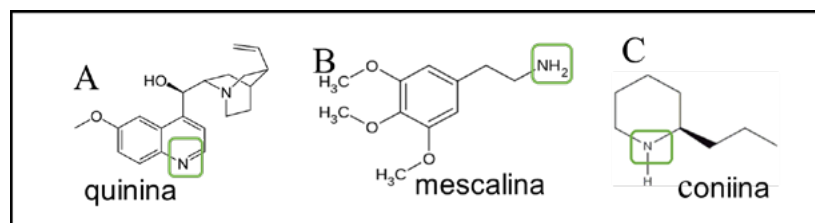
Palavras-chaves: Alcaloides; prospecção química; caracterização estrutural; atividades biológicas; produtos naturais

INTRODUÇÃO

Os alcaloides são metabólitos secundários que podem ser encontrados em plantas, organismos marinhos, fungos, bactérias e animais. Eles são substâncias orgânicas cíclicas que contêm o átomo de nitrogênio, em sua estrutura química, em um estado de oxidação negativo ⁽¹⁾. Alcaloides apresentam uma ampla diversidade estrutural e são subdivididos em subclasses: alcaloides verdadeiros, protoalcaloides e pseudoalcaloides.

Os alcaloides verdadeiros são aqueles que derivam de aminoácidos e possuem o nitrogênio em heterociclo. Os alcaloides que possuem o nitrogênio fora de um heterociclo são denominados de protoalcaloides. Os pseudoalcaloides, por sua vez, não derivam de aminoácidos, mas de outras vias biossintéticas, tais quais mevalonato, chiquimato, acetato ou desoxixilulose fosfato, no entanto incorporam o átomo de nitrogênio através de outras reações, como a transaminação (Figura 1).^(2,3)

Figura 1 - Exemplos de alcaloides. (A) Verdadeiros. (B) Protoalcaloides. (C) pseudoalcaloides.

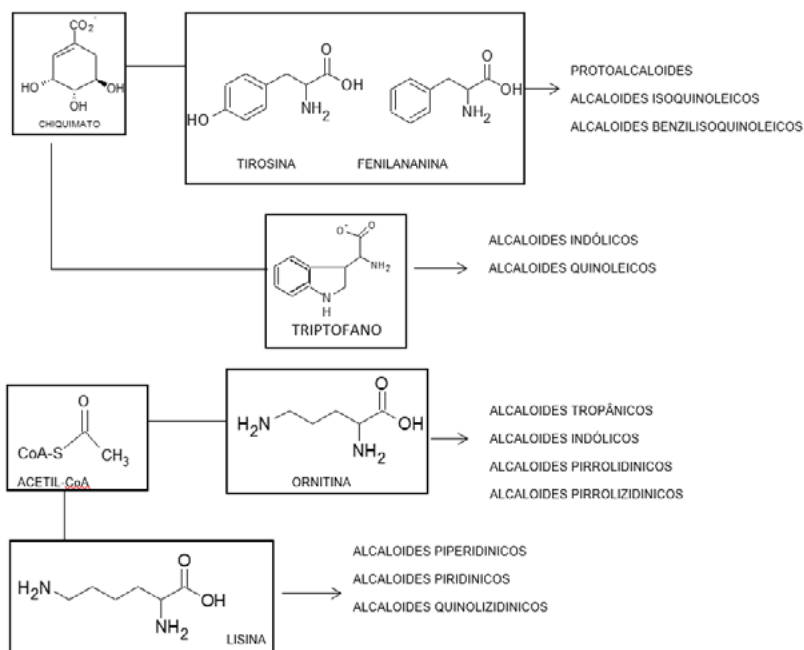


Fonte: Adaptado de (3), 2002.

Os alcaloides atuam na defesa química das plantas, vertebrados e microrganismos, contra agentes externos que proporcione alguma ameaça, como por exemplo, os predadores.⁽⁴⁾

Milhares de estruturas diferentes já foram descritas para alcaloides e essa ampla variedade zestrutural está relacionada diretamente as suas unidades precursoras e à via biossintética⁽⁶⁾. Dentre os aminoácidos precursores envolvidos na biossintese de alcaloides, destacam-se a fenilalanina, tirosina, triptofano, lisina e ornitina⁽³⁾. Um mesmo precursor pode originar diferentes subclasses, como por exemplo, os alcaloides pirrolizidínicos e tropânicos, oriundos da ornitina e os piperidínicos e piridínicos oriundos da lisina⁽⁵⁾ (Figura 2). Porções derivadas da via do acetato, chiquimato ou desoxixilulose também são frequentemente incorporadas às estruturas dos alcaloides dando origem assim, a imensa diversidade dessa classe de substância.⁽³⁾

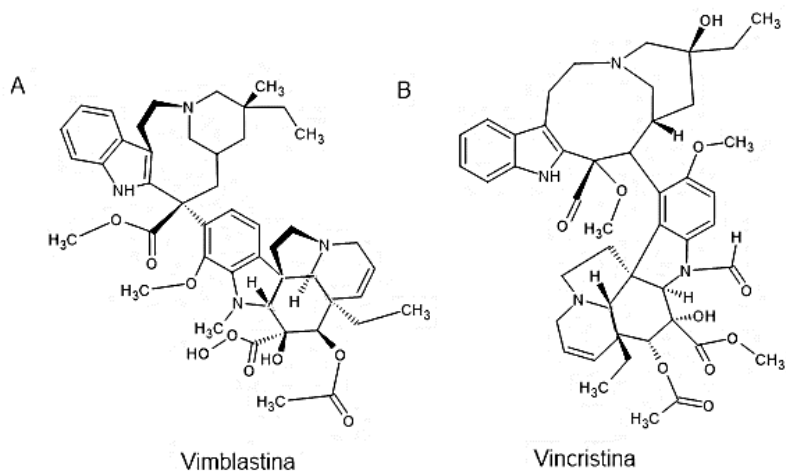
Figura 2 - Esquema de biossintese dos alcaloides mostrando os Aminoácidos precursores e subclasses de alcaloides formados



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de <https://www.slideserve.com/sal/alcal-ides>, 2024.

Os alcaloides se caracterizam por possuírem diversas atividades biológicas. Apresentam, por exemplo, atividades antifúngica e antibacteriana, como as substâncias berberina e sanguinária, assim como atividade antiparasitária, como é o caso da quinina e seus derivados. Também são descritos a ação antitussígeno (codeína) e antitumoral (vincristina). Apresentam ainda, potencial citotóxico, como os alcaloides de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don., vimblastina (Figura 3-A) e vincristina (Figura 3-B), que são conhecidos por seu uso no tratamento do câncer.⁽⁶⁾

Figura 3 - Alcaloides (A) Vimblastina e (B) Vincristina



Fonte: Adaptado de (3), 2002.

A prospecção química pode ser definida como o processo de investigação de substâncias presentes em diferentes fontes, como plantas, organismos marinhos e microrganismos, com o intuito de identificar substâncias bioativas ou inovadoras. Para a detecção preliminar da presença de alcaloides em um produto natural, são geralmente feitos reações de precipitação, com reagentes de Wagner, de Mayer, Dragendorff, Bertrand, ácidos orgânicos e

inorgânicos que geram a formação de precipitados, em resultados positivos.⁽⁶⁾ Após a extração e isolamento das substâncias de interesse, é feita a caracterização estrutural destas, onde são utilizadas técnicas espectroscópicas e espectrométricas de análise, que irão fornecer dados sobre a estrutura da substância.^(7, 8, 9, 10, 11, 12)

Considerando a importância dos alcaloides na química de produtos naturais, este artigo aborda, por meio dos tópicos a seguir, uma discussão sobre a prospecção química, a caracterização estrutural e os estudos farmacológicos dos alcaloides.

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ALCALOIDES

A extração dos alcaloides pode ser feita através de métodos clássicos, cujos metabólitos são extraídos por maceração ou em aparelho extrator por Soxhlet. Em alternativa, visando a economia de tempo e o racionamento do solvente, métodos mais modernos vêm sendo aplicados, como extração assistida por ultrassom, extrações por fluido supercrítico e por solvente pressurizado.⁽¹³⁾

Durante a extração dos alcaloides é realizado o fracionamento (*clean-up*) com propósito de alcançar uma fração enriquecida do metabólito, ou seja, que esteja livre de interferentes ou de quaisquer outras substâncias.⁽¹³⁾

Segundo ⁽⁵⁾ há duas estratégias clássicas para aquisição de uma fração enriquecida de alcaloides, podendo os metabólitos serem obtidos na forma de sal ou serem extraídos na forma de base.

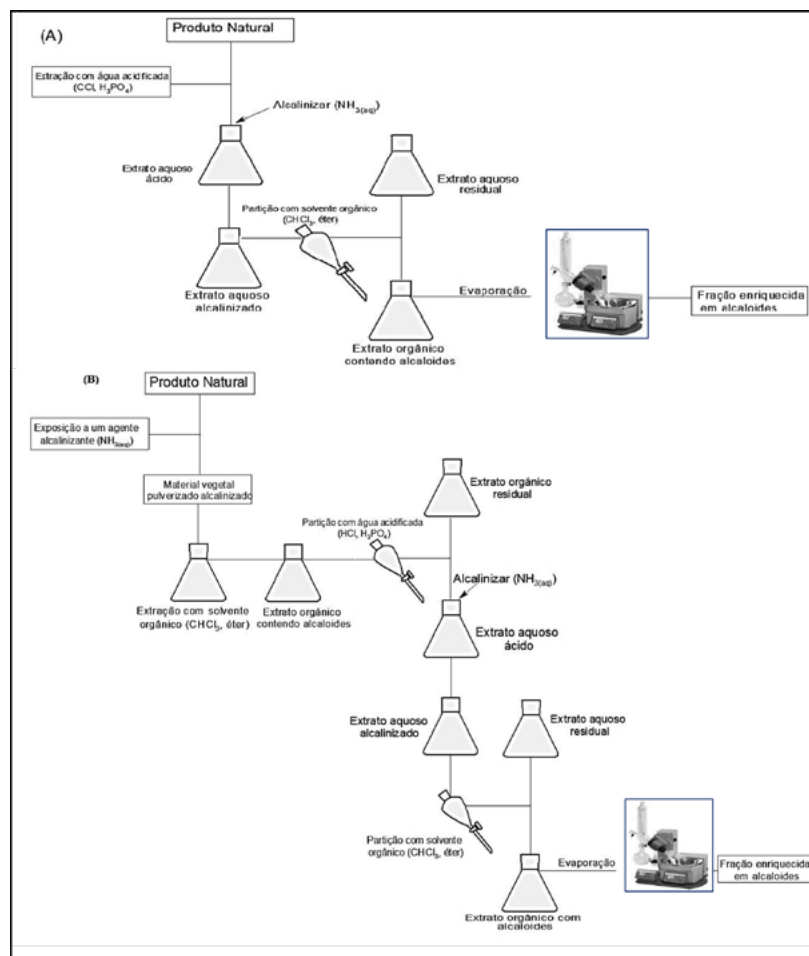
No processo de extração de alcaloides na forma de sal, a matéria-prima é desengordurada com um solvente de baixa polaridade (ex: éter de petróleo ou hexano) sendo posteriormente extraído com água acidificada (ácido clorídrico ou ácido fosfórico),

ou ainda podendo ser extraído com uma solução hidroalcóolica acidificada, obtendo-se como produto um extrato contendo sais de alcaloides. Para realizar a purificação do material obtido, a fase aquosa é alcalinizada e particionada com um solvente orgânico de baixa ou média polaridade com o objetivo de adquirir seletivamente os alcaloides como bases livre. Finalmente após a concentração do material obtido, uma fração enriquecida dos alcaloides é obtida (Figura 4-A).⁽⁵⁾

Em alternância, a extração pode ocorrer com um solvente de elevada polaridade, como o metanol ou misturas hidroalcólicas. Adiciona-se água acidificada (HCl 1M) ao extrato seco e em seguida é realizado a partição líquido-líquido com um solvente de baixa polaridade para a remoção de substâncias apolares. Posteriormente, o extrato acidificado é alcalinizado e particionado com um solvente orgânico, que após a concentração em evaporador rotatório, obtém-se a fração rica em alcaloides.⁽¹⁴⁾

Os alcaloides também podem ser extraídos na forma de base. Para isso, inicialmente é realizado o desengorduramento do produto natural em solvente apolar e a seguir deve ser umidificado com uma solução aquosa alcalina para liberar os metabólitos. A mistura é extraída com um solvente orgânico, como éter e clorados. O solvente orgânico, contendo as substâncias de interesse, é submetido a partição, utilizando como fase aceptora uma solução aquosa acidificada, ocorrendo conseqüentemente a extração dos alcaloides na forma de sal, ficando os interferentes neutros na fase orgânica. Finalmente, a porção aquosa acidificada, com os sais de alcaloide, é alcalinizada e submetida a partição frente a um solvente apolar, havendo assim a migração dos alcaloides na forma de base livre para a fase orgânica. A fase orgânica é evaporada obtendo-se a fração enriquecida em alcaloides ⁽¹⁵⁾ (Figura 4-B).

**Figura 4 - (A) Extração de alcaloides na forma de sal.
(B) Extração de alcaloides na forma de base livre**



Fonte: Esquema feito pelos autores, adaptado de (5), 2017.

PROSPECÇÃO QUÍMICA E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ALCALOIDES

Na matéria-prima vegetal encontra-se uma ampla diversidade de substâncias químicas e a prospecção química auxilia na identificação preliminar das classes de metabólitos presentes no produto natural. Na prospecção fitoquímica realiza-se testes de reações químicas ou utilizam-se métodos cromatográficos. Os testes de reações químicas possuem baixo custo e são mais simples, enquanto para o uso de métodos cromatográficos necessita-se de equipamentos dispendiosos, bem como de treinamento adequado para utilização, sendo mais eficazes no estudo e podendo ser utilizados nas demais etapas da investigação fitoquímica.⁽⁸⁾

Na prospecção fitoquímica usualmente realiza-se testes com reações químicas de coloração e precipitação em Tubos de Ensaio. Entretanto, são também realizadas detecções e fracionamentos cromatográficos com o uso de reagentes distintos⁽⁸⁾

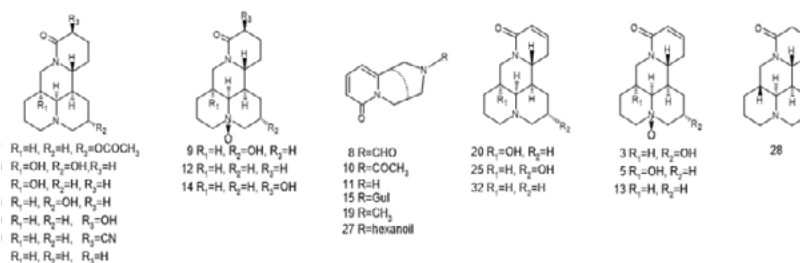
Um dos métodos clássicos para análise de alcaloides é a Cromatografia em Camada Delgada (CCD). Neste método realiza-se uma avaliação qualitativa da fração em questão, ainda assim, por meio de técnicas de densitometria e com uso de CCD de alta eficiência, a avaliação quantitativa também pode ser realizada. Dentre as Fases Estacionárias mais usuais, destacam-se a sílica e alumina. À vista disso, pode-se adicionar algum agente alcalinizante durante a eluição, como amônia, com a finalidade de garantir que os alcaloides permaneçam na forma de base. Dessarte, misturas de solventes de baixa e média polaridade, podem ser utilizadas para avaliação inicial de frações enriquecidas em alcaloides, como hexano/acetato de etila. Para a visualização destes produtos naturais, a exposição à luz UV 254 nm e 365 nm pode ser empregada, bem como asperção das placas com reagentes específicos, como o reagente de Dragendorff.^(16, 17)

Uma alternativa para a pesquisa e análise química de alcaloides consiste no uso de técnicas de Cromatografia Líquida. Usualmente, os alcaloides são eluídos em colunas de Fase Reversa, como C₁₈. Como eluente, muito dificilmente se usa sistema sem a adição de algum modificador de pH, a fim de garantir que a maioria dos metabólitos estejam em sua forma de base (em meio alcalino) ou protonados (em meio ácido). Embora em grande parte dos estudos o meio ácido seja selecionado como fase móvel, em alguns casos é adicionada amônia para garantir a melhor separação. Já quando a eluição é realizada em meio ácido, ácidos fórmico, acético e trifluoracético são as principais escolhas. A escolha de fases móveis acidificadas faz com que a retenção dos alcaloides diminua, aumentando a simetria de pico e a eficiência do sistema.⁽¹⁷⁾

A literatura registra que estudos de prospecção fitoquímica, indicaram a presença de alcaloides em plantas do gênero *Sophora*, dentre elas, a espécie *Sophora tonkinensis*, cuja planta é usada na medicina tradicional chinesa para tratar inchaços nas gengivas e feridas na boca e na língua.^(18, 19, 20)

No trabalho de⁽²⁰⁾ foi utilizada a Cromatografia Líquida de Ultra performance acoplada com Espectrometria de Massas de Alta Resolução tipo Quadrupolo/Tempo de Voo (UPLC-Q-TOF-MS/MS) para identificar e caracterizar alcaloides nas raízes de *Sophora tonkinensis* (Figura 5).

Figura 5 - Estruturas dos alcaloides identificados nas raízes de *S. tonkinensis*



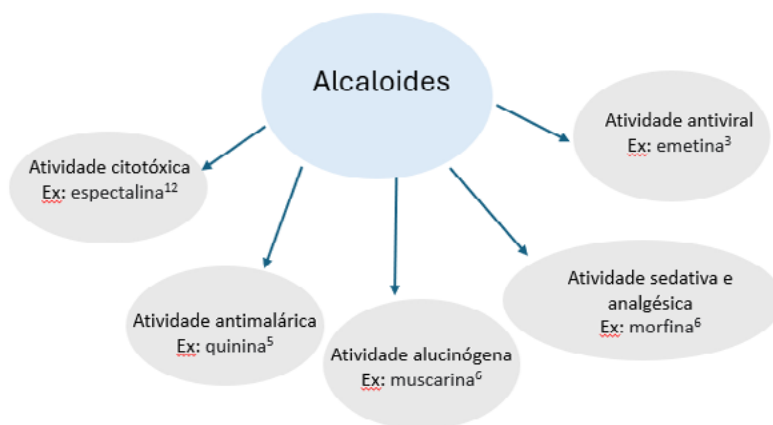
Fonte: Imagem adaptada de (20), 2020.

