

REFLEXÕES SOBRE DESINFORMAÇÃO E FAKE NEWS A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA: Lições de Arquimedes e Lavoisier

REFLECTIONS ON DISINFORMATION AND FAKE NEWS FROM THE HISTORY OF SCIENCE: Lessons from Archimedes and Lavoisier

REFLEXIONES SOBRE LA DESINFORMACIÓN Y LAS NOTICIAS FALSAS DESDE LA HISTORIA DE LA CIENCIA: lecciones de Arquímedes y Lavoisier

Nelson dos Santos Moreira

Licenciado em Química, doutorando em Ciências, Tecnologia e Inclusão (PGCTIn) na Universidade Federal Fluminense.
labauuff@yahoo.com.br



0000-0003-2385-8280

Luiz Antônio Botelho Andrade

Doutor. Professor Associado IV da Universidade Federal Fluminense.
Vice-coordenador do PGCTIn-UFF. Presidente da Associação Brasileira de Diversidade e Inclusão (ABDIn).
labauuff@yahoo.com.br



0000-0003-3925-2953

Recebido em: 01.09.2025.

Aceito em: 11.11.2025.

Publicado em: 03.12.2025.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar o fenômeno contemporâneo da desinformação e das *fake news* a partir de lições extraídas da história da ciência, especificamente dos episódios dos "espelhos ardentes" de Arquimedes e da passagem da alquimia para a química moderna, com o trabalho liderado por Lavoisier. A metodologia consiste em uma análise histórica e epistemológica, utilizando a dialética como ferramenta para compreender a superação de paradigmas. O estudo do caso dos espelhos ardentes revela como narrativas podem perdurar independentemente de sua veracidade factual, funcionando como metáfora para as *fake news* que se alimentam de fragmentos de verdade. Já a análise da transição da alquimia para a química moderna demonstra como sistemas de crenças coesos podem resistir a anomalias por longos períodos, à semelhança do negacionismo científico atual. Conclui-se que o combate à desinformação não reside na mera correção de fatos, mas na promoção de uma educação crítica e de uma popularização da ciência comprometida "para quem te quero". Com ambas enfatizando o processo dialético de construção do conhecimento – suas incertezas, contradições e capacidade de autocorreção. Dessa forma, defende-se que iniciativas como o "Programa Mais Ciência na Escola" e uma popularização da ciência comprometida com as causas populares, são fundamentais para formar uma sociedade capaz de pensar de forma histórica, sistêmica e crítica.

PALAVRAS-CHAVE: Desinformação. Fake News. História da Ciência. Epistemologia. Ensino de Ciências e popularização da ciência.

Introdução

A desinformação, em sua forma contemporânea, tem assumido um perfil marcadamente midiático, propagado pelas mídias sociais com bastante intensidade (Carvalho; Teixeira, 2024; Souza; Pôrto Jr., 2024; Silva; Silva, 2024). Sua disseminação

pelas plataformas digitais tem produzido impactos profundos e, muitas vezes, negativos: guerras, golpes de Estado, manipulação da opinião pública, discursos de ódio, dentre outros. Governos democráticos, atentos a esse cenário, intensificam o debate sobre regulamentação e sobre os limites legais da liberdade de expressão (Pôrto Jr. et al., 2024a; Pôrto Jr. et al., 2024b; Pôrto Jr. et al., 2024c; Pôrto Jr. et al., 2025a; Pôrto Jr. et al., 2025b; Pôrto Jr. et al., 2025c).

Um exemplo é a Rede Nacional de Combate à Desinformação que reúne mais de 200 instituições e desenvolveu projetos como o SERICS/SPOKE 2, sediado na Universidade de Salerno, na Itália. Trata-se de um programa multinacional, que integra diferentes países e busca contribuir tanto com a investigação científica quanto com a inovação tecnológica no combate à desinformação (Guazina; Amoretti, 2024).

Apesar do caráter midiático que a desinformação assume em nossos dias, a mentira é uma estratégia de autopreservação usada desde a Antiguidade. Como afirmou Maquiavel, “em certas situações fingir, omitir ou até mentir pode ser uma defesa legítima” (Maquiavel, 2010). Se a mentira é, muitas vezes, usada nas relações humanas para ludibriar ou se auto preservar, na ciência ela não é tolerada. Isto não quer dizer que tudo que é, ou que já foi publicado é um atestado de verdade. A ciência é uma prática social, realizada por seres humanos e, portanto, sujeita aos equívocos metodológicos e de interpretação. Assim, a ciência tolera o equívoco e tenta corrigi-lo no processo de sua construção, mas rejeita, intransigentemente, a mentira. É nesse sentido que a história da ciência pode nos ensinar algumas lições para lidar com a mentira, desinformação e Fake News, que tanto nos comprometem na atualidade.

Ainda que a busca da verdade e da objetividade tenham sido recomendadas para o fazer da ciência, tanto uma quanto a outra vem sendo questionadas pela filósofos, pelas ciências humanas (Kuhn, 1991; Santos, 2014) assim como pelo arcabouço teórico da Biologia do Conhecer (Maturana, 1997; Maturarana; Varela, 1995; Varela et al. 2003). Assim, ao observarmos como os paradigmas são construídos, desconstruídos e reconstruídos ao longo dos séculos, compreendemos melhor os percalços, as rupturas paradigmáticas e os avanços sofridos em todas as áreas das ciências (Kuhn, 1991).

A partir deste primeiro posicionamento, nosso objetivo é aprender com as lições da história da ciência, especialmente com Arquimedes (Sec. III a.C.) e Lavoisier (Sec. XVIII), observando como a ciência enfrentou incertezas e equívocos e como tais enfrentamentos podem nos inspirar na atualidade para o combate à desinformação. Para tanto, tomaremos como exemplo duas passagens da história da ciência,

denominadas aqui de Lições, uma analisada por Pierre Thuillier, no livro *De Arquimedes a Einstein – A face oculta da invenção científica* (1994), e a outra na passagem da Alquimia para a Química Moderna (MAAR, 1999).

Sobre incertezas e certezas na Ciência

Aqui mostramos como teorias científicas percorrem um longo caminho até serem aceitas e como elas podem, também, serem rejeitadas quando surgem explicações melhores para os fenômenos estudados. Para exemplificar a referida afirmação, transcreveremos a polêmica, estudada por Thuillier (1994), em torno dos “espelhos ardentes” atribuídos ao grande filósofo Arquimedes, no cerco de Siracusa. Este relato histórico é considerado uma questão em aberto até os nossos dias e a ele subjaz a pergunta: é um fato ou uma grande “Fake News” da Antiguidade?

A partir da análise aprofundada de Thuillier (1994), discutiremos como a história da ciência e também a epistemologia podem oferecer ferramentas de análise para compreender e enfrentar a desinformação no campo das Ciências e como isto pode ser usado no campo da Educação. Dizemos isto porque o estudo de Thuillier (1994) dialoga com a nossa pesquisa acadêmica no que tange ao uso de conceitos científicos no ensino de ciências e na popularização da ciência. Enquanto grande historiador da ciência, Thuillier, 1994), em seu estudo, nos mostra os vários caminhos, obstáculos e atalhos vivenciados por importantes cientistas e filósofos, de várias épocas, sobre o caso estudado. Uma forma sintética para compreender estes percursos históricos e a evolução conceitual em várias áreas do conhecimento, é apresentada por Andrade (2019) com a expressão “paisagem conceitual”. O referido autor discute os diferentes significados do termo conceito, a partir dos quais permite ao observador um duplo olhar: para o passado e para o futuro:

Analizamos os diferentes significados expressos para o termo conceito e, a partir de uma síntese, construímos uma formulação original para o conceito de conceito, denominado aqui, metaforicamente, de paisagem conceitual. [...] Ao permitir ao observador um duplo olhar, para o passado e para o futuro, elas podem se tornar um bom guia cartográfico para deslocamentos teóricos, projetos de pesquisa e de ensino, contribuindo para a atividade docente e a socialização do conhecimento (Andrade, 2019).

Ao usar a metáfora do “caminho” para situar o discente no longo processo de construção das ciências, Andrade propôs que este caminho metafórico se abre, ocasionalmente, em paisagens — momentos de reflexão e síntese provisória, inacabada e em constante reinício (Sancovschi; Kastrup, 2008), denominadas por ele de paisagens conceituais (Andrade, 2019).