Em um outro estudo foi realizado a prospecção fitoquímica de *Dictamnus dasycarpus* Turcz. onde verificou-se que os alcaloides quinolínicos são um dos principais constituintes químicos presentes. *Dictamnus dasycarpus* Turcz é uma erva conhecida como “Bai-Xian-Pi” (BXP) e registrada na Farmacopéia Chinesa, utilizada no tratamento clínico de inflamações da pele, eczema e rubéola.⁽²¹⁾

ATIVIDADES FARMACOLÓGICAS DE ALCALOIDES

Devido à ampla diversidade estrutural dos alcaloides, eles apresentam muitas atividades biológicas, destacando-se a atividade citotóxica. No entanto outras atividades também são bem evidenciadas. A figura 6 ilustra as principais propriedades terapêuticas reportadas para os alcaloides.

Figura 6 - Esquema das principais atividades farmacológicas descritas para os alcaloides



Fonte: Esquema feito pelos autores, 2025.

ATIVIDADE CITOTÓXICA

Os ensaios de citotoxicidade avaliam o efeito de uma substância frente à uma linhagem celular. Tal atividade pode ser benéfica ou prejudicial dependendo do tipo de célula que está sofrendo a ação do composto em estudo. Quando uma substância interage com células normais danificando-as, tem-se um efeito danoso, porém quando um composto é específico para destruir ou impedir a proliferação celular de uma linhagem cancerígena, não agredindo as células normais, tem-se uma ação benéfica. A literatura científica descreve vários alcaloides com ação citotóxica.^(6, 10, 22)

Os alcaloides piperidínicos espectalina e espectalinina, amplamente encontrados no gênero *Cassia*, foram avaliados quanto as suas propriedades citotóxicas frente às células normais dos ovários de hamsters e macacos. A espectalinina apresentou efeito citotóxico nas duas linhagens celulares,⁽¹²⁾ sendo isso considerado um efeito indesejável de tal substância.

No entanto também há registros de alcaloides que combatem células cancerígenas. Um estudo relata que através dos galhos de *Cassia siamea* foi possível isolar e caracterizar cinco alcaloides tricíclicos (*Siamalcaloide B*, *Siamalcaloide C*, *Cassiarina A*, *Cassiarina H* e *Siaminina A*) que mostraram-se ativos frente a várias linhagens cancerígenas, tais como NB4 (leucemia), A559 (carcinoma epitelial basal alveolar), SHSY5Y (neuroblastoma), PC3 (câncer da próstata) e MCF7 (carcinoma da mama).⁽²²⁾

Uma pesquisa realizada por ⁽¹⁰⁾, investigou os potenciais antiproliferativos e citotóxicos *in vitro* de uma mistura dos alcaloides piperidínicos cassina e espectalina frente a linhagem cancerígena do carcinoma hepatocelular HepG2. Os resultados mostraram que a mistura dos alcaloides possui a capacidade de inibir fortemente a proliferação celular do carcinoma hepatocelular, demonstrando que

tais alcaloides são promissores para atuarem como compostos anti-tumorais contra o câncer do fígado.⁽¹⁰⁾

ATIVIDADE ANTIMALÁRICA

É registrado na literatura que os alcaloides quinolínicos, quinina, quinidina, cinchonina e cinchonidina, isolados de cascas de quina (*Cinchona* sp.) apresentam ação antimalárica. As cascas de *Cinchona* vêm sendo usadas para tratar a malária desde o século XVIII, inclusive foi considerado o tratamento padrão para essa enfermidade. Com o decorrer do tempo, o uso das cascas da planta foi substituído pelo emprego de seus alcaloides isolados, o alcaloide quinina (Figura 7 A) se encontra em maior concentração em espécies de *Cinchona*, com isso ele foi escolhido como fármaco antimalárico, marcando o primeiro uso bem-sucedido de uma substância química para tratar uma doença infecciosa.⁽⁵⁾

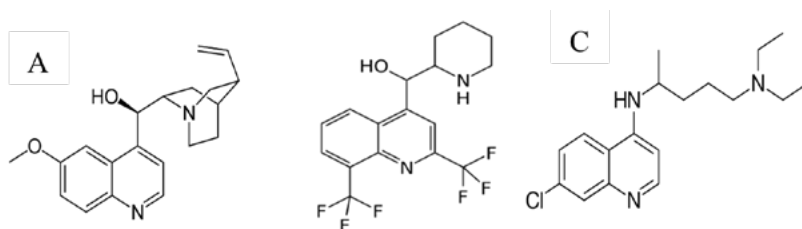
A literatura registra que logo após a descoberta da quinina, o seu uso espalhou-se rapidamente pela Europa, América do Norte e Ásia. Inclusive, até meados do século passado, esse metabólito era o principal composto usado no tratamento à malária. Seu uso foi reduzido em função da sua alta toxicidade e com o surgimento de cepas de *Plasmodium falciparum* resistentes.⁽²³⁾

A ação antimalárica dos alcaloides de *Cinchona* estão implicitamente relacionados com a presença do núcleo quinolínico e da estereoquímica da porção 1,2-aminoálcool, sendo ativas somente as que apresentam conformação *eritro*. A literatura afirma ainda que através da análise da relação entre a estrutura e atividade de diferentes alcaloides isolados de *Cinchona* foi possível o desenvolvimento de fármacos antimaláricos mais recentes, como a mefloquina (Figura 7 B).⁽⁵⁾

Devido aos efeitos colaterais da quinina, estudos químicos foram realizados para sintetizar outras moléculas com ação antimalárica,

dentre elas o fármaco cloroquina (Figura 7 C) que é utilizada tanto no tratamento quanto na profilaxia da malária, principalmente pelo baixo custo e eficiência. No entanto, a cloroquina também apresenta efeitos colaterais, como cefaleia, distúrbio da visão, náuseas, tonturas, distúrbios cardíacos, entre outros.⁽²⁴⁾ A cloroquina foi o fármaco mais usado para o tratamento de malária até o surgimento da resistência do parasita *Plasmodium*. A mefloquina tem sido utilizada no combate ao *Plasmodium falciparum* resistente à cloroquina.⁽²³⁾

Figura 7 - Principais alcaloides usados no tratamento da malária.
(A) quinina (B) Mefloquina (C) Cloroquina



Fonte: Imagem adaptada de (23), 2008.

AÇÃO ALUCINÓGENA

Os produtos naturais alucinógenos constituem um grupo de substâncias cuja característica principal é a capacidade de alterar a consciência, provocando efeitos cognitivos e sensoriais. Tais substâncias naturais são empregadas desde tempos remotos como drogas sacramentais. Foi por meio da experiência do uso por xamãs, bruxas, herbalistas e alquimistas que as propriedades alucinógenas de diversas plantas foram descobertas, de forma que tais ervas passaram a fazer parte da cultura e tradição de vários grupos étnicos, seitas e religiões, em muitas das quais seu uso está presente até nos dias atuais.⁽²⁵⁾

A presença dos alucinógenos na antiguidade é confirmada em inúmeros registros históricos. É descrito na literatura que os cultos

praticados por feiticeiros estavam intimamente relacionados ao consumo de beladona (*Atropa belladonna*), meimendro (*Hyosciamus niger*) e mandrágora (*Mandragora officinarum*).⁽²⁶⁾ Registros descrevem que através dessas ervas ricas em alcaloides tropânicos, eram preparados a chamada “fórmula de voo”, um unguento que era esfregado sobre o cabo de uma vassoura e em seguida colocado entre as pernas das feiticeiras. A figura e características associadas às bruxas surgiram a partir deste ritual de “fórmula de voo”, em que o contato dos alcaloides alucinógenos (atropina, hiosciamina e escopolamina) com as mucosas anal e vaginal proporcionava às feiticeiras a sensação de que estavam voando.^(25, 26) Estes alcaloides tropânicos apresentam efeitos psicoativos alucinógenos, causando um estado de embriaguez, seguido de um sono profundo e amnésia. Provocam delírios e sensação de levitação, fato que explica as viagens fantasiosas das feiticeiras.⁽²⁶⁾

Outro registro histórico que aponta o uso de substâncias alucinógenas diz respeito ao cacto peiote (*Lophophora Williamsii*), espécie vegetal rica em mescalina, um alucinógeno alcaloidal de uso sagrado em rituais mágico-religiosos de tribos indígenas norte-americanas, como a *Native American Church*.⁽²⁵⁾ Evidências arqueológicas indicam que o cacto peiote seja usado como alucinógeno há mais de 8000 anos.⁽²⁵⁾

Alguns cogumelos tóxicos, como por exemplo, a *Amanita muscaria* (L) Pers, também apresenta ação alucinógena. O alcaloide muscarina é o principal constituinte responsável pelo efeito alucinatório deste fungo.⁽⁶⁾

AÇÃO SEDATIVA E ANALGÉSICA

Através do ópio, um látex obtido das cápsulas da papoila-dormideira (*Papaver somniferum* L.), são obtidos alcaloides com ação sedativa e analgésica, tais como a morfina, codeína e papaverina.

A morfina é um alcaloide que atua em diversos receptores do sistema nervoso central. O seu uso tem que ser cuidadosamente controlado, pois facilmente origina dependência. Além do seu efeito analgésico, ela causa euforia, sensação de bem-estar transitória, que levam a dependência psíquica e rapidamente a aumento da dose para obter o mesmo efeito. Seu uso continuado provoca sérios efeitos colaterais, por isso que na terapêutica, a morfina só é usada normalmente de forma contínua em solução injetável sob forma de cloridrato a 1%, em estados terminais, que sejam acompanhados de dores crônicas intensas.⁽⁶⁾

A codeína pode ser extraída diretamente do ópio ou pode ser obtida por metilação da morfina. O seu efeito analgésico é inferior à morfina, no entanto, é menos tóxica e tem pouca tendência de provocar dependência.⁽⁶⁾ A papaverina, por sua vez, é encontrada em cerca de 1% no ópio, mas a maior parte dessa substância empregada na preparação de fármacos é obtida de forma sintética. A papaveria possui propriedades sedativas e analgésicas, ela relaxa a musculatura lisa devido a sua ação antiespasmódica.⁽⁶⁾

ATIVIDADE ANTIVIRAL

Uma pesquisa avaliou os efeitos antivirais e a toxicidade dos alcaloides emetina, isoemetina e DHE4 em células epiteliais bronquiolares humanas que expressam o Receptor SARS-CoV-2, BEC-hACE2, após infecção pelo SARSCoV-2. Os dados obtidos mostraram que em células BEC-hACE2, a emetina e o DHE4 inibiram o crescimento do SARS-CoV-2 quando adicionado imediatamente após a infecção viral.⁽²⁷⁾

Os autores avaliaram ainda os efeitos inibitórios dos alcaloides da espécie vegetal *Carapichea ipecacuanha*, popularmente conhecida como ipeca, sobre o crescimento do HCoV-OC43, um

beta coronavírus levemente patogênico, empregando células Vero E6. Dos compostos estudados, a emetina e o DHE4 apresentaram a maior atividade antiviral com valores de IC₅₀ de 40 e 63 nM, respectivamente.

A literatura registra que Ipecacuanha ou ipeca é derivada do rizoma seco e das raízes de *Cephaelis ipecacuanha* ou *C. acuminata* (Rubiaceae). A Ipeca contém 2–2,5% de alcalóides, sendo os principais a emetina e a cefaelina. Tais alcaloides são potentes inibidores da síntese protéica, além da ação viral, eles também apresentam atividade antitumoral, no entanto, são demasiadamente tóxicos para serem usados para fins terapêuticos.⁽³⁾

Os alcalóides menores caracterizados na Ipeca, incluem psicotrina e O-metilpsicotrina, que são variantes da cefaelina e da emetina, respectivamente. Estudos indicam que o alcaloide O-metilpsicotrina apresenta efeitos baixos na síntese proteica, mas possui uma capacidade potente em reduzir a replicação viral através da inibição da transcriptase reversa do vírus HIV, o que pode conferir potencial no tratamento da AIDS.⁽³⁾

É registrado também, a ação de alcaloides frente ao vírus da herpes (HSV-1) e (HSV-2). O trabalho de ⁽²⁸⁾ avaliou a atividade antiviral da fração alcaloide total dos ramos de *Fusaea longifolia* (Aubl.) Saff. (Annonaceae), uma espécie nativa da região amazônica, contra os vírus HSV-1 e HSV-2 e os resultados confirmaram a atividade antiviral dos alcaloides. A ação frente ao HSV-2, ocorreu após a infecção viral, apresentando com isso uma atividade virucida. A fração contendo alcaloides foi ainda analisada por Espectrometria de Massas, onde identificou-se a presença de nove alcaloides, dentre eles a liriodenina, lisicamina e isoboldina, que já foram descritos como potenciais agentes anti-HSV-1.

CONCLUSÃO

Alcaloides são substâncias naturais de grande importância devido a sua vasta diversidade estrutural e propriedades farmacológicas. Com isso, eles são muito estudados em pesquisas que visam a descoberta de novas substâncias naturais para atuarem como fármacos. Como exemplo de alcaloides conhecidos usados como fármacos, tem-se a quinina, cloroquina e morfina, onde os dois primeiros possuem ação anti-malária e o último ação analgésica.

Resalta-se que apesar das diversas atividades biológicas descritas para os alcaloides, os mesmos podem apresentar severa toxicidade e conseqüentemente, oferecer sérios riscos para a saúde. Dessa forma, pesquisas científicas são imprescindíveis para indicar a dose limite entre o uso medicinal e a dose de risco para a saúde.

REFERÊNCIAS

1. BRUNETON, J. **Farmacognosia, fitoquímica, plantas medicinales**. Zaragoza: Acribia, 2001.
2. ANISZEWSKI, T. **Alkaloids**: secrets of life. Alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. Oxford: Elsevier, 2007. [Acesso em: 30 jan. 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52736-3.X5000-4>.
3. DEWICK, P. M. **Medicinal Natural Products**. 2. ed. John Wiley & Sons Ltd, 2002.
4. WINK, M. Ecological role of alkaloids. In: FATTORUSSO, E.; TAGLIALATELA-SCAFATI, O. (Eds.). **Modern alkaloids**: structure, isolation, synthesis and biology. Weinheim: Wiley, 2008. p. 3-24. [Acesso em: 03 jan. 2025]. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-22144-6_98?noAccess=true.
5. SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia**: do produto natural ao medicamento. Artmed, 2017.

6. CUNHA, A. (Org.). **Farmacognosia e Fitoquímica**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2014.
7. OLIVEIRA, F.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia**: identificação de drogas vegetais. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2014.
8. SOARES, N. P.; SANTOS, P. L.; VIEIRA, V. S.; PIMENTA, V. S. C.; ARAÚJO, E. G. Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 24, p. 991, 2022. [Acesso em: 05 jan. 2025].
9. CHRISTOFIDIS, A. W.; JADOT, J. Spectralinine and iso-6-carnavaline, two unprecedented piperidine alkaloids from the seed of **Cassia spectabilis**. **Tetrahedron**, v. 33, p. 3005-06, 1977. [Acesso em: 05 jan. 2025]. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(77\)88038-1](https://doi.org/10.1016/0040-4020(77)88038-1).
10. PEREIRA, R. M. *et al.* Alkaloids derived from flowers of *Senna spectabilis*, (–)-cassine and (–)-spectaline, have antiproliferative activity on HepG2 cells for inducing cell cycle arrest in G1/S transition through ERK inactivation and downregulation of cyclin D1 expression. **Toxicology in Vitro**, v. 31, p. 86-92, 2016. [Acesso em: 05 jan. 2025]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26616281/>.
11. LYTHGOE, H.; VERNENGE, J. Alkaloids from *Cassia carnavalea* sp.: cassine and carnavaline. **Tetrahedron Letters**, v. 12, p. 1133-1137, 1967. [Acesso em: 05 fev. 2025]. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)90651-8](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)90651-8).
12. BOLZANI, V. S.; GUNAFILAKA, A. A. L.; KINGSTON, D. G. I. Bioactive and other piperidine alkaloids from *Cassia leptophylla*. **Tetrahedron Letters**, v. 51, n. 21, p. 5929-34, 1995. [Acesso em: 05 fev. 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/4By5tyDMXRcCxxv8kD9GwLnr/?lang=en&format=pdf>.
13. KLEIN-JÚNIOR, L. C.; VANDER HEYDEN, Y.; HENRIQUES, A. T. Enlarging the bottleneck in the analysis of alkaloids: a review on sample preparation in herbal matrices. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 80, p. 66-82, 2016. [Acesso em: 06 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993616300401>.
14. PASSOS, C. S. *et al.* Indole alkaloids of *Psychotria* as multifunctional cholinesterases and monoamine oxidases inhibitors. **Phytochemistry**, v. 86, p. 8-20, 2013. [Acesso em: 07 jan. 2025]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23261030/>.

15. EVANS, W. C. **Trease and Evans pharmacognosy**. London: W.B. Saunders, 2009.
16. WAGNER, H.; BLADT, S. **Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas**. Berlin: Springer, 1995.
17. PETRUCZYNEK, A. Analysis of alkaloids from different chemical groups by different liquid chromatography methods. **Central European Journal of Chemistry**, v. 10, n. 3, p. 802-835, 2012. [Acesso em: 07 jan. 2025]. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11532-012-0010-4>.
18. KRISHNA, P. M. *et al.* A review on phytochemical, ethnomedical and pharmacological studies on genus **Sophora**. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 5, p. 1145-1154, 2012. [Acesso em: 08 fev. 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/vhH6nwNxvgzqH9bFBXRdT6x/?lang=en>.
19. WANG, H. *et al.* Phytochemical Information and Biological Activities of Quinolizidine Alkaloids in *Sophora*: A Comprehensive Review. **Current Drug Targets**, v. 15, p. 1572-1586, 2019. [Acesso em: 10 jan. 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1389450120666190618125816>.
20. ZONG, X.-X. *et al.* Characterization of alkaloids in radix *Sophora tonkinensis* by UPLC-Q-TOF-MS/MS and its application in the comparison of two different habitats. **Phytochemical Analysis**, v. 36, p. 1-3, 2020. [Acesso em: 11 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786419.2020.1771712>.
21. CHANG, K. *et al.* Identification and characterization of quinoline alkaloids from the root bark of *Dictamnus dasycarpus* and their metabolites in rat plasma, urine and feces by UPLC/Qtrap-MS and UPLC/Q-TOF-MS. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 204, p. 114-229, 2021. [Acesso em: 14 Fev. 2025]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34252820/>.
22. WU, H.-Y. *et al.* Three new alkaloids from the twigs of *Cassia siamea* and their bioactivities. **Phytochemistry Letters**, v. 15, p. 121-124, 2016. [Acesso em: 13 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1874390015301312>.
23. FRANÇA, T. C. C.; DOS SANTOS, M. G.; FIGUEROA-VILLAR, J. D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1271-1278, 2008. [Acesso em: 16 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/SMXmZdpmMxXsGQpztSCpTS/?lang=pt>.