O texto de Thuillier, 1994, é um bom exemplo para evidenciar essas paisagens, mostrando como a história da ciência não é linear e nem cumulativa e está repleta de dúvidas, avanços e retrocessos, corroborando com o que foi proposto por Thomas Kuhn, no seu clássico “A estrutura das revoluções científicas” (1991).

Assim, Arquimedes era, além de filósofo, matemático, astrônomo, físico e engenheiro. Existe mesmo um consenso entre vários historiadores da ciência quando afirmam que a genialidade de referido filósofo só encontra paralelo com Isaac Newton (1643-1727), nascido muitos séculos depois.

Arquimedes, nasceu no século III a.C., em Siracusa, colônia grega na Sicília. Estudou na Biblioteca de Alexandria e tornou-se célebre por suas descobertas aplicadas à vida cotidiana, incluindo a guerra.

Dentre suas façanhas mais conhecidas está a história da “coroa de ouro” do rei Hierão II, relatada por Vitrúvio (80 a.C. – 15 a.C.). Desafiado a descobrir se o ourives havia adulterado a liga de ouro da coroa, Arquimedes percebeu, ao entrar em uma banheira, que o volume de água deslocado era proporcional ao seu próprio volume. Assim descobriu o princípio do empuxo, fundamento da hidrostática, e solucionou o grande enigma para o qual foi desafiado. A cena de Arquimedes demonstrando sua euforia após a descoberta é descrita de forma jocosa - um homem nu, correndo pelas ruas de Siracusa, gritando “Eureka, Eureka”. Outras contribuições notáveis incluem o “parafuso de Arquimedes”, mecanismo em espiral usado até hoje para irrigação, além de estudos sobre alavancas, geometria, mecânica e a quadratura do círculo — que antecipou o conceito do número π . Sua fama atravessou gerações em diferentes regiões e povos, sobretudo os gregos, romanos e árabes, que preservaram relatos de suas descobertas, tornando-o imortal.

Episódio 1- Arquimedes e os espelhos ardentes: uma lição de história da Ciência

Durante o cerco de Siracusa, em 212 a.C., surgiu uma das histórias mais controversas da ciência antiga, ligadas ao nome de Arquimedes, os chamados

“espelhos ardentes”. Segundo algumas narrativas, Arquimedes teria posicionado grandes espelhos de modo a refletir os raios solares e incendiar os navios romanos. Esse episódio, envolto em mistério e disputas, gerou controversas e até mesmo simulações experimentais ao longo dos séculos, dividindo os estudiosos entre aqueles que consideravam o fenômeno como mito e aqueles que defendiam sua veracidade. O interessante é que esta questão continua em aberto.

Pierre Thuillier, em *De Arquimedes a Einstein* (1994), utiliza o cerco de Siracusa como exemplo paradigmático da tensão entre mito e ciência. Ele analisa relatos históricos, opiniões de cientistas e tentativas experimentais que buscaram confirmar ou refutar a eficiência dos espelhos ardentes. O autor mostra que, em face da dúvida, essa narrativa mobilizou a reflexão científica e filosófica, durante séculos.

Para compreender o debate, organizamos dois Quadros (1 e 2) com informações extraídas do Livro do referido autor. Elas resumem os principais argumentos contrários e favoráveis à plausibilidade da existência dos espelhos ardentes.

Quadro 1

Autores que consideram o Evento como mito

ANO	CIENTISTA HISTORIADOR	ARGUMENTO
I d.C.	Políbio, Tito Lívio e Plutarco	Falta de citação histórica sobre o fenômeno.
1630	Descartes	Os raios do sol não são exatamente paralelos e que um espelho ardente, para agir a grande distância, deveria ter um tamanho desmesurado.
Século XVIII	Du Fay.	Realizou experiências com um espelho côncavo e com um parabólico, mas os resultados foram negativos.
1977	D. L. Simms	Não havia conhecimento e tecnologia para a produção dos espelhos, além do silêncio dos autores da época.

Fonte: Autores, a partir do Livro de Thuillier (1994), com pequenas modificações.

Quadro 2

Autores que consideram o Evento como verossímil

ANO	CIENTISTA HISTORIADOR	ARGUMENTO
VI d.C.	Antêmio de Tralas	Historiador, com posição favorável.
1130	Zonaras	Defesa por um fato correlato ao afirmar que Proclus teria utilizado espelhos ardentes para destruir a frota do general Vitaliano, quando este cercou Constantinopla em 514 d.C.
1294	Roger Bacon	Com um espelho côncavo bem concebido, poder-se-ia queimar qualquer coisa.