24. PAES, D. R.; ANDRADE, J. S. Cloroquina: histórico e usos no tratamento da malária e de doenças autoimunes. **BJHR**, v. 4, n. 6, p. 27323-2738, 2021. [Acesso em: 16 jan. 2025]. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/41118>.
25. DOS SANTOS, A. D. Importância histórica, química e farmacológica dos alucinógenos naturais alcaloidais. **Ver. Sítio Novo**, v. 5, n. 4, p. 56-67, 2021. [Acesso em: 16 jan. 2025]. Disponível em: <https://sitionovo.iftto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1006>.
26. MARTINEZ, S. T.; ALMEIDA, M. R.; PINTO, A. C. Alucinógenos naturais: um voo da Europa medieval ao Brasil. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2501-2507, 2009. [Acesso em: 20 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6ZXjvrKQ8ych3drHbsDF5Dm/abstract/?lang=en>.
27. SIDORENKO, V. S. *et al.* Mechanisms of antiviral action and toxicities of ipecac alkaloids: emetine and dehydroemetine exhibit anti-coronaviral activities at non-cardiotoxic concentrations. **Virus Research**, v. 341, p. 1-13, 2024. [Acesso em: 18 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168170224000157?via%3Dihub>.
28. DOURADO, S. H. A. *et al.* Anti-herpes activity of the total alkaloid fraction from the branches of *Fusaea longifolia* (Annonaceae). **Acta Amazonica**, v. 53, p. 158-165, 2023. [Acesso em: 23 jan. 2025]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392202201421>.

Maria de Fátima Simão Jucá Cruz

Doutora e Mestra em Química Orgânica de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Química Industrial pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

E-mail: fatima.juca@ufrj.br

Gabriela Moysés Pereira

Professora da Universidade Federal do Acre. Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Mestra e Doutora em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

E-mail: gabriela.pereira@ufac.br

2

José Souto Sarmento

Antônia Lílian Alves de Lima

Ana Valéria da Silva Oliveira de Brito

ESPECTROSCOPIA RAMAN:

UMA TÉCNICA NÃO DESTRUTIVA
UTILIZADA NA CARACTERIZAÇÃO
ARQUEOLÓGICA DOS PIGMENTOS,
SILICATO DE COBRE E CÁLCIO ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$),
SILICATO DE COBRE E BÁRIO ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$)
E SILICATO DE COBRE E BÁRIO ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$)

RESUMO

O presente artigo de revisão, estudou os artigos mais relevantes sobre a espectroscopia Raman aplicada a caracterização dos pigmentos a base de óxido de cobre e cálcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) chamado de azul egípcio, óxido de cobre e bário ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) chamado de Azul Chinês e o óxido também de cobre e bário, mas com fórmula química ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$), chamado de Roxo Chinês. Foram investigados os espectros Raman e a importância histórica dos pigmentos, sobretudo nos artefatos chineses. Com a espectroscopia Raman uma técnica não destrutiva foi possível fazer a identificação dos óxidos nos artefatos de grande valor histórico contribuindo de forma significativa para o estudo da arqueometria. Hoje se conhece os espectros de cada um dos óxidos assim como as estruturas cristalinas.

PALAVRAS CHAVES: Espectroscopia Raman, Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Azul Chinês ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e Roxo Chinês ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$)

ABSTRACT

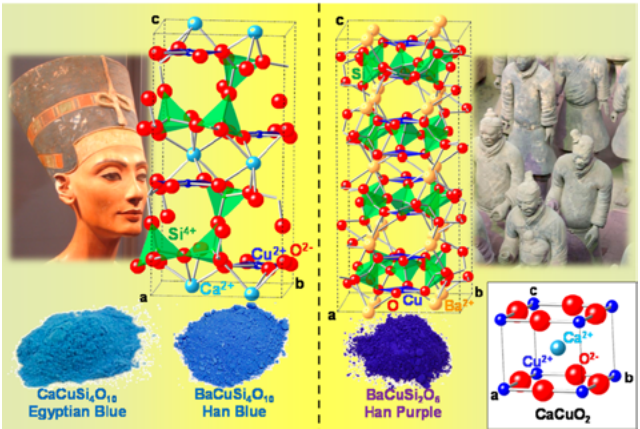
This review article studied the most relevant articles on Raman spectroscopy applied to the characterization of copper and calcium oxide-based pigments ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), known as Egyptian blue, copper and barium oxide ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$), referred to as Chinese blue, and copper and barium oxide with the chemical formula ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$), called Chinese purple. Raman spectra and the historical significance of these pigments, especially in Chinese artifacts, were investigated. Using Raman spectroscopy, a non-destructive technique, it was possible to identify these oxides in artifacts of great historical value, significantly contributing to the study of archaeometry. Today, the spectra of each oxide and their crystalline structures are well known.

Keywords: Raman Spectroscopy, Egyptian Blue ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Chinese Blue ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$), and Chinese Purple ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$)

1. INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos têm um papel muito importante na história humana, desde os artefatos de cozinha, como panelas e jarros, até as cerâmicas avançadas que temos na atualidade. Os silicatos de cobre e cálcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), cobre e bário ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e cobre e bário ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$) foram muito utilizados em civilizações passadas para pigmentação na faixa de frequência correspondente às tonalidades azul (BARBAR., KUMAR. e SUDHISH, 2016) e roxa. O silicato de cobre e cálcio é conhecido como Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), enquanto os silicatos de bário são chamados de Azul e Roxo Han ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$, respectivamente). O termo "Han" faz referência à Dinastia Han (206 a.C. – 220 d.C.). Esses materiais sintéticos deixaram de ser produzidos com o fim da dinastia Han, devido a uma mudança nas técnicas de produção (Li *et al.*, 2015), (Xia *et al.*, 2014) including faience beads, wall paintings, polychrome decoration on pottery, stone and bronze objects, were studied using Raman microscopy and polarized light microscopy (PLM). A Figura 1 apresenta a estrutura cristalina desses pigmentos, assim como uma referência aos guerreiros de Terracota, nos quais foi identificado o Roxo Chinês ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$), e ao busto da Rainha Nefertiti, onde foi encontrado o Azul Egípcio puro ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) (García-Fernández, Moreno e Aramburu, 2015).

Figura 01 - Estrutura cristalina dos pigmentos $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$, $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$



Fonte: (García-Fernández, Moreno e Aramburu, 2015).

Esses pigmentos foram identificados e nomeados por E. FitzHugh (FitzHugh e Zycherman, 1983, 1992) e H. Berke (Berke e Wiedemann, 2000; Berke, 2002, 2007). O pigmento conhecido como Roxo Han foi sintetizado em 1984 por Brill et al. (Li *et al.*, 2015). A Tabela 1 traz informações sobre a estrutura desses materiais.

Tabela 01 - Informações da estrutura e grupo espacial desses óxidos

Table 1. Experimental Values of the $\text{Cu}^{2+}-\text{O}^{2-}$ Distances, R (Å), and Peak Energies (cm^{-1}) of the Three d-d Transitions for Compounds Containing Square-Planar CuO_4 Complexes					
	$\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ (Egyptian Blue)	$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ (Han Blue)	$\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ (Han Purple)	CaCuO_2	Li_2CuO_2
space group	$P4/ncc$	$P4/ncc$	$P4_1/acd$	$P4/mmm$	$Immm^g$
R	1.928 ^b	1.921 ^b	1.945 ^c	1.929 ^d	1.959 ^e
$b_{2g}(xy) \rightarrow b_{1g}(x^2-y^2)$	12740 ^f	12900 ^g	13500 ^h	13220 ⁱ	14000 ^j
$e_g(xz,yz) \rightarrow b_{1g}(x^2-y^2)$	16130 ^f	15800 ^g	17000 ^h	15720 ⁱ	17000 ^j
$a_{1g}(3z^2-r^2) \rightarrow b_{1g}(x^2-y^2)$	18520 ^f	18800 ^g	~21000 ^h	21370 ⁱ	~21900 ^j

^aSee structure in the Supporting Information. ^bFrom ref 13. ^cFrom ref 16. ^dFrom ref 22. ^eFrom ref 23. ^fFrom refs 9, 18-20, and 24. ^gFrom ref 8. ^hFrom ref 25. ⁱFrom ref 11. ^jFrom ref 10.

Fonte: (García-Fernández, Moreno e Aramburu, 2015).

Como se observa, as estruturas são tetragonais, pertencentes ao grupo espacial **P4/ncc** para o $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$, enquanto o $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ pertence ao grupo espacial **P4/mmm**. Devido à importância histórica desses materiais, sua caracterização deve ser feita de forma não destrutiva, com técnicas que garantam a integridade dos artefatos em estudo. Uma dessas técnicas, amplamente utilizada no campo da arqueometria, é a espectroscopia Raman (Gard *et al.*, 2020).

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente artigo, foram pesquisados diversos trabalhos com o objetivo de verificar a importância da aplicação da espectroscopia Raman na caracterização dos pigmentos Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Azul Han ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e Roxo Han ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$). Cada estudo analisado apresenta aplicações da técnica em diferentes regiões e artefatos históricos, mas com resultados similares, ou seja, identificação da mesma composição química desses silicatos.

Os artigos foram obtidos em diversas bases de dados, como Periódicos da CAPES, SciELO, Google Acadêmico, entre outras, abrangendo o período de 2014 a 2021. Após a investigação, foi feita a comparação dos resultados e a verificação da importância das técnicas de espectroscopia Raman e espectrometria de energia dispersiva de raios X (EDS, acoplada ao microscópio eletrônico de varredura – SEM) para a caracterização e identificação dos óxidos presentes nos artefatos históricos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

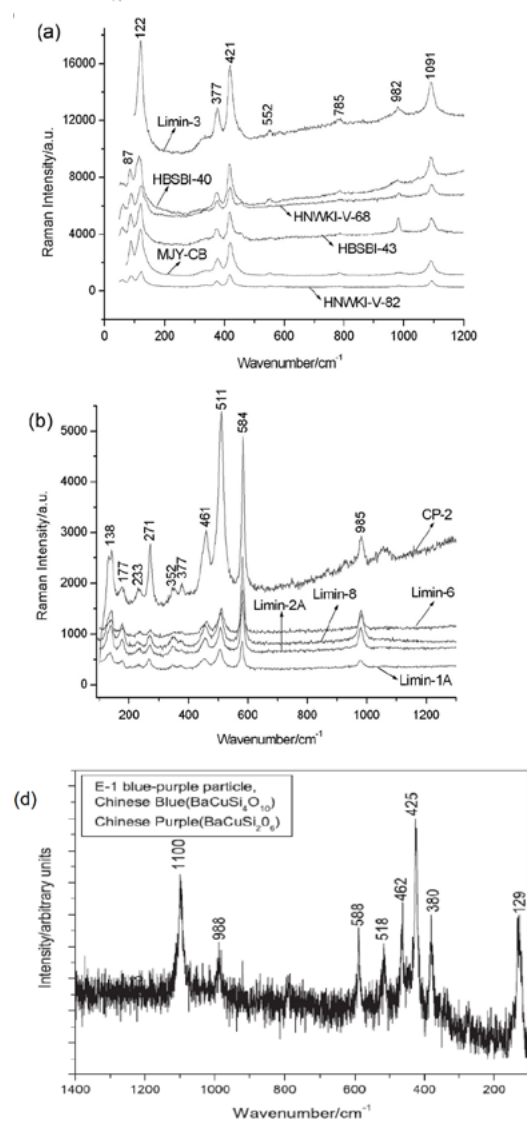
A interação da radiação eletromagnética com a matéria gera uma série de técnicas de caracterização de materiais, as quais possibilitam desde a identificação e quantificação de elementos químicos presentes nas amostras até a análise de níveis de energia, ligações químicas, entre outros aspectos (Fundamentos da Espectroscopia Raman e no Infravermelho, 2008). Uma dessas técnicas é a espectroscopia Raman. Quando a radiação interage com a matéria, ela pode ser espalhada com a mesma intensidade. Esse processo é chamado de espalhamento elástico e não fornece informações relevantes sobre a estrutura e composição da substância; tal fenômeno é conhecido como espalhamento Rayleigh.

A radiação também pode ser espalhada com energia menor que a incidente. Quando os fótons espalhados têm energia inferior à dos fótons incidentes, o fenômeno é denominado **espalhamento Stokes**. Já quando a radiação espalhada possui energia maior que a incidente, esse processo é chamado de espalhamento anti-Stokes. Esses dois tipos de espalhamento — Stokes e anti-Stokes — fornecem informações sobre a estrutura molecular, níveis de energia, ligações químicas, além da identificação de elementos químicos e moléculas (Fundamentos da Espectroscopia Raman e no Infravermelho, 2008).

Essa técnica tem importância fundamental nas áreas de arqueologia, arqueometria e ciência forense, por ser um método não destrutivo (Gard *et al.*, 2020).

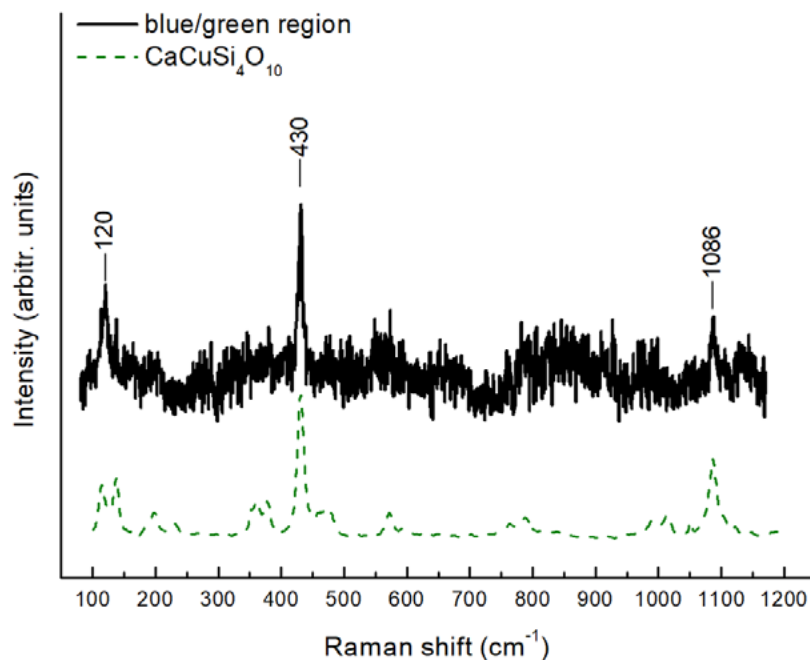
Foi uma das técnicas utilizadas para caracterizar e identificar a presença dos pigmentos $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$, $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ em artefatos históricos encontrados, principalmente, na China (Xia *et al.*, 2014). A Figura 2 mostra os espectros Raman dos pigmentos de silicato de cobre e bário, identificados a partir de diferentes amostras de $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$.

Figura 02 - Espectros Raman dos pigmentos de (a) $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ e (b) $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ de amostras diferentes



Fonte: (Li et al, 2015), (Xia et al, 2014) (modificada).

Figura 03 - Espectros Raman dos pigmentos do pigmento $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$



Fonte: (Gard et al, 2020).

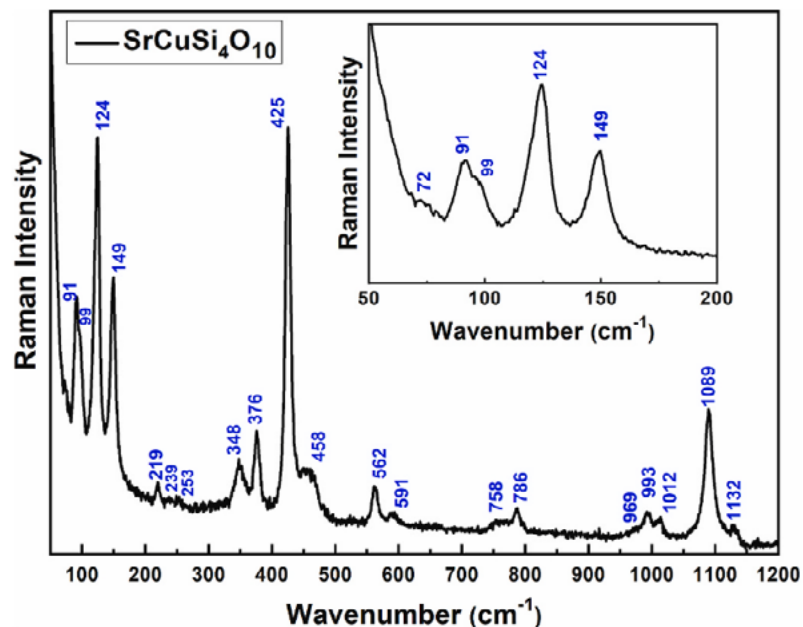
Segundo (Bouherour, Berke e Wiedemann, 2001), no espectro de (514 nm) o Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Azul Chinês ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e o Roxo Chinês ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$) dentro do range 1200- 200 cm^{-1} . As principais bandas do Azul Egípcio são: 1088(s), 992(w), 789(w), 575(w), 471(w), 435(s), 363(w), 201(w) cm^{-1} ; Do Azul Chinês: 1102(s), 997(w), 791(w), 562(w), 427(s), 383(w) cm^{-1} e o Roxo Chinês: 990(m), 588(s), 516(m), 459(w), 354(w), 276(w), 183(w) cm^{-1} .

Ao analisar os espectros Raman, observa-se que existe uma grande semelhança entre os espectros do Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e do Azul Chinês ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$), o que já era esperado, dada a grande semelhança química entre esses compostos. Já o Roxo Chinês ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$) apresenta menor semelhança em relação aos pigmentos azuis (Bouherour, Berke e Wiedemann, 2001).

Essas cerâmicas são atualmente utilizadas em tecnologias avançadas, com aplicações em Antenas Ressoradoras Dielétricas (ARDs), juntamente com fases químicas semelhantes, como é o caso da fase $\text{SrCuSi}_4\text{O}_{10}$ (Sarmiento *et al.*, 2023) Sr^{2+} and Ba^{2+} , cujo espectro Raman também foi obtido por (Silva, da *et al.*, 2025).

A espectroscopia Raman continua sendo uma técnica fundamental na caracterização dessas cerâmicas sintéticas, especialmente para a verificação da formação das fases desejadas. A Figura 4 apresenta o espectro Raman da fase $\text{SrCuSi}_4\text{O}_{10}$, uma cerâmica cuja fórmula química é bastante semelhante à dos pigmentos Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e Azul Chinês ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$), obtida em laboratório e caracterizada por meio da espectroscopia Raman.

Figura 04 - Espectros Raman dos pigmentos do pigmento $\text{SrCuSi}_4\text{O}_{10}$ sintético



Fonte: (Silva, da *et al.*, 2025).

4. CONCLUSÕES

Após a análise de artigos científicos publicados entre 2001 e 2024, verificou-se que a espectroscopia Raman desempenhou um papel crucial na caracterização dos pigmentos Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), Azul Chinês ($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$) e Roxo Chinês ($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$), bem como de novas fases sintéticas, como é o caso da fase $\text{SrCuSi}_4\text{O}_{10}$.

A identificação das bandas características de cada um desses compostos contribuiu para sua detecção em artefatos antigos de grande relevância histórica, destacando-se casos emblemáticos, como os Guerreiros de Terracota e o Busto da Rainha Nefertiti, do Egito.

Esses resultados evidenciam a elevada importância da espectroscopia Raman nos campos da arqueologia e da arqueometria, especialmente por se tratar de uma técnica não destrutiva, capaz de preservar a integridade das peças analisadas.

REFERÊNCIAS

- BARBAR, S. K.; KUMAR, S.; SUDHISH, K. R. P. Structural, optical and magnetic properties of $\text{MCuSi}_4\text{O}_{10}$ (M = Ba and Sr) blue pigments. **Springer Science+Business Media**, 2016.
- BOUHEROUR, S.; BERKE, H.; WIEDEMANN, H. G. Ancient man-made copper silicate pigments studied by Raman microscopy. **Chimia**, v. 55, n. 11, p. 942–951, 2001.
- FUNDAMENTOS DA ESPECTROSCOPIA RAMAN E NO INFRAVERMELHO. **No Title**. [s.l.: s.n.].
- GARCÍA-FERNÁNDEZ, P.; MORENO, M.; ARAMBURU, J. A. Origin of the exotic blue color of copper-containing historical pigments. **Inorganic Chemistry**, v. 54, n. 1, p. 192–199, 2015.
- GARD, F. S. *et al.* A noninvasive complementary study of an Egyptian polychrome cartonnage pigments using SEM, EPMA, and Raman spectroscopy. **Surface and Interface Analysis**, v. 52, n. 11, p. 755–769, 2020.

LI, Q. H. *et al.* Identification of the man-made barium copper silicate pigments among some ancient Chinese artifacts through spectroscopic analysis. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 138, p. 609–616, 2015.

SARMENTO, J. S. *et al.* Dielectric properties of MCuSi4O10 (M = Ca, Sr, Ba) electroceramic at RF and microwave frequencies. **Applied Physics A: Materials Science and Processing**, v. 129, n. 1, p. 1–11, 2023.

SILVA, H. B. DA *et al.* Vibrational, optical, electronic and electrocatalytic properties of SrCuSi4O10 ceramic. **Physica B: Condensed Matter**, v. 696, n. September 2024, 2025.

XIA, Y. *et al.* Development of Chinese barium copper silicate pigments during the Qin Empire based on Raman and polarized light microscopy studies. **Journal of Archaeological Science**, v. 49, n. 1, p. 500–509, 2014.

José Souto Sarmento

Grupo de Química de Materiais Avançados (GQMat), Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Universidade Federal do Ceará – UFC, Campos do Pici.

Antônia Lílian Alves de Lima

SESC Ler de Quixeramobim Ceará.

Ana Valéria da Silva Oliveira de Brito

SESC Ler de Quixeramobim Ceará.

3

*Anderson Barros da Silva
Priscila Bernardo Martins*

A CONSTITUIÇÃO DA IDENTIDADE PROFISSIONAL DE PROFESSORES FORMADORES DE PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA:

**DIMENSÕES, TENSÕES E MOVIMENTOS
NA FORMAÇÃO DOCENTE CONTEMPORÂNEA**

RESUMO:

O presente capítulo analisa a constituição da Identidade Profissional (IP) de Professores Formadores de Professores que Ensinam Matemática (PFPEM), considerando processos socioculturais, epistemológicos, formativos e narrativos que configuram a docência no contexto contemporâneo. O estudo articula referenciais teóricos clássicos sobre identidade, como Dubar (2005, 2012), Hall (2011), Ciampa (1987), Nóvoa (1992, 2009) e Kelchtermans (2009), com produções consolidadas do campo da Educação Matemática presentes em obras recentes (Morgado, 2011; Silva, 2020; De Paula & Cyrino, 2017, 2018, 2020; Garcia, 2014), além de pesquisas sobre formação docente e profissionalidade (Tardif, 2002; Pimenta, 1996; Nóvoa, 1992, 2009; Ponte, 2002). Evidencia-se que a IP dos PFPEM se constitui de modo dinâmico, situado e relacional, em permanente tensão entre dimensões pessoais, profissionais, epistemológicas e institucionais. Os resultados indicam que práticas formativas, comunidades de prática, narrativas profissionais, relações com o conhecimento matemático e o compromisso político-ético do formador são elementos estruturantes da emergência desta identidade. Conclui-se que compreender a IP dos PFPEM é condição indispensável para fortalecer programas de formação de professores, promover autonomia docente e repensar políticas de desenvolvimento profissional no âmbito da Educação Matemática.

Palavras-chave: identidade profissional; professores formadores; formação de professores de matemática; desenvolvimento profissional; educação matemática.

INTRODUÇÃO

As discussões contemporâneas sobre a Identidade Profissional (IP) de professores têm se intensificado em diversas áreas da educação, mas assumem particular relevância no campo da Educação Matemática, dada a complexidade das práticas docentes, a natureza específica dos saberes mobilizados e as demandas cada vez mais amplas da profissão docente. No caso dos Professores Formadores de Professores que Ensinam Matemática (PFPEM), tal complexidade se intensifica, pois os formadores ocupam um lugar duplo: são professores e, simultaneamente, responsáveis pela formação inicial e continuada de futuros docentes, assumindo papéis de mediadores epistemológicos, políticos e culturais.

A literatura recente sistematizada na obra *Identidade Profissional de Professores que Ensinam Matemática em Contextos de Formação*, por De Paula & Cyrino (2020) evidencia que “a IP de Professores que ensinam matemática (PEM) desempenha um papel central na compreensão das práticas de ensino, na motivação para ensinar e no bem-estar pessoal e profissional”. Tal constatação pode ser ampliada para o contexto dos formadores, que lidam não apenas com o ensino da matemática, mas com as múltiplas camadas constitutivas da docência.

Do ponto de vista sociológico, a identidade é compreendida como construção histórica, relacional e processual. Stuart Hall (2011) sustenta que a identidade no mundo pós-moderno não é fixa nem estável, mas “um ponto de sutura entre discursos, práticas e posições sociais que nunca se completam totalmente”. Dubar (2005), igualmente, afirma que a identidade “nunca é dada, é sempre construída e reconstruída”, perspectiva confirmada na tese de Silva (2020), que destaca que “a identidade pode ser estudada como continuidade e/ou ruptura”.

Para além desses fundamentos, pesquisas brasileiras têm explorado a constituição da identidade de professores de matemática, destacando sua dimensão experiencial, temporal e narrativa (De Paula & Cyrino, 2017, 2018, 2020; Garcia, 2014). A obra de Morgado (2011) reforça que a identidade profissional é um dos pilares fundamentais da profissionalidade docente, ao lado da competência e da cultura profissional.

Partindo desses referenciais, este capítulo pretende discutir a constituição da IP de PFPEM, propondo um quadro interpretativo capaz de integrar fatores pessoais, sociais, epistemológicos, políticos e formativos. Busca-se, assim, contribuir para o aprofundamento teórico do campo e oferecer elementos que apoiem programas de formação inicial e continuada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IDENTIDADE: FUNDAMENTOS SOCIOLÓGICOS E FILOSÓFICOS

As teorias contemporâneas da identidade convergem para a compreensão de que se trata de um fenômeno plural, processual e historicamente situado. Stuart Hall (2011), ao discutir a crise das identidades modernas, argumenta que estas são constituídas na interseção entre discursos culturais, estruturas de poder e experiências individuais. Não são entidades fixas, mas posições assumidas em determinados contextos.

Claude Dubar (2005, 2012), referência central para os estudos da identidade profissional, destaca que a identidade resulta da articulação entre duas dimensões inseparáveis: a **identidade para si** (dimensão biográfica, narrativa, pessoal) e a **identidade para o**

outro (dimensão relacional, institucional, social). Essa visão dialoga diretamente com o que a tese de Silva (2020) destaca ao afirmar que a identidade pressupõe o entrelaçamento de dois aspectos indissociáveis: o individual e o social.

Ciampa (1987), em sua teoria da metamorfose da identidade, argumenta que ser sujeito é produzir-se continuamente, num movimento de autoformação em diálogo com o meio. Giddens (1991), por sua vez, enfatiza o “projeto reflexivo do eu”, no qual o sujeito elabora narrativas para dar coerência à experiência vivida.

Esse conjunto de perspectivas permite compreender que a identidade não é apenas algo que se tem, mas algo que se produz, atualiza, negocia e transforma ao longo do tempo.

2.2 IDENTIDADE PROFISSIONAL DOCENTE

A identidade profissional docente (IPD) é um campo de estudos consolidado e multidimensional. Em Morgado (2011), observa-se que a IP, ao lado da competência e da profissionalidade docente, constitui o tripé indispensável para a valorização da profissão e para a autonomia curricular nas escolas.

Marcelo (2009) define a identidade profissional docente como um processo evolutivo de interpretação e reinterpretação de experiências, destacando que ela nunca está finalizada, uma vez que, o desenvolvimento dos professores nunca termina, pois é compreendido como aprendizagem ao longo da vida.

A tese de Silva (2020) reforça essa concepção ao afirmar que a identidade docente tem sido marcada por transformações sociais profundas, resultado da transição entre sociedades industrial e pós-industrial, exigindo a construção e a reconstrução de uma formação identitária dos sujeitos contemporâneos.

Autores como Nóvoa (1992, 2009) e Pimenta (1996) destacam a importância das histórias de vida, da socialização profissional e das práticas de reflexão crítica como elementos formadores da IP docente.

Kelchtermans (2009) amplia esse quadro ao abordar o “self profissional” como constituído por vulnerabilidade, autocompreensão e reflexão, aspectos centrais para pensar a identidade de formadores. Silva, Aguiar e Monteiro (2014) sintetizam, de modo preciso, que “A identidade profissional docente é permeada por variadas interações: histórias de vida, formação, conhecimento especializado, relações com o grupo profissional, especificidades da profissão e singularidade dos sujeitos” (p. 746).

Essa síntese é extremamente útil para compreender o PFPEM, cuja identidade se configura a partir de múltiplos entrelaçamentos.

2.3 PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA: ESPECIFICIDADE DA IDENTIDADE PROFISSIONAL

A Educação Matemática enquanto campo de pesquisa consolidado tem produzido um corpo robusto de conhecimentos sobre a identidade de professores que ensinam matemática. De Paula e Cyrino (2017, 2018, 2020) destacam dimensões como: complexidade, dinamicidade, experiencialidade, temporalidade e compromisso político.

Os autores (2020) apontam que tais dimensões são fundamentais para compreender a constituição da Identidade Profissional de Professores que Ensinam Matemática, enfatizando que ela é central para práticas de ensino, motivação e bem-estar docente.

Além disso, os estudos sobre essa temática têm demonstrado que comunidades de prática, narrativas, crenças sobre matemática,

articulações entre matemática acadêmica e escolar e processos formativos emergem como aspectos estruturantes dessa identidade.

Garcia (2014), ao analisar identidades de professores em comunidades de prática, evidencia como a participação colaborativa e a reflexão compartilhada reconfiguram modos de ser professor de matemática.

2.4 PROFESSORES FORMADORES DE PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA (PFPEM): IDENTIDADES MÚLTIPLAS E PAPÉIS HÍBRIDOS

A identidade do PFPEM é ainda mais complexa do que aquela dos professores que ensinam matemática na educação básica. Esses formadores ocupam um lugar híbrido, situado na intersecção entre universidade, escola básica, pesquisa em Educação Matemática, políticas públicas e práticas pedagógicas. São professores, investigadores, orientadores, analistas de práticas e mediadores de culturas profissionais.

Esta multiplicidade de papéis gera, simultaneamente, riqueza formativa e tensão identitária. Como destacam Santos, Quintaneiro e Giraldo (2019), ao analisar práticas de formadores em cursos de licenciatura, a atuação desses profissionais é permeada por aspectos de desconstrução, acolhimento e conteúdo, dimensões que emergem da própria identidade docente mobilizada no ato formativo.

Além disso, o formador dialoga com dois conjuntos de conhecimentos especializados:

- Conhecimentos matemáticos e didático-matemáticos;
- Conhecimentos sobre formação de professores, desenvolvimento profissional e identidades docentes.

Essa sobreposição exige que o PFPEM desenvolva uma identidade profissional própria, distinta da identidade de outros professores universitários, pois seu objeto central não é apenas o conteúdo matemático, mas a formação e o fortalecimento da docência em matemática.

Essas constatações dialogam profundamente com Ponte e Oliveira (2002), que afirmam que o formador rema contra a maré, ao buscar articular saberes matemáticos, didáticos e pedagógicos com as demandas reais da profissão docente. Para os autores (2002), a construção da identidade profissional na formação inicial é um processo complexo que requer reflexão crítica constante e confrontação de crenças arraigadas sobre matemática e seu ensino.

3. DISCUSSÃO ANALÍTICA

3.1 TENSÕES ESTRUTURAIS NA CONSTITUIÇÃO DA IDENTIDADE PROFISSIONAL DOS PFPEM

A constituição identitária dos PFPEM ocorre no interior de tensões que atravessam, simultaneamente, os planos individual, institucional, epistemológico e sociopolítico. Tais tensões não são obstáculos, mas motores do processo identitário.

Podem ser destacadas, entre outras, as seguintes tensões centrais:

a) Tensão entre matemática acadêmica e matemática escolar

Diversos autores relatam o distanciamento histórico entre a matemática da universidade e a matemática da escola básica.

Santos, Quintaneiro e Giraldo (2019) destacam a “dicotomia entre a matemática aprendida na universidade e a matemática ensinada na educação básica”.

Essa tensão impacta diretamente a identidade dos PFPEM, que precisam reconstruir significados e práticas a fim de aproximar esses dois mundos. Esse desafio é identitário porque demanda que o formador se reconheça não apenas como matemático, mas como educador matemático.

b) Tensão entre pesquisa acadêmica e prática formativa

O PFPEM ocupa simultaneamente o lugar de pesquisador e de formador. Hall (2011) descreve as identidades contemporâneas como posicionamentos múltiplos e fragmentados, e isso se evidencia no formador que transita entre: produção acadêmica, práticas de formação, acompanhamento de estágios, desenvolvimento de projetos.

Kelchtermans (2009) argumenta que essa multiplicidade cria vulnerabilidade, pois o professor formador é constantemente exposto a contextos de avaliação, escrutínio e reflexão que reconfiguram o self profissional.

c) Tensão entre autonomia docente e exigências institucionais

Morgado (2011) afirma que a autonomia curricular é uma das bases da profissionalidade docente, mas reconhece que as condições concretas da profissão frequentemente dificultam sua realização, pois a profissão docente é exercida em condições que não ajudam.

O PFPEM vivencia essas tensões de modo ampliado: pressões por produtividade acadêmica, metas institucionais, currículos rigidamente definidos, padrões de avaliação. A identidade, nessa dimensão, é construída no enfrentamento dessas estruturas.

d) Tensão entre formação inicial e continuada

De Paula e Cyrino (2017, 2018) destacam a complexidade das práticas formativas em diferentes contextos (grupos de estudos, pós-graduação, comunidades de prática). Para os PFPEM, atuar nesses contextos exige mobilizar identidades diversas: tutor, orientador, supervisor de práticas, pesquisador, agente de transformação social. Essa multiplicidade reconfigura continuamente a identidade profissional.

e) Tensão entre o ideal da docência e a realidade da profissão

De Paula e Cyrino (2020) evidenciam que a IP de PEM envolve expectativas, crenças e valores que muitas vezes entram em choque com a realidade da escola, dos sistemas educacionais e das políticas públicas. Para o PFPEM, que forma professores para essa realidade, essa tensão é ainda mais intensa e exige elaboração identitária complexa.

3.2 PRÁTICAS FORMATIVAS COMO ESPAÇOS PRODUTORES DE IDENTIDADE

As práticas formativas configuram um dos espaços mais potentes de constituição da IP do PFPEM. Não se trata apenas de transmitir conteúdos, mas de criar condições para que futuros professores: problematizem suas concepções, desenvolvam autonomia, experimentem práticas inovadoras, integrem saberes profissionais, construam narrativas de si como docentes.

A literatura mostra que práticas de formação problematizadoras, reflexivas e dialógicas são particularmente fecundas para a construção identitária.

Giraldo (2018) descreve a exposição problematizada como forma potente de formação, em que o formador questiona, provoca e reorganiza significados, em vez de se limitar a transmitir conteúdos. Esta forma mobiliza sua própria identidade profissional, engajando o PFPEM em uma postura autoral, investigativa e colaborativa.

As comunidades de prática são apontadas, na literatura internacional e nacional, como ambientes privilegiados de aprendizagem e desenvolvimento da IP. Pode-se considerar, por tanto, que as comunidades de prática se constituem em espaços privilegiados de formação e aprendizagem, promovendo a identidade profissional (De Paula e Cyrino, 2020).

Garcia (2014), Jesus (2017) mostram que, nesses espaços: as práticas são compartilhadas, significados são negociados, crenças são revisitadas, o pertencimento ao grupo transforma identidades.

Para o PFPEM, participar de comunidades de prática significa reconhecer-se como membro de uma coletividade profissional que produz saberes e modelos de atuação, uma dimensão crucial para a constituição da identidade.

3.3 SABERES DOCENTES E PROFISSIONALIDADE NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A identidade profissional dos PFPEM relaciona-se diretamente com os saberes docentes que mobilizam. Tardif (2002) define tais saberes como plurais, históricos, situados e provenientes da experiência e das interações sociais. Morgado (2011) reforça que identidade profissional, competência e cultura profissional são pilares da profissionalidade docente.