1551	Oronce Fine	Construiu, com suas próprias mãos, espelhos ardentes. Escreveu um livro afirmando que o espelho parabólico é mais eficaz que o esférico.
1632	Jesuíta Bonaventura Cavalieri	Historiador, escreveu um tratado sobre o assunto, defendendo a tese.
1646	Padre Athanasius Kircher.	Ele faz experiências e constata que, com cinco espelhos planos bem dispostos, obtém-se um calor quase intolerável.
1747	Buffon	Pela prática, construiu um espelho formado por 168 vidros de pequeno tamanho e testou o calor produzido em materiais diversos, concluindo que Descartes estava errado.
Século XII	Ioannis Tzetzes, autor bizantino	Narra o episódio baseado no autor Dion Cassius, que escrevera, no século II d.C., sobre o episódio.
Século XII	Bispo Eustáquio	Em seu comentário à Ilíada de Homero, afirma que Arquimedes, por meio de uma invenção com base na óptica, incendiou os navios inimigos".

Fonte: Autores, a partir do Livro de Thuillier (1994), com pequenas modificações.

Os Quadros 1 e 2 mostram que a controvérsia não é recente. Ao mesmo tempo em que críticos como Descartes (1596-1630) e Simms (1998) afirmam a impossibilidade técnica e a ausência de relatos históricos que confirmem o fato, experiências como as de Buffon, no século XVIII, e de Ioannis Sakkas (engenheiro grego que reproduziu o experimento em 1973), demonstraram, empiricamente, que espelhos bem posicionados podem, sim, incendiar a madeira. A questão, porém, permanece: seria possível aplicar esse recurso em uma batalha real, com navios em movimento e em condições atmosféricas não ideais?

Ao final de sua análise, Thuillier (1994) propõe uma reflexão epistemológica a partir do episódio dos espelhos ardentes, qual seja: a ciência convive com equívocos e subjetividades que se entrelaçam no processo de construção do conhecimento.

Episódio 2 - O Flogístico e as lições epistemológicas derivadas da Teoria do Oxigênio de Lavoisier

A Teoria da Combustão é considerada um primor da metodologia científica por explicar o fenômeno mais impactante da história humana – o fogo (MAAR, 1999) Desde os hominídeos que o utilizavam em vários momentos do cotidiano, especialmente na proteção do abrigo e na preparação de alimentos, até a mais abstrata e bela reflexão filosófica e poética, realizada pelo Bachelard noturno ao descrever a queima de uma vela (Bachelard, 1989), posto que o fogo sempre nos encantou.

Dito isto, passaremos agora à análise histórica-epistemológica da construção dos conceitos que levaram à Teoria da Combustão, que marcou o surgimento da Química Moderna.

O nosso recorte do problema pode ser iniciado com o alquimista Paracelso (1493–1541) que acreditava que o “princípio sulfuroso” era responsável pela combustibilidade dos materiais. Becher (1635-1682), discípulo de Paracelso, acreditava que existiam três tipos de terras: *vitrificável*, *mercurial* e *pinguís*, sendo que a última estaria relacionada à combustão. Na esteira desta ideia, George Sthäl (1660-1734), discípulo de Becher, aperfeiçoou este postulado identificando a terra pinguis como uma terra gordurosa, oleosa e combustível, à semelhança do princípio sulfuroso de Paracelso. Ela seria responsável pelo poder de combustão das substâncias. Este princípio foi denominado posteriormente por Sthäl de “flogístico” ou “o princípio do fogo”. O termo flogístico vem do grego, *phlogiston*, que significa inflamar-se. Há de se ressaltar que não se trata do fogo, em ato, mas em potência. Ou seja, toda substância que pode entrar em combustão contém flogístico. Decorre deste argumento que quando uma substância pega fogo ela perde o flogístico (Bell, 2007).