No caso dos PFPEM, esses saberes incluem: o saber matemático; o saber didático-matemático; o saber pedagógico; o

saber curricular; o saber investigativo e o saber sobre formação de professores. Desse modo, é possível considerar que essa densidade epistemológica configura uma identidade mais complexa, plural e exigente.

A tese de Silva (2020) evidencia que a identidade docente se constitui no entrelaçamento das histórias de vida, experiências profissionais, crenças e interações sociais. Inspirada em Hall (2011) e Dubar (2005), a autora (2020) mostra que a identidade é sempre temporal, marcada por continuidade e ruptura.

Na formação de professores, as narrativas são instrumentos centrais para: elaborar experiências,

ressignificar trajetórias, tomar consciência do próprio desenvolvimento, constituir-se como formador.

Ponte e Oliveira (2002) reforçam que a identidade do professor constrói-se no diálogo entre passado, presente e futuro profissional. Para o PFPEM, narrar sua trajetória permite integrar as diversas camadas de sua identidade: matemático, educador, pesquisador, formador.

4. INTEGRAÇÕES TEÓRICAS: IDENTIDADE, PODER, PROFISSIONALIDADE E FORMAÇÃO

A constituição da Identidade Profissional (IP) dos Professores Formadores de Professores que Ensinam Matemática (PFPEM) não se reduz a dimensões cognitivas ou técnicas. Trata-se de um fenômeno político, epistemológico e ético, atravessado por relações de poder, por discursos sobre a profissionalidade docente e por formas de participação no campo da Educação Matemática.

Nesta parte, aprofundamos quatro eixos integradores:

- Identidade e poder
- Profissionalidade docente e autonomia
- Epistemologias da Educação Matemática e a formação de formadores
- Desenvolvimento profissional e institucional

4.1 IDENTIDADE E PODER: DISPUTAS, DISCURSOS E LEGITIMAÇÕES

As identidades profissionais são produzidas dentro de sistemas de poder. Hall (2011) explica que identidades são sempre efeitos de discursos culturais dominantes ou contra-hegemônicos. No campo da Educação Matemática, isso se expressa na disputa entre perspectivas conteudistas e práticas investigativas; na tensão entre modelos tecnicistas e concepções reflexivas da docência e na fragmentação entre a matemática acadêmica e a matemática escolar, como apontado por Giraldo (2018) e Santos et al. (2019).

No caso dos PFPEM, essas disputas são ainda mais intensas porque sua identidade é legitimada em múltiplos espaços: universidade, que demanda pesquisa e produtividade; campo da Educação Matemática, que exige aderência a epistemologias específicas; escola, que reivindica pertinência formativa; políticas públicas, que regulam diretrizes, currículos e programas de formação.

Dubar (2005) afirma que identidades profissionais são negociadas na interseção entre socializações primárias e secundárias e é justamente nessa interseção que se localizam os PFPEM. Assim, a constituição da IP dos formadores envolve a capacidade de transitar

entre mundos, interpretar discursos concorrentes, negociar sentidos, resistir a imposições prescritivas e assumir um lugar aural.

Esses elementos elevam a IP do PFPEM ao estatuto de uma identidade profissional altamente politizada, crítica e reflexiva.

4.2 PROFISSIONALIDADE DOCENTE E AUTONOMIA: BASES ESTRUTURANTES DA IDENTIDADE DO PFPEM

A profissionalidade docente, entendida como o conjunto de saberes, valores, competências e identidades que caracterizam um grupo profissional, é um pilar essencial para compreender a IP de formadores.

Morgado (2011) identifica a competência profissional, a cultura profissional e a identidade profissional como os três pilares fundamentais da profissionalidade docente, essenciais para a autonomia curricular e para o fortalecimento da profissão.

Essa tríade permite perceber que o PFPEM:

- precisa ensinar matemática,
- precisa ensinar a ensinar matemática,
- precisa pesquisar sobre o ensino de matemática,
- precisa refletir criticamente sobre a docência,
- precisa articular formação inicial e continuada,
- precisa participar ativamente de comunidades científicas.

A profissionalidade do PFPEM é, portanto, mais complexa do que a de outros docentes, porque seu escopo é duplamente ampliado: envolve tanto o ensino quanto a formação para o ensino, situando-o em um limiar identitário sofisticado.

Pimenta (1996) reforça que a profissionalidade docente exige o domínio de saberes da prática, saberes da formação, saberes experienciais e saberes teóricos. Tardif (2002) complementa afirmando que esses saberes são heterogêneos, plurais e resultantes de uma síntese pessoal.

Essas perspectivas se alinham ao que Silva (2020) demonstra empiricamente: a identidade docente se constitui na interação entre aspectos pessoais e sociais, implicando rupturas e continuidades que marcam a trajetória do professor de matemática.

Para os PFPEM, tais rupturas e continuidades são ainda mais evidentes, pois as transições entre papéis (pesquisador, orientador, professor, autor, líder de grupos) exigem reorganizações identitárias frequentes.

4.3 EPISTEMOLOGIAS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E A FORMAÇÃO DE FORMADORES

As epistemologias da Educação Matemática moldam diretamente a IP dos PFPEM. Isso porque a identidade profissional, conforme Marcelo (2009), resulta da interpretação e reinterpretação contínuas das experiências, o que inclui as experiências epistemológicas, investigativas e sociais dos formadores.

A IP se articula à complexidade dos conhecimentos matemáticos; natureza investigativa do campo; problematização da prática; compreensão das crenças de futuros professores; percepção do papel da matemática na sociedade; articulação universidade–escola, um dos pontos mais enfatizados na obra de De Paula e Cyrino (2020).

Essa epistemologia ampliada exige que o PFPEM seja matemático, educador matemático, pesquisador, analista de práticas, mediador cultural.

De Paula e Cyrino (2018) demonstram que as pesquisas brasileiras sobre IP de professores que ensinam matemática mobilizam polos teóricos diversos, sociológicos, epistemológicos e profissionais, o que evidencia a complexidade do fenômeno.

Essas contribuições indicam que a identidade do PFPEM não é apenas docente, mas também epistemológica: depende da forma como o formador compreende a natureza da matemática, da prática docente e da formação de professores.

4.4 DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL E INSTITUCIONAL DO PFPEM

O desenvolvimento profissional do PFPEM é indissociável de sua identidade. Ponte e Quaresma (2016) e Richit (2020) mostram que práticas colaborativas, como lesson study, estudos de aula e comunidades investigativas, geram movimentos identitários que transformam o professor e sua relação com o conhecimento.

A tese de Silva (2020) reforça que o desenvolvimento profissional é atravessado por crenças, concepções, experiências formativas, socializações profissionais, trajetórias de vida, inserção institucional.

A inserção institucional, em especial, é um fator decisivo. Os PFPEM se constituem em universidades, institutos federais, centros de formação, grupos de pesquisa, núcleos de extensão. O ambiente institucional pode favorecer ou limitar a autonomia, a inovação, a autoria, a pesquisa, o acompanhamento de práticas e a construção coletiva.

Como afirma Morgado (2011), a mudança do panorama educativo e a revalorização da profissão docente dependem da capacidade de professores, e por extensão, formadores, construírem uma verdadeira autonomia curricular, inseparável da identidade profissional.

Assim, o desenvolvimento profissional do PFPEM ocorre em movimento espiralado, em que identidade, autonomia, conhecimentos e contextos institucionais se inter-relacionam, produzindo sínteses provisórias e tensionadas.

5. IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL, CONTINUADA E AS POLÍTICAS PÚBLICAS

Com base nos referenciais apresentados, torna-se possível identificar implicações relevantes para:

a. Programas de formação inicial

Reforçar práticas reflexivas, experiências investigativas, estágio supervisionado crítico e problematização das concepções de matemática e de docência.

b. Formação continuada

Valorizar comunidades de prática, grupos colaborativos e práticas investigativas como motores identitários.

c. Políticas públicas

Favorecer a autonomia do PFPEM, garantir condições de trabalho adequadas, incentivar produção acadêmica e promover programas articulados entre universidade e escola.

d. Pesquisa em Educação Matemática

Ampliar investigações sobre identidade de formadores, suas epistemologias e seus impactos em currículos e práticas formativas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da Identidade Profissional (IP) dos Professores Formadores de Professores que Ensinam Matemática (PFPEM) revela um fenômeno multidimensional, dinâmico e profundamente marcado por tensões epistemológicas, institucionais e sociopolíticas. A partir dos referenciais clássicos e das obras específicas do campo da Educação Matemática disponibilizadas, tornou-se possível evidenciar a natureza complexa, dialógica e processual da identidade desses formadores.

Os estudos de Dubar (2005, 2012), Hall (2011), Ciampa (1987) e Kelchtermans (2009) ofereceram a base para compreender que identidades profissionais não são essências, mas construções negociadas, sujeitas a rupturas, continuidades e reposicionamentos constantes. No âmbito específico da Educação Matemática, obras como as de De Paula e Cyrino (2017, 2018, 2020), Garcia (2014) e Silva (2020) reforçam que a identidade de professores que ensinam matemática, e especialmente de formadores, é constituída no entrelaçamento entre experiências, saberes, valores, concepções, narrativas e condições de trabalho.

O PFPEM, em particular, habita um espaço híbrido: precisa articular saberes matemáticos profundos, conhecimentos didáticos e pedagógicos, práticas investigativas, orientações formativas, interações com escolas, relações com políticas públicas e exigências institucionais universitárias. Esses múltiplos papéis, longe de fragmentar sua identidade, revelam um campo de complexidade que necessita ser teorizado de maneira mais robusta e sensível.

Os resultados deste estudo apontam para quatro conclusões centrais:

1. A identidade dos PFPEM é relacional e situada.

Ela se constrói na relação entre a universidade, a escola, os estudantes da licenciatura, grupos de pesquisa, pares profissionais

e políticas públicas. Essa rede de relações gera tensões identitárias produtivas, que estimulam a reflexão e a reinvenção profissional.

2. A identidade dos PFPEM é epistemológica.

O formador não apenas ensina matemática: ele produz sentidos sobre a matemática, problematiza epistemologias, questiona crenças e media conflitos entre perspectivas acadêmicas e escolares. Sua identidade é marcada por discursos científicos, investigativos e formativos.

3. A identidade dos PFPEM é narrativa e experiencial.

Como mostram Silva (2020) e Ponte e Oliveira (2002), histórias de vida, experiências docentes, memórias formativas e trajetórias institucionais desempenham papel crucial na constituição do formador. O PFPEM é, simultaneamente, autor e leitor de sua própria história profissional.

4. A identidade dos PFPEM depende da profissionalidade e das condições institucionais.

Sem autonomia, políticas de valorização, condições de pesquisa, reconhecimento e colaboração, a identidade profissional tende a ser fragilizada. O fortalecimento da profissão docente passa necessariamente pela valorização dos formadores.

Este artigo contribui ao campo da Educação Matemática ao: integrar autores clássicos da identidade e autores específicos da identidade de professores de matemática; articular dimensões epistemológicas, narrativas, políticas e profissionais da identidade dos PFPEM; evidenciar a necessidade de ampliar pesquisas sobre formadores, categoria ainda secundária em estudos educacionais; sustentar a importância de políticas públicas que valorizem e apoiem os PFPEM.

Sugere-se que novos estudos ampliem investigações empíricas com PFPEM, considerando suas práticas, narrativas

e epistemologias; explorem identidades de formadores em diferentes instituições (universidades, IFs, programas privados e comunitários); examinem impactos de políticas públicas (BNCC, BNC-Formação, Pacto Nacional, PIBID, Residência Pedagógica) na identidade dos PFPEM; investiguem como ambientes virtuais, tecnologias digitais e inteligência artificial estão reconfigurando identidades profissionais.

REFERÊNCIAS

CIAMPA, A. C. **A estória do Severino e a história da Severina**: um ensaio de psicologia social. São Paulo: Brasiliense, 1987.

DE PAULA, E. F.; CYRINO, M. C. C. T. (org.). **Identidade Profissional de Professores que Ensinam Matemática em Contextos de Formação**. Curitiba: Pimenta Cultural, 2020.

DE PAULA, E. F.; CYRINO, M. C. C. T. Perspectivas de identidade profissional de professores que ensinam matemática presentes em artigos científicos publicados entre 2006-2016. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 5, p. 778-799, 2018.

DE PAULA, E. F.; CYRINO, M. C. C. T. Identidade Profissional de Professores que Ensinam Matemática: panorama de pesquisas brasileiras entre 2001-2012. **Zetetiké**, v. 25, n. 1, p. 27-45, 2017.

DUBAR, Claude. **A crise das identidades**: a interpretação de uma mutação. São Paulo: Ed. da USP, 2005.

DUBAR, Claude. **A socialização**: construção das identidades sociais e profissionais. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

GARCIA, T.M.R. **Identidade profissional de professores de Matemática em uma comunidade de prática**. 2014. 164 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

GIDDENS, Anthony. **Modernidade e identidade**. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.

HALL, Stuart. **A identidade cultural na pós-modernidade**. 11. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2011.

JESUS, C.C. **Perspectiva do ensino exploratório**: promovendo aprendizagens de professores de matemática em um contexto de comunidade de prática. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

KELCHTERMANS, Geert. Who I am in how I teach is the message: self-understanding, vulnerability and reflection. **Teachers and Teaching**, v. 15, n. 2, p. 257-272, 2009.

MARCELO, Carlos. **Políticas docentes e identidade profissional**. Madrid: OEI, 2009.

MORGADO, José Carlos. Identidade e profissionalidade docente: sentidos e (im)possibilidades. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 19, n. 73, p. 793-812, 2011.

NÓVOA, António. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

NÓVOA, António. **Dar voz aos professores**. Lisboa: Dom Quixote, 2009.

PIMENTA, Selma Garrido. Formação de professores: saberes da docência e identidade. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 22, n. 2, p. 72-89, 1996.

PONTE, João Pedro; OLIVEIRA, Hélia. Remar contra a maré: identidade e formação inicial. **Revista de Educação**, v. 11, n. 2, p. 145-163, 2002.

RICHIT, A. Estudos de aula na perspectiva de professores formadores. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 1-24, 2020.

SILVA, Antonia Zulmira da. **Processos identitários dos professores que ensinam matemática**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Londrina, 2020.

SILVA, M. C. V.; AGUIAR, M. C. C.; MONTEIRO, I. A. Identidade profissional docente: interfaces de um processo em (re)construção. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p.735-758, maio/ago. 2014.

SANTOS, L.; QUINTANEIRO, T.; GIRALDO, V. Identidade e prática de formadores de professores em cursos de licenciatura em matemática. *In*: **Identidade Profissional de Professores que Ensinam Matemática**. Pimenta Cultural, 2020.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

Anderson Barros da Silva

Mestre em Ensino de Ciências pela Unicsul. Especialização em Educação para Ambientes Virtuais. Bacharel em Psicologia. Licenciado em Pedagogia. Graduado em Tecnologia em Gestão de Recursos Humanos. Coordenador de cursos na área de gestão e negócios. Professor assistente II e membro da Equipe Multidisciplinar do grupo Cruzeiro do Sul Educacional. Experiência na área de Administração, com ênfase em Gestão de Pessoas e Psicologia.

E-mail: psicologo.andersonbarros@gmail.com

Priscila Bernardo Martins

Pós-doutora, doutora e mestra em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul. Licenciada em Pedagogia e Matemática. Especialista em Educação a Distância, elaboração de materiais, tutoria e Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu e do Curso de Pedagogia da Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: priscilabmartins11@gmail.com

4

Silmar José Spinardi Franchi
Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin-Franchi

A NARRATIVA COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE QUÍMICA:

**DISCUTINDO A POLISSEMIA E A
NATUREZA DOS MODELOS CIENTÍFICOS**

RESUMO:

O capítulo propõe uma estratégia didática inovadora para superar a dificuldade de estudantes de Química em compreender a natureza dos modelos científicos. Parte da constatação de que muitos alunos chegam ao ensino superior com visão ingênua de realismo, confundindo modelo com cópia literal da realidade, o que prejudica o pensamento crítico e a compreensão da evolução histórica dos modelos. Para desconstruir essa concepção, sugere-se o uso de uma crônica narrativa original - "O Enigma do Ministro" - como situação-problema metacognitiva. Nela, jornalistas tentam explicar, com hipóteses criativas e às vezes absurdas (como a chegada do ministro em tapete voador), um fenômeno observável cuja causa é desconhecida. A narrativa explora intencionalmente a polissemia cotidiana da palavra "modelo" (design, profissão, exemplar ético, réplica) para, em seguida, evidenciar o processo de construção, teste, falseamento e aceitação social de explicações — espelhando o método científico. Por meio de análise guiada, a crônica permite discutir a provisoriade dos modelos, a diferença entre verdade ontológica e utilidade epistemológica, e analogias diretas com temas químicos clássicos (evolução dos modelos atômicos, mecanismos de reação, estruturas de Lewis, hibridização). A sequência didática final (leitura dramática, debate e transposição para conteúdos de Química) favorece a aprendizagem ativa e a reflexão epistemológica, ajudando o estudante a distinguir o mapa (modelo) do território (realidade).

Palavras-chave: Ensino de Química; Crônicas; Modelos.

INTRODUÇÃO

A Química é, por natureza, uma ciência de fronteiras. O químico transita constantemente entre o mundo sensível — aquilo que vê, toca e cheira — e um mundo abstrato, povoado por entidades invisíveis que explicam a realidade material. Para navegar entre esses universos, a ferramenta intelectual mais poderosa de que dispomos é a modelagem.

No contexto do Ensino Superior de Química, a compreensão profunda dos fenômenos exige que o estudante opere simultaneamente em três níveis distintos de representação do conhecimento, conforme proposto classicamente por Johnstone (1982). O primeiro é o nível macroscópico (o observável, o tangível, como a mudança de cor em um tubo de ensaio); o segundo é o nível submicroscópico (o particulado, envolvendo átomos, moléculas e íons); e o terceiro é o nível representacional ou simbólico (fórmulas, equações, gráficos e modelos).

A grande barreira pedagógica reside no fato de que o nível submicroscópico é inacessível aos sentidos. Ninguém jamais “viu” um orbital ou uma ligação química da mesma forma que vê uma cadeira. Para tornar essas entidades inteligíveis, a ciência constrói modelos. Segundo Justi e Gilbert (2002), um modelo não é a realidade em si, mas uma representação simplificada e intencional de um objeto, evento ou processo, criada com o objetivo específico de explicar ou prever fenômenos (JUSTI; GILBERT, 2000; GIERE, 1988).

No entanto, observa-se na sala de aula uma frequente confusão epistemológica. Os estudantes, muitas vezes, chegam ao Ensino Superior trazendo uma visão de “realismo ingênuo”, na qual confundem o modelo com a própria realidade (CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2004; MORTIMER; AMARAL, 1999). Para eles, o átomo é a bola rígida de Dalton ou o sistema planetário de Rutherford, e não uma construção teórica provisória sujeita a revisões.

Essa confusão é agravada pela polissemia da palavra “*modelo*”. Na linguagem cotidiana, “*modelo*” pode significar uma réplica em escala reduzida (como um avião de brinquedo), um ideal de perfeição (um “*aluno modelo*”) ou uma referência estética (uma “*top model*”). Quando o professor de Química utiliza o termo sem a devida transposição didática, o aluno tende a associar o modelo científico a uma cópia fiel e estática da realidade, ignorando seu caráter abstrato, parcial e hipotético.

A falha em compreender a natureza da modelagem impede o desenvolvimento do pensamento crítico científico. Se o aluno acredita que o modelo é a verdade absoluta, ele não entende por que os modelos mudam historicamente (como a evolução dos modelos atômicos) ou porque usamos modelos diferentes para explicar o mesmo fenômeno (como usar Lewis para explicar ligações simples, mas orbitais moleculares para explicar o paramagnetismo).

Portanto, faz-se necessário criar estratégias didáticas que problematizem o conceito de modelo antes de aprofundar-se nas teorias químicas complexas (JUSTI; GILBERT, 2002). Este capítulo propõe o uso da narrativa literária — especificamente o gênero literário *crônica* — como um recurso metacognitivo. Através da leitura e análise de uma situação cotidiana análoga à investigação científica, busca-se desconstruir os significados de senso comum da palavra “*modelo*” e edificar, junto aos estudantes, uma concepção de modelo científico como uma ferramenta explicativa, validada por evidências, mas distinta da realidade que busca descrever.

A CRÔNICA: O RECURSO DIDÁTICO

Para instigar a discussão sobre a natureza dos modelos sem incorrer inicialmente na aridez das definições técnicas, propõe-se o uso de uma narrativa metafórica. A crônica a seguir, intitulada

para fins didáticos de “O Enigma do Ministro”, serve como situação-problema disparadora.

O texto apresenta um cenário cotidiano em que personagens tentam explicar um fenômeno observável (a chegada de uma autoridade) cujas causas são desconhecidas, simulando, de forma lúdica, o processo de construção de modelos científicos (JOHNSTONE, 1982).

O ENIGMA DO MINISTRO

Muitos jornalistas aguardavam a entrevista com o primeiro-ministro, cuja chegada estava cercada de muita segurança e era desconhecida por todos. Enquanto aguardavam, um dos repórteres dirigiu-se ao colega de profissão:

- Não estou satisfeito com esse modelo de roupa! Pena que não conseguirei substituí-la a tempo – disse João.
- Que nada! – respondeu Justino. Você ficou muito bem usando este terno! Até parece um modelo da TV. Mas vamos ao que interessa: você sabe de que forma o primeiro-ministro chegará até nós, para conceder sua entrevista?

André, outro repórter, entra na conversa:

- Pelo que me informei junto ao pessoal da segurança, o primeiro-ministro virá em um automóvel, um Rolls-Royce.
- Não acredito que ele venha de Rolls-Royce, pois chamaria muito a atenção – diz Justino aos demais.
- Eu estou na dúvida também... O ministro é um homem distinto, muito popular e um modelo de político e cidadão. Espécie em extinção no meio político... Acho que ele virá de outra maneira – diz João.

Depois de dez minutos, eles percebem uma grande movimentação na rua. Um forte esquema de segurança vem cercando o Rolls-Royce, que, vagarosamente, estaciona. Quatro homens importantes do governo descem do carro, restando apenas o motorista. O primeiro-ministro não estava entre eles.

Em menos de cinco minutos, os quatro homens do governo se apresentam, juntamente com o primeiro-ministro, para que a entrevista começasse. Certamente ele havia chegado de outra maneira...

Em meio à entrevista, Justino se pergunta como o ministro havia chegado até aquele hotel em que eles se encontravam. Não se viu helicóptero, nem outros carros além do Rolls-Royce.

- Talvez ele tenha entrado por outra portaria – pensava – ou até mesmo tenha chegado aqui usando um tapete voador...

Imediatamente Justino começou a rir de si, dada sua imaginação fértil. Terminada a entrevista, partilhou este seu pensamento com os demais repórteres, André e João.

- Só você para imaginar isso... – diz André, sacudindo a cabeça.
- Vamos fazer um exercício mental: provem que estou errado na minha imaginação – desafia Justino.
- A gente sabe que você está errado, nem precisamos provar nada – responde André.
- Não importa se estou certo ou errado! O que importa é que eu tenho uma explicação “razoável” para a chegada do primeiro-ministro e vocês não têm!
- Claro que tenho! – diz João. Imagino que ele tenha chegado em outro carro e em outro momento.
- Nós podemos checar isso – diz André. Vamos até a seção de segurança.

E foram. Chegando lá, eles olharam as gravações das câmeras de segurança interna, com a permissão dos oficiais, não encontrando sequer uma pista que ajudasse na possível explicação proposta por João. Enquanto João continuava a olhar as imagens, André dirige-se, rindo, a Justino:

- Agora pouco nós descrevemos três diferentes definições de modelo e nem prestamos a atenção.
- Concordo – diz Justino. Falamos de modelo de roupa, de modelo de carro, e de modelo enquanto pessoa exemplar – como no caso do primeiro-ministro.
- E você conhece modelos de tapetes voadores? Não vai me dizer que você realmente acredita que possam existir tais tapetes... – diz André.
- Já falei que isso não importa. O fato é que o ministro chegou aqui de uma forma desconhecida por nós. E como nós não sabemos, o que podemos fazer é usar nossa imaginação.

João segue dizendo:

- O ministro também não chegou antes do horário previsto, conforme havíamos pensado. Estou quase acreditando que ele veio em um tapete voador...

Os oficiais que observavam a conversa estranha entre os repórteres, sabiam como o primeiro-ministro havia chegado àquele hotel. E riam daqueles dois e da forma como a explicação do tapete voador ganhava importância. Assim, eles disseram aos repórteres ali presentes:

- Vocês já checaram se o ministro não veio de helicóptero?
- Ainda não – diz André – mas nem sei se é necessário, até porque em eventos de tanta segurança, o espaço aéreo fica fechado, não sendo permitido nenhum voo.

- Nós podemos ter essa informação com precisão. Esperem alguns minutos – reporta um dos oficiais, tramando uma travessura.

Nesse meio tempo, um dos oficiais saiu da sala e foi até o andar de cima do mesmo prédio, esperando que seu amigo lhe chamasse no ramal. O telefone tocou e começaram o falso diálogo, com a função viva-voz ativada para que todos os presentes naquela sala ouvissem:

- É da central de controle do espaço aéreo?
- Positivo – responde o outro oficial no andar de cima.
- Aqui é da segurança do hotel. O espaço aéreo continua fechado?
- Afirmativo.
- Obrigado.

Assim que o oficial desligou o telefone, André e João se entreolharam e disseram:

- Será que Justino tem razão?

Os dois oficiais ainda acrescentaram:

- Não sei se vocês sabem, mas nosso governo criou a algum tempo alguns objetos voadores que se assemelham a um tapete voador. Eles fazem curvas, tem piloto automático, navegação precisa e operam com o nitrogênio do ar como combustível, possuindo assim, grande autonomia. Só não são muito velozes, voando no máximo a 60 km/h. São usados em missões secretas, em espionagem, e em missões que envolvem grande risco para alguma pessoa. Como não emitem quase nenhum som e são invisíveis aos radares, podem ter sido usados hoje, ainda mais porque podem ser guardados com um tapete, em qualquer lugar...

Justino havia percebido que os oficiais estavam “colaborando” com sua explicação. Para que André e João acreditassem mais ainda em sua teoria, ele pergunta aos oficiais, encostando-se na janela:

- Se o ministro realmente veio nesse tal tapete, então ele deve ter entrado por alguma janela...
- E entrou – diz o oficial, apontando para a janela em que Justino estava escorado.

A maneira de pensar e interpretar a chegada do primeiro-ministro, por parte de Justino (com a ajuda dos oficiais) havia sido tão envolvente, que, mesmo não sendo a realidade em si, parecia verossímil, servindo como potencial explicação para o enigma, ainda reforçada por todas as “pistas” de que sua ideia era a mais verossímil, ou até mesmo a correta. André e João o cumprimentavam, dizendo:

- Pelo jeito você acertou...

Justino riu da expressão de seus amigos, mas tinha algo a dizer-lhes:

- A linha de raciocínio que utilizei para tentar explicar algo tão simples, mas que não conhecemos, certamente é fruto de minha imaginação. Meus argumentos e ideias foram reforçados pelas informações que os oficiais nos passaram, que foram muito úteis para que vocês aceitassem minha explicação e concordassem com ela, por mais absurda que ela pudesse parecer.

João, entendendo o que Justino dizia, acrescenta:

- Na verdade, sua ideia de que o primeiro-ministro “das arábias” chegou com o tapete voador é apenas o seu entendimento, a sua leitura do fato real de que ele chegou aqui de uma maneira que desconhecemos. Tanto André quanto eu tivemos nossos pensamentos e interpretações, mas que não

possuíam argumentos sólidos para se manterem. Ainda mais com os oficiais ajudando você!

André intervém:

- Bem que você falou que não importa se acreditávamos ou não em tapetes voadores. Independentemente de ser algo real ou imaginário, você tem uma interpretação para a chegada do ministro e ela te serve bem, ou seja, mesmo que não seja real, ela é capaz de explicar a chegada do ministro, reforçada com o dado experimental fornecido pelos oficiais – mesmo que falso – de que existem tapetes voadores ou algo parecido em utilização por aí.
- Sim! – diz Justino. Todos nós construímos modelos que tentassem explicar a chegada do primeiro-ministro, mas o modelo mais razoável foi o que eu imaginei. Em seguida, adicionei algumas ideias a ele, aperfeiçoando-o. Como os modelos que vocês imaginaram acabaram não dando conta de explicar o fato real, foram descartados e abandonados em favor do meu!
- Parece-me que aqui está uma quinta explicação para o termo modelo... – diz André.
- Não tenho dúvida – diz João.

Os três jornalistas realmente não sabiam como o ministro havia chegado e essa informação lhes parecia importante. Dirigindo-se aos oficiais da segurança, que eram os únicos que tinham a resposta real/verdadeira, perguntaram-lhes:

- Aqui entre nós: como vocês colocaram o ministro aqui dentro, sem que ninguém percebesse?

O mais engraçadinho entre eles disse:

- Nós só abrimos a janela quando ele, em seu tapete, buzinou ali fora, hehe...

- Ah, sim, com certeza! – diz André. E no ano passado? O que o Papai Noel trouxe de presente para você? Deixem de nos enrolar!

Todos riram da expressão de André.

O outro oficial explicou:

- É que gostamos da explicação de Justino! Mas, para que vocês fiquem sabendo, o primeiro-ministro é um homem de uma cultura e fineza impressionantes. Ele não abriria mão de dirigir aquele maravilhoso Rolls-Royce...

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE INTERPRETATIVA: DESCONSTRUINDO O ENIGMA

Após a leitura da crônica, o passo seguinte é realizar a mediação pedagógica, dissecando o texto para revelar as camadas de significado que tocam diretamente na epistemologia da Ciência. A narrativa não é apenas um conto de mistério; é um laboratório semântico onde diferentes concepções de “modelo” colidem umas com as outras.

Abaixo, propõe-se um roteiro de análise dividido em dois eixos principais: a polissemia linguística e a analogia com o método científico.

A POLISSEMIA DA PALAVRA “MODELO”

O primeiro obstáculo no ensino de modelos é a linguagem. No cotidiano, a palavra “*modelo*” possui significados que, se transferidos

literalmente para a Química, geram concepções errôneas (concepções alternativas). Na crônica, identificamos quatro usos do senso comum antes de chegarmos ao conceito científico:

- Modelo como Design/Tipo: “Não estou satisfeita com esse modelo de roupa” e “modelo de carro”. Aqui, modelo refere-se a um padrão industrial ou estético.
- Modelo como Profissão/Beleza: “Até parece uma modelo da TV”. Refere-se à profissão de manequim ou a um padrão de beleza.
- Modelo como Ideal Ético: “Um modelo de político e cidadão”. Refere-se à perfeição moral, algo a ser copiado por ser “o correto”.
- Modelo como Réplica (Implícito): A ideia de que o modelo deve ser uma cópia fiel da realidade.

O impacto no Ensino de Química: quando um professor fala do “*Modelo Atômico de Dalton*”, o aluno frequentemente acessa o sentido de réplica ou cópia em miniatura. Isso leva ao erro comum de acreditar que o átomo é, literalmente, uma bola de bilhar microscópica, dura e colorida. O aluno confunde a analogia (*bola de bilhar*) com o modelo (esfera maciça, indivisível e indestrutível). É crucial enfatizar que, na ciência, um modelo não é um ideal de perfeição (sentido ético) nem uma cópia da realidade (sentido de réplica), mas uma representação funcional que explica dados observáveis.

A CONSTRUÇÃO DE JUSTINO: UMA ANALOGIA À CIÊNCIA

A segunda camada de análise foca na postura do personagem Justino. Embora sua conclusão (o tapete voador) seja absurda para o senso comum, o processo que ele utilizou mimetiza a construção do conhecimento científico. Podemos mapear essa construção em quatro etapas:

- O Fenômeno (*A Caixa Preta*): O fato observável é inegável: o Ministro estava fora do hotel e, momentos depois, estava dentro. O mecanismo de transporte é desconhecido. Em Cibernética e na Ciência, o termo empregado é uma Caixa Preta. Conhecemos o *input* (entrada) e o output (saída), mas não temos acesso direto ao processo interno. Na Química, isso é análogo a observar que o Hidrogênio reage com Oxigênio para formar Água, mas não vemos as ligações se quebrando e se formando. Precisamos criar um modelo para explicar o que ocorre dentro da "caixa".
- A Hipótese (A Imaginação Criativa): Diante da falta de dados diretos, Justino usa a imaginação: "*Talvez ele tenha vindo de tapete voador*". Na Química, a ciência exige criatividade. A hipótese nasce da imaginação, mas deve ser submetida a testes.
- O Teste e o Falseamento: Os personagens tentam derrubar as hipóteses.
 - Hipótese "*Carro*": Falseada pelas câmeras de segurança.
 - Hipótese "*Helicóptero*": Falseada pelo controle de tráfego aéreo.
 - Hipótese "*Tapete*": Não foi falseada (a janela estava aberta e os guardas confirmaram a existência de "drones" parecidos). Na Química, um determinado modelo prevalece não porque é a "verdade absoluta", mas porque é o único que sobreviveu aos testes de falseamento e explica as evidências disponíveis naquele momento histórico.
- A Comunidade Científica (O Consenso): A validação do modelo do tapete voador ocorreu socialmente. Os guardas (autoridades) forneceram "dados empíricos" (os tapetes militares secretos) e os jornalistas (os pares) aceitaram a explicação como a mais plausível ("razoável", nas palavras de Justino). Na Química, o conhecimento científico é uma construção social. Mesmo que o modelo do tapete voador

fosse “falso” em relação à realidade (o Rolls-Royce), ele foi funcional e aceito pela *comunidade local*, ou seja, pelos personagens da crônica fictícia, dentro daquele cenário e momento histórico.

APLICAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Uma vez estabelecida a compreensão da natureza dos modelos através da crônica, o docente deve promover a transposição para conteúdos específicos do currículo de Química. A narrativa oferece “ganchos” conceituais que permitem revisitar tópicos clássicos sob uma nova ótica epistemológica.

A Evolução dos Modelos Atômicos: A Provisoriedade e a Adequação Empírica

Na crônica, Justino construiu um modelo interpretativo (o tapete voador) que possuía adequação empírica naquele contexto: ele explicava o deslocamento do ministro e era coerente com a ausência de outros veículos visíveis. O modelo “funcionava” para os jornalistas, até que uma nova informação (a revelação dos guardas sobre o Rolls-Royce) tornou o modelo obsoleto.

No ensino de Química Geral, esta dinâmica é análoga à transição do modelo de Thomson para o modelo de Rutherford, referentes à interpretação do átomo:

- a. O “Tapete Voador” de Thomson: O modelo do “*Pudim de Passas*” não era uma alucinação; era uma construção lógica que explicava satisfatoriamente os fenômenos elétricos conhecidos na época. Ele era o “tapete voador” da comunidade científica do final do século XIX: funcional e aceito.

- b. O “*Rolls-Royce*” de Rutherford: Quando o experimento de espalhamento de partículas alfa revelou que a massa estava concentrada em um núcleo minúsculo, o modelo de Thomson falhou. Ele não conseguia explicar os “novos dados” (as partículas que ricocheteavam).

A lição crucial aqui é que modelos científicos não são descartados por estarem “errados” no sentido moral, mas por perderem sua capacidade explicativa diante de novas evidências. Nesse sentido, podemos apresentar outros conceitos aos quais a lógica interna para sua compreensão se aproxima daquilo que a crônica nos propõe.

Cinética Química e Mecanismos de Reação: Inferindo o Invisível

A situação do hotel descrita na crônica é um exemplo clássico de um sistema “Caixa Preta”.

- Estado Inicial (Reagentes): *O ministro está fora do hotel.*
- Estado Final (Produtos): *O ministro está dentro do hotel.*
- Processo (Mecanismo): *Ocorreu dentro de uma janela de tempo e espaço não observada diretamente pelos jornalistas.*

Em Físico-Química, especificamente no ensino do conceito de Cinética, enfrentamos o mesmo dilema. Observamos macroscopicamente o desaparecimento dos reagentes e o aparecimento dos produtos, mas o caminho que a reação percorre (o mecanismo de reação) é uma construção teórica inferida.

- O Mecanismo de reação: É a proposta teórica de como as moléculas colidem e se transformam. Assim como Justino propôs passos lógicos (*chegada silenciosa, entrada pela janela*), o químico propõe etapas elementares.
- O Complexo ativado: É uma estrutura transitória, de alta energia e vida curtíssima, que existe no topo da barreira

energética. Raramente “vemos” ou isolamos um complexo ativado; nós inferimos sua existência e estrutura baseados em leis de velocidade e dados termodinâmicos. Ele é, em essência, tão elusivo quanto o tapete voador: uma necessidade teórica para explicar como se vai do estado A ao estado B, ou reagentes para produtos.