Embora a ‘teoria’ do flogístico de Stahl explicasse grande parte das observações empíricas sobre combustão, surgiu uma importante contradição quando os reagentes eram quantificados. Assim, em algumas reações observava-se ganho ou perda de massa e isto não se ajustava ao modelo. A combustão de compostos orgânicos, por exemplo, produz resíduos cuja massa é menor que a da substância queimada — como no caso de uma vela. A diminuição da massa era atribuída à liberação do flogístico. No entanto, na calcinação dos metais, o fenômeno era oposto: a massa da cal formada (o óxido metálico) é maior que a massa do metal original. Na queima do magnésio metálico, por exemplo, o óxido resultante possui massa superior à do magnésio inicialmente presente. Esse ganho de massa não podia ser explicado pela teoria do flogístico, revelando uma inconsistência fundamental que posteriormente abriria caminho para as interpretações de Lavoisier (MAAR, 1999).

Como explicar a observação anômala, segundo designação de Thomas Kuhn (1991), na qual os resíduos ganham massa durante a reação, ao invés de perder? Esta contradição era uma anomalia para o paradigma dominante da época. Vale ressaltar que o paradigma do flogístico sobreviveu por cerca de 100 anos, mesmo depois da Teoria do Oxigênio. Aqui colocamos uma questão que nos interessa discutir neste artigo, qual seja, até os cientistas treinados e seguidores de um raciocínio metódico permaneceram por um século com a crença na existência de um princípio do fogo –

flogístico - o que esperar de pessoas leigas, sem treinamento, movidas por crenças e explicações transcendentais? Este é o problema que nos acomete hoje, na contemporaneidade, com o negacionismo em alta devido ao bombardeio emocional diário de desinformações, *Fake News* e teorias conspiratórias. Esta questão será discutida em outro tópico deste texto.

Dando continuidade ao episódio 2, descreveremos o embate travado pelos cientistas em face dos resultados e argumentos produzidos sobre o mesmo, no curso da história.

Para explicar o aumento da massa dos produtos da calcinação, argumentava-se que o flogístico, enquanto princípio de leveza, podia, em certas ocasiões, escapar para o etéreo, deixando o corpo mais pesado, ou seja, o óxido - produto da calcinação. Os dados e observações advindas da metalurgia favoreciam a crença no flogístico, enquanto princípio explicativo. Como? Ao adicionar carvão (rico em flogístico) ao óxido do metal, obtinha-se metal puro. Seguindo esta lógica, de acordo com o princípio do flogístico, o Óxido de Magnésio, tomado como exemplo, quando aquecido na presença do carvão, absorveria o flogístico e, assim, se transformaria no metal puro (vide reações de calcinação e aplicação metalúrgica, nos Quadros 4 e 5). É importante comparar as reações concebidas por Sthal com as que foram demonstradas por Lavoisier, mantidas e aceitas na atualidade, com base na Teoria do Oxigênio.

Quadro 3 *Calcinação*

Sthal	Calor Metal → Calx + Flogístico (decomposição)
Hoje	Metal + oxigênio → óxido do metal $2 \text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{MgO}_{(s)}$ (adição)

Fonte: Autores, baseado em Maar (1999), com ligeiras adaptações.

Quadro 4 *Metalurgia / Siderurgia*

Stahl	Calx (óxido) + Carvão (flogístico) → Metal
Hoje	Óxido do metal + Carbono → Metal + Gás Carbônico $2 \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{C}_{(s)} \rightarrow 4 \text{Fe}_{(s)} + 3 \text{CO}_{2(g)}$

Fonte: Autores, baseado em Maar (1999), com ligeiras adaptações.

Assim, segundo a ideia do princípio flogístico, que dominou o pensamento químico por quase todo o século XVIII, “calcinar seria como matar o metal que, assim mortificado, seria mais pesado”.

Para Maar (1999), “entender a natureza do flogístico e a explicação dos fenômenos que ele pretende interpretar é um dos aspectos mais difíceis da Química pré-Lavoisier, e depende mais do entendimento do leitor do que uma exposição do autor” (MAAR, 199, p. 476).

Para se compreender a mudança paradigmática levada à cabo por Lavoisier, é importante ressaltar a inversão entre as reações de adição e de decomposição. Na combustão e calcinação ocorre uma reação com o oxigênio, que não era concebida por Stahl, posto que na sua concepção esta reação seria simplesmente uma perda ou ganho de flogístico. Ele achava que, na calcinação, o metal perdia o flogístico (decomposição, metal – flogístico) mas, como sabemos hoje, é uma adição (oxigênio + metal).