PROPOSTA DE ATIVIDADE PARA SALA DE AULA

Para transformar a leitura deste capítulo em uma experiência de aprendizagem ativa, sugere-se a aplicação da seguinte sequência didática. O objetivo é mobilizar os conceitos de verdade ontológica (o que a realidade é) *versus* utilidade epistemológica (como explicamos a realidade) através da interação dialógica.

Etapa 1: A Imersão (Leitura Dramática)

Ao invés de uma leitura silenciosa, recomenda-se a leitura dramática da crônica em sala de aula.

Organização: Selecione cinco voluntários para os papéis de Narrador, Ritinha, Justino, André e Oficiais de Segurança.

Dinâmica: Peça que os estudantes leiam com entonação, especialmente nos momentos de debate sobre o tapete voador. Isso quebra a formalidade da aula e prepara o terreno para a discussão.

Etapa 2: O Debate (Verdade vs. Utilidade)

Após a leitura, inicie um debate guiado com a turma:

- a. “O modelo do tapete voador era verdadeiro?” (Não, a realidade era o Rolls-Royce).

- b. “O modelo do tapete voador era útil?” (Sim, explicava a chegada e permitia previsões, como a entrada pela janela).
- c. “O modelo do tapete voador era científico?” (Sim, pois era lógico, baseado em evidências e aceito pela comunidade local).

Conclusão da Etapa: O professor deve mediar a discussão para que os alunos concluam que um modelo não precisa ser “a realidade” para ser uma ferramenta poderosa de explicação.

Etapa 3: O Paralelo com a Química (Modelos “Falsos”, mas Úteis)

Esta é a etapa de consolidação. Peça aos alunos que citem modelos que usamos diariamente na graduação, que sabemos não serem “a realidade física”, mas que mantemos porque são didática e previsivelmente úteis (heurísticos). Exemplos:

- O Modelo de Lewis (Regra do Octeto): O “Tapete Voador” são os átomos como letras rodeadas de pontos estáticos. Na realidade, elétrons são probabilísticos. Permanecemos usando a Regra do Octeto porque prevê estequiometria rapidamente.
- Estruturas de Ressonância: As estruturas de ressonância são apenas formas de representação, pois o benzeno (p. ex.) nunca “alterna” entre estruturas; ele é um híbrido estável, adequadamente explicado por algum modelo interpretativo de ligação química mais elaborado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória de Justino e seus colegas jornalistas nos oferece uma metáfora final sobre a própria essência da atividade científica. Ao longo da crônica, vimos que a preocupação central dos personagens

se deslocou da busca pela “verdade nua e crua” para a construção de uma explicação coerente que satisfizesse as dúvidas diante das evidências disponíveis.

No ensino de Química, e nas Ciências da Natureza de modo geral, é imperativo desconstruir a visão positivista de que a Ciência é o caminho seguro rumo a uma *Verdade Absoluta e imutável*. O químico não vê o átomo; ele vê o resultado de interações que interpreta como um átomo. Portanto, a ciência não trata do que o mundo é em sua essência última, mas sim de como podemos representá-lo da maneira mais robusta, preditiva e explicativa possível.

Assim como o modelo do tapete voador foi validado temporariamente porque explicava o fenômeno e resistia aos testes de falseamento, os modelos científicos são validados por sua adequação empírica.

Concluimos, portanto, que a tarefa do educador em Química ultrapassa a transmissão de fórmulas e nomenclaturas. Envolve convidar o estudante a entrar no jogo da modelagem, equipando-o para distinguir entre o mapa (o modelo) e o território (a realidade). Afinal, na ciência, assim como na crônica, muitas vezes o “tapete voador” bem fundamentado é a melhor ferramenta que temos para navegar no desconhecido, até que a próxima evidência nos force a pousar e desenhar um novo veículo.

REFERÊNCIAS

CHITTLEBOROUGH, Gail; TREAGUST, David F. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the nature of models. **Research in Science Education**, v. 34, p. 357-380, 2004. DOI: 10.1007/s11165-004-2989-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-004-2989-6>. Acesso em: 24 nov. 2025.

GIERE, Ronald N. **Explaining science: a cognitive approach**. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

JOHNSTONE, Alex H. Macro- and microchemistry. **School Science Review**, v. 64, n. 226, p. 377-379, 1982. Disponível em: <https://www.ase.org.uk/resources/school-science-review/issue-226>. Acesso em: 24 nov. 2025.

JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Science teachers' knowledge about models and modelling. /n: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn; ELMER, Regina (org.). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 155-176. DOI: 10.1007/978-94-010-0876-1_9. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0876-1_9. Acesso em: 24 nov. 2025.

JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002. DOI: 10.1080/09500690110110142. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500690110110142>. Acesso em: 24 nov. 2025.

MORTIMER, Eduardo Fleury; AMARAL, Luiz Orlando Ferreira do. A química como disciplina escolar: a questão dos modelos e das representações. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 3-7, maio 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/artigo01.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

Silmar José Spinardi Franchi

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação, Departamento de Ciências Exatas e Educação. 89065-200, Blumenau – SC.

E-mail: silmar.franchi@ufsc.br

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin-Franchi

Instituto Federal Catarinense – IFC - Campus Blumenau. 89070-270, Blumenau – SC.

E-mail: gfranchi_m@yahoo.com.br

5

*Antonia Naiara de Sousa Batista
Antonia Bianca Braga de Oliveira
Francisco Wesley Pereira de Oliveira
Taynara Bittencourt Amaral*

FONTES HISTÓRICAS PRESENTES NA HISTÓRIA DA MATEMÁTICA:

**POSSIBILIDADES PARA O ENSINO
DE ARITMÉTICA E GEOMETRIA**

RESUMO:

A história da matemática é um campo de pesquisa, da qual distintos recursos históricos podem emergir, entre eles, tem-se instrumentos, máquinas, livros, tratados, cartas, entre outros, que podem ser direcionados para o ensino de matemática. Assim, o intuito desse capítulo é apresentar alguns documentos originais, entre eles, hindus e portugueses, que podem ser incorporados à sala de aula para o ensino de aritmética ou de geometria. Quanto aos procedimentos desse estudo, o mesmo se delinea como documental, pois essas fontes históricas não receberam ainda um tratamento analítico, ou podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa. Esses documentos originais são materiais provenientes de uma determinada sociedade do passado, que podem ser utilizados para promover a construção do conhecimento na articulação entre história e ensino da matemática. Desta forma, será apresentado três documentos originais, sendo eles, *Chronographia, Reportorio dos Tempos...* (1603) e *Arte de Navegar... e Roteiro...* (1712), e *Vedic Mathematics or Sixteen Simple Mathematical Formulae from the Vedas* (1965), que se configuram como recursos advindos da história da matemática e que podem possibilitar a mobilização de conhecimentos geométricos por meio da construção e uso de instrumentos matemáticos e aritméticos através de algoritmos antigos, respectivamente. Portanto, esse estudo visa contribuir para as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas levando em consideração estratégias que possam ajudar na incorporação de elementos da história da matemática na sala de aula.

Palavras-chave: Fontes históricas; História da matemática; Ensino de Matemática.

INTRODUÇÃO

O uso de recursos advindos da história da matemática em sala de aula tem conquistado cada vez mais espaço na formação de inicial de professores de matemática e na Educação Básica. Tzanakis *et al.* (2000) apresentam algumas maneiras de incorporar aspectos da história em sala de aula, sendo elas, por meio de trechos históricos, projetos de pesquisa baseados em textos históricos, fontes primárias, fichas de exercícios, problemas históricos etc.

Esses materiais podem ser estudados por meio de duas perspectivas, historiografia tradicional ou atualizada, sendo a primeira voltada para uma reconstrução da história partindo do presente em direção ao passado, e a outra em um percurso inverso, de modo a descrever esse objeto histórico partindo do passado, e entendendo a história como era em uma determinada época, para então dialogar com o presente, evitando assim, anacronismos (Saito, 2015).

Quando a perspectiva historiográfica atualizada é incorporada nas práticas de desenvolvimento da pesquisa é possível conhecer aspectos sociais, econômicos, culturais, religiosos e principalmente matemáticos de um período específico. Todavia para que isso aconteça é necessário partir de um recurso que se encontra no cerne da história da matemática.

No entanto, estudar esses recursos de forma isolada na história se torna um obstáculo para conhecer sua forma de elaboração e disseminação em uma época. Por isso é necessário realizar pesquisas cujas quais esses recursos estejam incorporados em fontes históricas, como por exemplos, tratados, cartas, folhetos, entre outros, que podem dar suporte para compreender determinados elementos da história que estão envolvidos com o objeto de pesquisa.

Assim, nesse estudo será abordado alguns tratados históricos que poderão dar suporte a estudo de métodos de cálculos

disseminados na história ou a construção e uso de instrumentos astronômicos, de navegação ou de agrimensura. Entre esses documentos, pode-se destacar, a *Chronographia, Reportorio dos Tempos...* (1603), *Arte de Navegar...* e *Roteiro...* (1712) e *Vedic Mathematics or Sixteen Simple Mathematical Formulae from the Vedas* (1965).

Essa pesquisa possui um arcabouço documental, pois “vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa” (Gil, 2002, p. 45). Esses tratados históricos são fontes que podem ser exploradas, de modo a analisar os objetos matemáticos expostos nelas e futuramente serem aplicados em sala de aula.

Assim, esse capítulo tem como objetivo apresentar alguns documentos originais, entre eles, hindus e portugueses, que podem ser incorporados à sala de aula para o ensino de aritmética ou de geometria. Desta forma, o capítulo se encontra dividido em seis partes, sendo: o primeiro a introdução que trata sobre os aspectos gerais do estudo; a segunda parte que aborda os diferentes tipos de fontes históricas; o terceiro, quarto e quinto com os distintos tratados disseminados na história; e por fim algumas ponderações finais sobre a pesquisa.

O USO DE FONTES HISTÓRICAS NO ENSINO DE MATEMÁTICA

Tzanakis *et al.* (2000) destacam algumas formas de integrar a história no ensino de matemática e uma delas é por meio de fontes históricas que podem ser subdivididas em fonte primária, secundária e didática. No que se refere a fonte primária os autores caracterizam os materiais como “trechos de documentos matemáticos

originais” e a fonte secundária como “livros didáticos com narrativas históricas, interpretações, reconstruções etc.” (Tzanakis *et al.*, 2000, p. 212, tradução nossa).

E por fim, a fonte didática seria “o conjunto de literatura que é extraído de escritos primários e secundários com o objetivo de adotar uma abordagem (incluindo exposição, tutorial, exercício etc.) inspirada pela história” (Tzanakis *et al.*, 2000, p. 212, tradução nossa). Inclusive, segundo os autores essa categoria é uma das mais escassas, pois necessita de materiais cujo quais professores e educadores matemáticos precisam elaborar a partir das duas primeiras categorias, de modo a destinar para a formação inicial e continuada de professores com um vocabulário mais acessível.

Olhando a história por uma perspectiva historiográfica atualizada, Silva e Pereira (2021, p. 230) destacam que essas fontes históricas são “materiais provenientes de uma determinada sociedade do passado como “documentos originais”, que podem ser utilizados para promover a construção do conhecimento na articulação entre História da Matemática e ensino”. De acordo com as autoras a classificação desse material como fonte primária ou secundária possui relação com o intuito e acesso desse professor ou educador matemático para com o documento mediante a pesquisa.

Um exemplo significativo apresentado pelas autoras se refere ao tratado *Chronographia, Reportorio dos Tempos...* estudado a fundo pelas autoras Pereira, Batista e Silva (2017), sendo considerado uma fonte primária para o estudo do instrumento balhestilha contido nele. No entanto, Silva e Pereira (2021, p. 232) destacam que esse documento poderia ser uma fonte secundária caso o “objetivo não seja analisá-la, mas utilizá-la para inferir dados de outro documento ou para entender o fazer científico dessa época”.

Assim, as autoras concluem que a classificação desses documentos originais “dependerá do objetivo do educador matemático que está realizando a pesquisa, em que ele decidirá qual o melhor

documento para analisar e formará uma rede de textos que iluminarão o principal e a construção dos conhecimentos a partir dele” (Silva e Pereira, 2021, p. 232). Ou seja, será a postura desse educador matemático perante o desenvolvimento da pesquisa e como irá utilizá-la que definirá que tipo de documento está sendo usado e como se comportará dentro do estudo desenvolvido.

Segundo Saito (2015, p. 27) dentro desse conjunto de documentos não estão só livros e tratados, “mas também cartas, manuscritos, minutas e documentos não só escritos, mas também aqueles da cultura material, tais como instrumentos, monumentos, máquinas etc.” Esses materiais de acordo com Beltran, Saito e Trindade (2014) revelam no século XXI conhecimentos que foram elaborados, transmitidos e adaptados em outras épocas e sociedades.

Silva e Pereira (2021) destacam a diferença entre documentos e textos originais, pois como viu-se em Saito (2015) esses documentos possuem um caráter muito mais amplo, enquanto os textos originais estão inseridos dentro desses documentos ou tratados sobre específicos assuntos de uma época, sendo esses textos apenas parte desses maiores.

Inclusive as autoras apresentam alguns critérios para utilização desses textos originais em sala de aula, como por exemplo: Qual material deve-se utilizar?; Como utilizar o material?; Qual o objetivo ao incorporar esse material?; Em qual séries ou nível escolar pode-se aplicar?; Precisa-se fazer algum tratamento didático quanto ao seu conteúdo ou idioma?; Quando utilizar o texto original?; Qual a perspectiva historiográfica escolhida?. Esses critérios são importantes e dão subsídios para o planejamento do professor que buscar inserir aspectos históricos nas aulas de matemática.

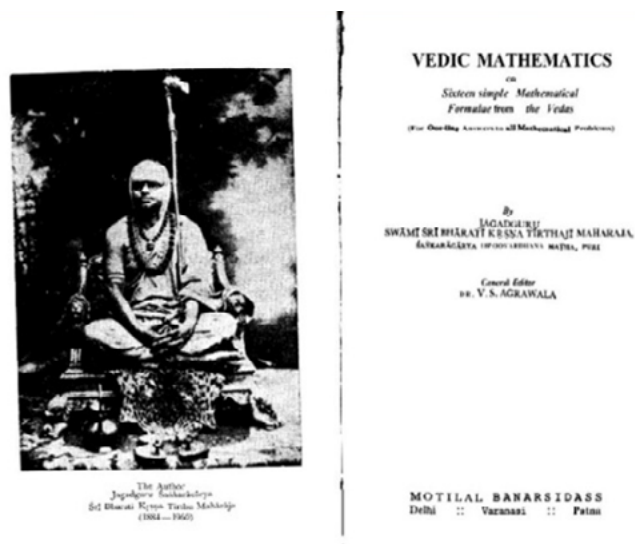
A seguir irar-se-a conhecer alguns documentos originais de diferentes períodos da história, entre eles, vinculados as matemáticas Hindu e no Renascimento que apresentam interessantes recursos para ser incorporados em sala de aula, como por exemplo, métodos

de cálculos aritméticos, construção de instrumentos históricos que mobilizam conhecimentos geométricos.

LIVRO DENOMINADO *VEDIC MATHEMATICS OR SIXTEEN SIMPLE MATHEMATICAL FORMULAE FROM THE VEDAS* (1965)

A obra intitulada, *Vedic Mathematics or Sixteen Simple Mathematical Formulae from the Vedas* (Figura X) é um livro escrito pelo autor Jagadguru Sankaracarya Sri Bharati Krsna Tirtha Maharaja (1884-1960). Este foi publicado postumamente, pela primeira vez em 1965, na cidade de Varanasi, Índia, pela editora Motilal Banarsidass. A obra, em sua versão original, é composta por 40 capítulos e possui 367 páginas.

Figura 1 – Frontispício *Vedic Mathematics* [...] (1965)



Fonte: Maharaja (1965).

O livro baseia-se no estudo de aforismos metafóricos, frases breves que condensam princípios essenciais, facilitando a memorização. Esses aforismos são tradicionalmente conhecidos como sutras. Na obra, o autor destaca a existência de 16 utras e 13 sub-sutras ou corolários, os quais foram traduzidos de um dos quatro textos sagrados hindus chamados de Vedas. O Veda, pelo qual Maharaja baseou seus estudos, recebe a denominação de Arthava-Veda. Durante um longo retiro de oito anos nas florestas da Índia, ele estudou o parisísta chamado Upaveda Sthapatya, um apêndice do Arthava-Veda, o qual, segundo o autor, continha os Sutras e seus corolários.

Para Maharaja (1965), um sutra é de fácil compreensão, aplicação e memorização, fato este muito importante para a realização de cálculo mentais. Além disso, para o autor, os Sutras englobam diversos ramos da matemática.

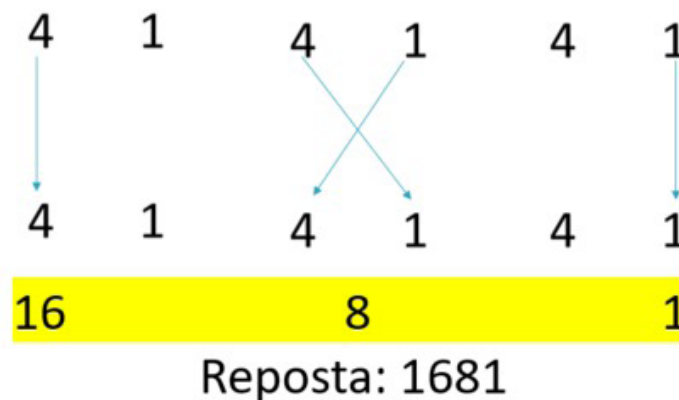
Os Sutras (aforismos) aplicam-se e abrangem cada parte de cada capítulo de cada ramo da matemática, incluindo aritmética, álgebra, geometria plana e espacial, trigonometria plana e esférica, cônicas geométricas e analíticas, astronomia, cálculo diferencial e integral [...]” (Maharaja, 1965, p. xvi, tradução nossa).

Neste ponto, o foco será dado ao princípio da multiplicação, tendo por base um dos dezesseis sutras, denominado “Urdhva-Tiryak”, que, traduzido do sânscrito, significa “verticalmente e transversalmente”. Sua aplicação estará direcionada à multiplicação de números de dois algarismos ou mais. Para a correta aplicação do sutra “Urdhva-Tiryak” é necessário conhecer o algoritmo multiplicativo pelo qual o aforismo se embasa. Desse modo, a tradução do método védico de multiplicação pode ser observada a seguir.

Multiplicamos o dígito mais à esquerda do multiplicando, verticalmente, pelo dígito mais à esquerda do multiplicador, obtemos seu produto e o definimos como a parte mais à esquerda da resposta.