Na metalurgia, segundo o paradigma do flogístico, o óxido do metal (que se chamava de cal) ganha flogístico, o que seria uma adição. No entanto, esta reação é compreendida hoje como uma decomposição que pode ser assim explicada: óxido de mercúrio (metal + oxigênio), quando aquecido, libera oxigênio e resta o metal puro - uma reação de decomposição. A compreensão, invertida e equivocada, que dominou o pensamento químico por quase um século, teria que esperar por Lavoisier para que o mecanismo da calcinação / combustão fosse completamente compreendido, possibilitando assim os avanços que se seguiram e que fundamentaram o surgimento da química moderna.

Uma ferramenta de análise, usada aqui para se compreender a história da ciência, é a dialética (Silva; Arcanjo, 2021), entendida como processo racional no qual as contradições não são consideradas paradoxos lógicos, mas a força motriz do pensamento. Essa força é dinâmica e criativa porque procede por meio da superação das contradições por sínteses provisórias. Ou seja, a superação alcançada com a síntese pode prosseguir em movimento dialético na medida em que ela, síntese, já carrega consigo o embrião de uma nova tese e o seu contrário, a antítese, ou seja, uma contradição. A força motriz, usada aqui como metáfora de movimento em espiral criativa, é alimentada pela luta de contrários (Cury, 1989; Chauí, 2003).

No caso específico da passagem da alquimia para a química moderna, poderíamos partir do pensamento aristotélico, dominante por milênios, que concebia o fogo como um elemento constitutivo da matéria — a tese. Os alquimistas, por sua vez,

propuseram uma visão distinta: o fogo não seria um elemento, mas sim a liberação de um princípio – flogístico - inerente à certos corpos - a antítese.

Embora carregada de falhas, inversões e equívocos, a antítese representou um avanço momentâneo e crucial para a pesquisa naquele período histórico. Ao negar a concepção de elemento (tese) estimulou a pesquisa química e permitiu numerosas descobertas, conquistando adeptos notáveis como Cavendish (1731–1810), Scheele (1742–1786) e Priestley (1733–1804), entre outros. Como nos ensina Bachelard (1985), o conhecimento científico é dialético por natureza. Assim, não por acaso, mas como consequência do próprio movimento dialético, foram justamente as pesquisas desses mesmos cientistas — inicialmente defensores do flogístico — que produziram os dados empíricos posteriormente utilizados por Lavoisier para construir uma síntese que superou a contradição vigente daquela época. Qual foi então esta síntese?

Quando da identificação do oxigênio como agente da combustão, o fogo deixou de ser compreendido como um elemento (pensamento aristotélico) ou como um princípio, de fogo ou de leveza (pensamento alquimista) e passou a ser compreendido como uma reação química que obedecia a lei da conservação da massa. Esta nova concepção – a síntese – explicaria não somente a combustão, mas muitos outros processos relacionados como a fermentação, respiração, calcinação, entre outros.

Assim, de forma esquemática:

- Tese: O fogo é um elemento constitutivo do mundo;
- Antítese: O fogo não é um elemento constitutivo, mas a liberação de um princípio - o flogístico;
- Síntese: O fogo não é elemento nem flogístico, mas uma reação química de oxidação.

É preciso notar que a antítese – flogístico - não foi uma mera negação, mas uma negação aprimorada, pois expressava um princípio explicativo para o fenômeno em substituição ao que, na tese (elemento) se apresentava como elemento constitutivo. A síntese, por sua vez, foi além de uma simples correção posto que ela elevou a compreensão a um novo patamar – uma explicação completa, ou seja, a proposição de um mecanismo gerativo que, uma vez em ação, produz o fenômeno em si — o fogo (Maturana, 1967; 2001).

Embora não seja nosso objetivo aprofundar as concepções sobre o fogo e sim utilizar o seu estudo científico, histórico e epistemológico, para refletir sobre a desinformação e as fake news, convém finalizar este tópico assinalando que a visão

puramente química de Lavoisier se mostra hoje insuficiente para explicar a propagação da chama. Esta é a beleza da dialética para a qual toda síntese já carrega em si o embrião de uma nova tese e, a partir dela, por consequência lógica, novas contradições.