Em seguida, multiplicamos o dígito mais à esquerda do multiplicando pelo dígito mais à direita do multiplicador e o dígito mais à direita do multiplicando pelo dígito mais à esquerda do multiplicador, transversalmente, somamos os dois, obtendo como soma e o colocamos abaixo como a parte do meio da resposta. E, por fim, multiplicamos o dígito mais à direita do multiplicando pelo dígito mais à direita do multiplicador e obtendo como produto e o colocamos como a última parte (a mais à direita) da resposta (Maharaja, 1965, p. 40). Um exemplo da aplicação do Sutra pode ser visualizado a seguir (Figura 2).

Figura 2 – Quadrado de 41 através do Sutra Urdhva-Tiryak



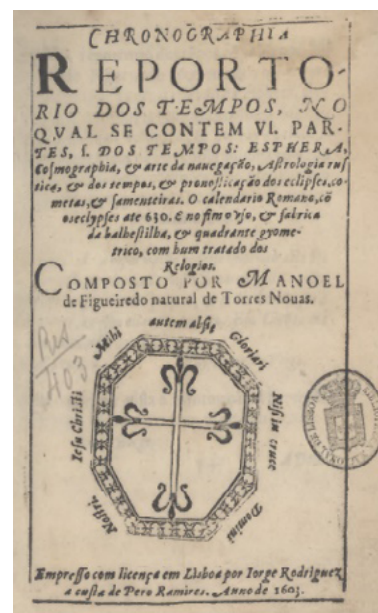
Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, o estudo da obra *Vedic Mathematics or Sixteen Simple Mathematical Formulae from the Vedas*, em especial, do sutra Urdhva-Tiryak explicita as potencialidades didáticas do seu uso no ensino e aprendizagem da multiplicação. Logo, essa temática também pode ser utilizada para a confecção de atividades que agregam aspectos históricos e matemáticos do período Védico, com a finalidade de proporcionar um ensino mais contextualizado historicamente. Além disso, essa abordagem agrega conhecimentos muito pertinentes para a formação de professores.

TRATADO INTITULADO *CHRONOGRAPHIA, REPORTORIO DOS TEMPOS...* (1603)

Escrita pelo Cosmógrafo-mor interino Manuel de Figueiredo (1568- c.1625), o documento *Chronographia, Reportorio dos Tempos...* (Figura 3) é de origem portuguesa sendo publicada em Lisboa no ano de 1603. Esse documento possui 284 folhas e é organizado em seis partes, no qual encontra-se reunidos diversos conhecimentos que estavam sendo disseminados nesse período como, a astronomia, a geografia, a astrologia, cosmografia, cosmologia, entre outros.

Figura 3 - Frontispício da *Chronographia, Reportorio dos Tempos...*



Fonte: Figueiredo (1603).

Além disso, no tratado há presença de alguns instrumentos matemáticos, entre eles, o astrolábio e agulha de marear situados na

terceira parte, a balhestilha ou radio astronômico, diferentes tipos de relógios, e por fim o quadrante que estão presentes na Sexta Parte ou Livro Sexto. Todos esses aparatos históricos possuem o texto de fabricação e uso no tratado, desta forma, é possível mobilizar conhecimentos de ordem histórico-cultural e matemáticos. Esse tópico será dado foco apenas ao instrumento denominado quadrante, a fim de entender como é possível mobilizar conhecimentos geométricos na sua construção.

Na Figura 4 pode-se observar que o formato do instrumento é composto por um quarto de círculo e um quadrado inscrito no seu centro. Os elementos que compõe o quadrante são: o limbo do quadrante que tem uma escala angular; duas pínulas alinhadas utilizados para a visualização; fio de prumo para a marcação do número na escala no instrumento; e por fim, *Umbra Versa* e *Umbra Recta*, escalas lineares do quadrante.

Figura 4 - Quadrante de Figueiredo (1603)



Fonte: Figueiredo (1603, f. 269).

Figueiredo (1603), inicia a construção argumentando que “nenhuma dificuldade haverá no modo de fabricar um quadrante, o qual é retirado de uma quarta parte de círculo, cujo arco dividiremos em noventa partes iguais como se divide cada quarto de círculo [...]” (Figueiredo, 1603, f. 268). Dito isso, alguns conhecimentos geométricos são mobilizados como: circunferência, semicircunferência e retas perpendiculares para construir o um quarto de círculo, já para a graduação em noventa partes iguais pode-se notar a presença de bissetriz e trissecção de ângulos.

Logo após o autor descreve a parte superior do quadrante como: “[...] no lado onde acabarão os noventa graus lhe fixaremos dois quadrados da mesma matéria em que se fabricar, de latão, nos quais haverá dois burachinhos por onde se observa o sol, e por cima deles duas fendas por onde se observarem as estrelas [...]”. Durante essa passagem do texto, é discutido sobre dois quadrados que mais adiante é denotado como pínulas, que tem como objetivo a visualização do astro.

No que diz respeito ao fio de prumo Figueiredo (1603, f. 268) descreve que a princípio deve-se fixar no vértice E, de modo a ressaltar que “[...] no centro onde se fabricou será fixado um fio muito sutil com um peso de meio aratal [...]”. Esse elemento do quadrante auxilia na marcação nas escalas, além de manter o equilíbrio do instrumento trabalhando os conceitos de paralelismo e perpendicularidade

Por fim pode-se ver a construção da escala linear do quadrante, utilizado para agrimensura. Ao observar a Figura 3 é possível visualizar um quadrado inscrito em um quarto de círculo e uma escala que é dividida em doze partes iguais cada lado, Figueiredo descreve da seguinte forma:

[...] da circunferência para dentro se põe outro quadrado, o qual será para a geometria, o qual é partido por dois lados em doze partes iguais cada um, acabará em doze

na linha media que é a que o atravessa do canto a canto, a qual os geômetras chamam diagonal FED e o lado do quadrado colocaremos a *Umbra Recta* e o lado colocaremos *Umbra Versa* como na presente figura vemos. (Figueiredo, 1603, f. 269).

Alguns conhecimentos matemáticos são mobilizados, entre eles, retas paralelas e perpendiculares para a construção do quadrado inscrito em um quarto de círculo. Já para o desenvolvimento das escalas lineares tem-se o conhecimento de bissetriz, ponto médio, mediatriz e teorema de Tales.

TRATADO DENOMINADO ARTE DE NAVEGAR... E ROTEIRO... (1712)

O documento histórico, *Arte de Navegar... e Roteiro...* (Figura 5), escrito por Manoel Pimentel (1650 - 1719), fidalgo da Casa de Sua Majestade (Dom João V) e Cosmógrafo-Mór do Reino de Portugal, foi publicado em 1712 e impresso pela oficina Real Deslandesiana, em Lisboa, com todas as licenças necessárias. Conforme Pimentel (1712), o tratado estrutura-se em duas partes comumente: a primeira refere-se aos princípios necessários para melhor inteligência da navegação, e a segunda contempla o modo como se ensinam as regras de navegação.

Figura 5 - Arte de Navegar... e Roteiro... (1712)



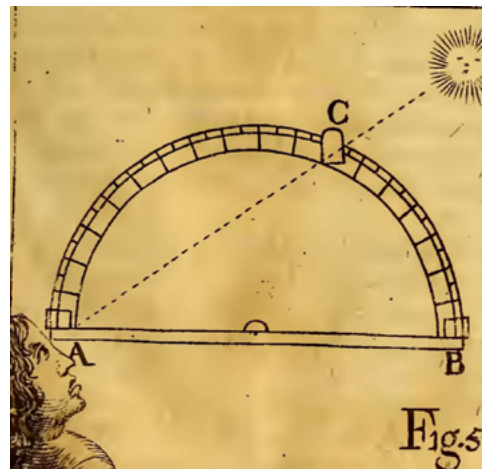
Fonte: Pimentel (1712, frontispício).

Na primeira parte, referente aos princípios para a navegação, os capítulos concentram-se nos conhecimentos que hoje são identificados como astronomia, cartografia e cosmologia. Neles, são abordados temas como: a definição de graus, minutos, segundos e léguas; elementos da esfera, do céu e da terra; definição de zênite, nadir e círculo meridiano. Nos capítulos referentes a segunda parte, o foco está voltado para a descrição dos instrumentos usados no mar para a determinação da altura do polo pela observação do sol e das estrelas.

Pimentel (1712), destaca seis instrumentos no Capítulo I da segunda parte do tratado, sendo estes, o Astrolábio, o Anel graduado, a Balestilha, o Quadrante de dois arcos, o Semicírculo graduado e o Quadrante de um só arco. Nesse tópico, o foco será dado apenas

ao Semicírculo graduado (Figura 6) e os conhecimentos matemáticos incorporados na sua fabricação e uso.

Figura 6 - Semicírculo graduado (1712)



Fonte: Pimentel (1712, s/p).

É possível identificar, observando instrumentos matemáticos históricos, saberes de uma determinada época que estavam inseridos na fabricação e graduação do instrumento. Entretanto, é necessário analisar esses conhecimentos matemáticos, por uma perspectiva historiográfica atualizada, preocupando-se em inseri-los dentro da malha histórica na qual foi produzido.

No caso do Semicírculo graduado, segundo Pimentel (1712, p. 21), "se reparte em 90 graus somente, & por esta razão os graus são de dobrada grandeza do que houveram de ser se repartisse em 180". De acordo com o autor se divide a semicircunferência em 90 partes e não em 180 "[...] é porque se faz ângulo na circunferência e não no centro, como dissemos na fábrica do Anel graduado" (Pimentel, 1712, p. 21). A demonstração dessa graduação é descrita por Pimentel (1712, p. 17) que faz uso da proposição 20 do terceiro livro de Euclides.

Em seguida, sobre a composição do Semicírculo graduado, ele orienta que se “acomodasse-lhe três pínulas, duas fixas nos extremos do diâmetro para olhar para o Horizonte e outra móvel que corre pela circunferência” e com isso, tem-se duas opções para usar o instrumento, “pode-se tomar a altura com este instrumento ou com a cara virada para o Sol, ou com as costas para ele, que é mais cômodo” (Pimentel, 1712, p. 21).

Inicia-se, para a primeira aplicação, “tomando a altura de cara ao Sol, aplique-se a vista ao ponto A, e olhe-se para o Horizonte pelas pínulas A & B ajustadas ao longo do diâmetro” e no segundo momento “levante-se ou abaixe-se a pínula C sobre os graus do instrumento, até que o raio do Sol passando por esta pínula venha a ferir a vista em A” (Pimentel, 1712, p. 21). Assim, para obter o grau que representam a distância entre o sol e o zênite, basta verificar a distância angular encontrada de A para C.

Dessa forma, conforme Pimentel (1712) para se utilizar o instrumento de costas para o sol “[...] se deve aplicar a vista em B olhando para o Horizonte pelas pínulas B e A, e correr com a pínula C para baixo ou para cima, de forte que o raio do Sol passe por esta pínula, e venha a cair sobre a pínula A” e da mesma maneira que anteriormente, “o arco AC mostrará os graus da altura do Sol sobre o Horizonte” (Pimentel, 1712, p. 21).

Conhecendo esse instrumento, um pouco da sua construção e aplicação, pode-se perceber conhecimentos matemáticos que estavam dispostos no século XVII e XVIII e que foram usados no processo de fabricação e utilização. Entre esses saberes, destacam-se elementos da geometria euclidiana, como os conceitos de círculo, circunferência, centro e diâmetro, além do uso de unidades de medida próprias da época, como o palmo e a polegada.

Dessa forma, a (re)construção do instrumento promove discussões sobre instrumentos históricos e evidencia potencialidades

didáticas que podem ser exploradas por meio de atividades práticas, como a medição da altura do Sol, do horizonte e/ou do zênite, permitindo articular e aprofundar conhecimentos geométricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, o livro *Vedic Mathematics...*, escrito pelo autor Maharaja (1965), configura-se como uma fonte secundária, uma vez que sua elaboração parte do estudo de um dos quatro textos védicos sagrados, o Atharva-Veda. A obra fundamenta-se no uso de aforismos metafóricos, conhecidos como Sutras, os quais englobam diversos ramos da matemática, como a aritmética, em especial a multiplicação. Assim, através da análise do texto, verifica-se que ele possui potencial didático significativo no ensino e aprendizagem de aritmética. Desse modo, a utilização dessa fonte permite a articulação entre história da matemática e ensino, contribuindo para o processo de construção do conhecimento.

Enquanto, o documento *Chronographia, Reportorio dos Tempos...* vale ressaltar que não é um manual faça você mesmo, não tendo como função, orientar o leitor como tudo deve ser realizado. Pode-se perceber que Figueiredo (1603) escreve para aqueles que já tinham conhecimento sobre esses procedimentos e dos elementos matemáticos necessários para realizar essas construções. Além disso, na fabricação do quadrante geométrico é possível notar diversos conhecimentos matemáticos que podem emergir, principalmente, as construções geométricas com régua e compasso.

E por fim, o tratado *Arte de Navegar... e Roteiro...*, escrito por Pimentel (1712), é uma fonte histórica primária, uma vez que ela não apresenta tratamentos anteriores e reúne diversos instrumentos

matemáticos que, quando estudados sob uma perspectiva historio-gráfica atualizada, permite analisar os conhecimentos matemáticos e o contexto histórico em que esses instrumentos foram produzidos. O semicírculo graduado, foco do estudo dessa obra, possibilita, a partir de sua (re)construção e uso, a mobilização de conhecimentos geométricos, como elementos da geometria euclidiana, promovendo um diálogo entre instrumentos históricos e o ensino, evidenciando assim, possíveis potencialidades didáticas que podem ser exploradas na educação básica.

REFERÊNCIAS

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. **História da ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

FIGUEIREDO, Manoel de. **Chronographia Reportorio dos tempos, no qual se contem VI. partes, f. dos tempos**: esphera, cosmographia, e arte da navegação, astrologia rustica, e dos tempos, e pronosticação dos eclipses, cometas, e sementeiras. O calendario Romano, com os eclipses ate 630. E no fim o uso, a fabrica da balhastilha, e quadrante gyometrico, com hum tratado dos relogios. Lisboa. 1603.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MAHARAJA, Jagadguru Sankaracarya Sri Bharati Krishna Tirtha. **Vedic Mathematics or sixteen simple mathematical formulae from the vedas**. Delhi: Motilal Banarsidass, 1965.

PIMENTEL, M. **Arte de navegar, em que se ensinam as regras praticas, e o modo de cartear pela carta plana, & reduzida, o modo de graduar a balestilha por via de números, & muitos problemas uteis à navegação; & Roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, índias & ilhas ocidentais, & orientais, agora novamente emendado, & acrescentado muitas derrotas novas**. Lisboa: Oficina Real Deslandesiana, 1712. 628 p.

SAITO, Fumikazu. **História da matemática e suas (re) construções contextuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SILVA, Isabelle Coelho da; PEREIRA, Ana Carolina Costa. Definições e critérios para uso de textos originais na articulação entre história e ensino de matemática. **Boletim de Educação Matemática -Bolema[online]**. 2021, vol.35, n.69, pp.223-241. EpubApr16, 2021. ISSN 1980-4415.<https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a11>.

TZANAKIS, C. *et al*. Integrating history of mathematics in the classroom: an analytic survey. *In*: FAUVEL, J.; MAANEN, J. van. (ed.). **History in mathematics education: the ICMI study**. 6. ed. New York/Boston/Dordrecht/London/Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 201-240.

Antonia Naiara de Sousa Batista

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará, mestra em Ensino de Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Ceará. Atualmente é professora adjunta do curso de Licenciatura em Matemática da UECE, campus Fortaleza.

E-mail: naiara.batista@uece.br

Antonia Bianca Braga de Oliveira

Licencianda em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará.

E-mail: bia.braga@aluno.uece.br

Francisco Wesley Pereira de Oliveira

Licenciando em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará.

E-mail: fran.wesley@aluno.uece.br

Taynara Bittencourt Amaral

Licencianda em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará.

E-mail: taynara.bittencourt@aluno.uece.br

ÍNDICE REMISSIVO

A

acetato 13, 14, 19
alcaloides 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28
alcaloides verdadeiros 13
alucinógenos 24, 25, 31
antibacteriana 15
antifúngica 15
antiparasitária 15
aritmética 10, 88, 89, 91, 95, 104
atividade antitumoral 27
atividade antiviral 27
atividades biológicas 12, 15, 21, 28
atividades farmacológicas 12, 21

B

bário 34, 36, 39
base livre 17, 18
biossíntese 14

C

C18 20
cálcio 34, 36
caracterização estrutural 12, 16, 19
chiquimato 13, 14
citotoxicidade 22
cobre 34, 36, 39
Cromatografia em Camada Delgada 19
Cromatografia Líquida 20
crônica 69, 71, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85

D

defesa química 12, 13

E

Espectrometria de Massas de Alta Resolução 20
espectroscopia Raman 34, 38, 39, 42, 43
experiência 24, 50, 56, 83
extração 16, 17

F

fração enriquecida 16, 17
fracionamento 16

G

geometria 10, 88, 89, 91, 95, 99, 103, 105

I

identidade profissional 47, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 59, 60, 61, 64, 65, 66
IP 47, 48, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63

L

linhagem celular 22
livros 89, 92, 93

M

matemática 10, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 104, 106
metabólitos secundários 13
modelo 69, 70, 71, 72, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85
modificador de pH 20

N

núcleo quinolínic 23

O

ornitina 14
óxido 34

P

partição líquido-líquido 17
piperidínicos 14, 22
potencial terapêutico 12
produtos naturais 12, 16, 19, 24
professores formadores 47, 66
propriedades bioativas 12
prospecção fitoquímica 19, 20, 21, 29
prospecção química 12, 15, 16, 19

Q

Química 9, 10, 11, 30, 31, 32, 45, 68, 69, 70, 71, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86
quinolínicos 21, 23

R

replicação viral 27

S

sal 14, 16, 17, 18

SARS-CoV-2 26

silica 19

síntese proteica 27

sistema nervoso central 26

substâncias alucinógenas 25

T

técnicas espectroscópicas 16

toxicidade 23, 26, 28

transcriptase reversa 27

tropânicos 14, 25

U

ultrassom 16

UPLC-Q-TOF-MS/MS 20, 30

V

vias biossintéticas 13

vírus HSV-1 27

1

COLEÇÃO
CIÊNCIAS
EXATAS
E DA TERRA

WWW.PIMENTACULTURAL.COM

ABORDAGENS TEÓRICAS E PRÁTICAS EM PESQUISA