Hoje, compreende-se o fogo como um processo físico-químico complexo: uma reação de oxidação em cadeia, altamente exotérmica, que ocorre na fase gasosa e é sustentada pela produção contínua de radicais livres e pela transferência de calor. Enquanto Lavoisier via o fogo como uma reação na superfície dos materiais, a chama é hoje entendida como um meio gasoso aquecido que pode apresentar características de plasma — o quarto estado da matéria — uma vez que, em temperaturas suficientemente elevadas, o gás se ioniza parcialmente, formando íons positivos e elétrons livres. Embora nem todas as chamas atinjam grau de ionização suficiente para serem classificadas como plasma, no sentido estrito do conceito, essa interpretação ajuda a evidenciar a complexidade físico-química envolvida. Assim, a compreensão moderna do fogo e do calor se apoiam em três pilares físico-químicos essenciais: (a) Teoria Cinética Molecular, que explica o calor como energia associada ao movimento das partículas; (b) Reação em Cadeia, mediada por radicais livres, fundamental para a sustentação da chama e (c) Termoquímica, que descreve a energia liberada ou absorvida nas transformações químicas. O motor do processo é a pirólise — a quebra de moléculas induzida pelo calor — que gera radicais livres, espécies extremamente reativas devido à presença de elétrons desemparelhados. Esses radicais atacam outras moléculas, quebrando-as e gerando novos radicais. O processo torna-se autossustentável quando a energia necessária para romper as ligações químicas é menor que a energia liberada na formação de novas ligações. É o calor liberado que mantém a chama viva; sem essa reação em cadeia, o fogo se extinguiria rapidamente.

Desse modo, a nova tríade dialética do fogo pode ser assim atualizada com o seguinte esquema:

- Tese (Lavoisier, séc. XVIII): o fogo é uma reação química de oxidação.
- Antítese (séc. XIX–XX): o fogo não é somente uma reação química, mas um fenômeno físico-químico.
- Síntese (visão moderna): o fogo é um sistema dinâmico fora do equilíbrio — um processo de oxidação exotérmica autossustentado que ocorre na fase gasosa (ou com características de plasma), mediado por radicais livres em reação em cadeia.

Se o uso da dialética pode nos auxiliar para compreender a história da ciência, poderíamos usar esta história e a própria dialética, com suas tríades - teses, antíteses e sínteses - para problematizar a desinformação, o negacionismo e as fake news no contexto da educação formal e, também, da popularização da ciência?

Ensino de Ciências

Em 2024, a rede CNN noticiou que o estudante canadense Brenden Sener, de 13 anos, foi premiado em uma feira de ciências ao construir uma versão, em miniatura, do dispositivo atribuído à Arquimedes, recebendo, pelo seu feito, uma medalha de ouro e um prêmio da Biblioteca Pública de Londres (Nicioli, 2024). Não é de nosso interesse retomar a discussão dos “espelhos ardentes”, ainda que este fato histórico desperte interesse em livros didáticos, cursos de física e experimentos escolares. Nos interessa, no entanto, discutir como as práticas escolares e pedagógicas e a popularização de ciência podem contribuir para combater o negacionismo e a desinformação estrutural.

Nesse sentido, o nome do Educador Paulo Freire deve ser sempre lembrado. A partir de sua extensa obra e legado (Freire, 1969; 1970; 2002), aprendemos que a educação é um processo dialógico e dialético entre educadores-educandos e educandos-educadores por meio de problematizações a respeito do mundo. Neste processo crítico e criativo, é possível nos tornarmos mais “conscientes” de nossa circunstância – a sociedade na qual vivermos. No entanto, para que esta conscientização ocorra, é necessário que educandos-educadores e educadores-educandos aprendam a ler o mundo e compreender o seu contexto e a sua história. Assim, para Paulo Freire (1969; 1970), a educação deve ser entendida como um processo que leve o indivíduo a se reconhecer como agente que vive no mundo, mas que também cria o mundo com o seu atuar. Chega-se a esse duplo reconhecimento através do movimento das contradições internas entre a razão e o mundo material e das condições materiais do mundo em que a razão existe (Andrade; Silva, 2021). Segundo essa concepção freiriana, o ato de leitura não pode estar dissociado da leitura do mundo e não se trata apenas de ler e conhecer as coisas do mundo, mas, efetivamente, o de transformá-lo – o que inscreve a educação como prática da liberdade.

Freire (2002) era dialético na sua relação com o mundo, mas, também, com os educandos que tiveram o privilégio de conviver com ele. Assim dizia ele, em sua oralidade dialética:

Educar é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais (Freire, 2002, p. 25).

Dito isto nos perguntamos: podemos planejar e implementar aulas dialéticas e, mais do que isto, cultivar a dialética no âmbito educacional? Este exercício deve ser pensado, elaborado e praticado por todo educador, em face das especificidades das disciplinas. De uma forma geral, algumas características são comuns, quais sejam: é importante facilitar o desenvolvimento do pensamento sistêmico, ou seja, valorizar as interconexões ao invés de causas simples, estimular o debate na sala de aula a partir da apresentação de seminários acadêmicos, mas também de práticas lúdicas como filmes e esquetes teatrais (Boal, 2013) sobre a história da ciência. Estas práticas lúdicas facilitam o reconhecimento que o conhecimento científico é provisório e que a ciência não produz verdades incontestes, mas boas proposições que podem ser refutadas em face de novas evidências.

Da parte do educador, espera-se que este valorize as perguntas, mostre como a ciência é construída, como nos casos relatados aqui, e fomenta debates respeitosos com os estudantes, posto que o uso da dialética na educação não é sobre vencer com argumentos, mas sobre construir compreensões mais ricas e complexas através do confronto de ideias.

No contexto educacional, a dialética pode ser poderosa no combate à desinformação, pois ela ataca não apenas as mentiras específicas, mas, também, a estrutura de pensamento que as tornam facilmente aceitáveis. Assim, por exemplo, na tese que as vacinas causam autismo, há de se estimular debates, estimular a criação de antíteses e mesmo mostrar aos estudantes que não há relação de causalidade entre os dois fenômenos: a vacinação e o autismo. Neste contexto, algumas perguntas não podem deixar de ser formuladas, quais sejam: Quais interesses podem estar por trás de uma determinada narrativa? Quais evidências sustentam uma ou outra afirmação? Que informações complementares estão faltando? Quais antíteses podem ser formuladas? É possível formular uma síntese?

Ainda que em toda disciplina acadêmica se possa fazer um exercício dialético para ministrá-la, o ensino de ciências é um espaço educativo privilegiado para tal exercício e, portanto, deve ser incentivado e apoiado, inclusive com o seu braço

experimental. Nesta perspectiva, iniciativas institucionais recentes reforçam a centralidade dessa abordagem. Em 2024, o Ministério da Educação (MEC), em parceria com o MCTI e o CNPq, lançou o Programa Mais Ciência na Escola, cujo objetivo é promover o letramento digital e a educação científica por meio da implantação de laboratórios *maker* em escolas públicas, acompanhados de formação docente, planos de atividades e bolsas para professores e estudantes. Ao incentivar práticas experimentais, projetos investigativos e novas abordagens, o programa alinha-se às competências científicas previstas na BNCC e às diretrizes da Política Nacional de Educação Digital (PNED), além de dialogar diretamente com a ampliação do tempo escolar por meio do Programa Escola em Tempo Integral. Assim, ações estruturantes do MEC, com o apoio do MCTI, evidenciam que a experimentação, a criatividade e a investigação continuam sendo dimensões fundamentais para fortalecer a Educação em Ciências na escola básica brasileira e, quiçá, para o futuro da ciência no Brasil.

Popularização da Ciência

A popularização da ciência, quando implementada a partir de uma perspectiva dialética, não se reduz à mera transmissão vertical de informações de um centro de saber, universidades, para um público leigo. Ela se configura como um processo dinâmico de desvelamento no qual o conhecimento científico deixa de ser um fim em si mesmo, um saber hermético e alienado, para se tornar uma ferramenta de crítica e compreensão do mundo.

Ao explicitar os métodos, os conflitos, as incertezas e as aplicações sociais da ciência, este processo desmistifica a aura de neutralidade e verdade absoluta na qual frequentemente é concebida, tanto pelo leigo, quanto por parte da própria academia, revelando assim suas imbricações com os interesses materiais e as estruturas de poder. É precisamente nesta desmistificação que reside seu potencial emancipatório: ao tornar acessíveis os instrumentos do pensamento crítico-racional, a popularização da ciência capacita os cidadãos a decifrar a realidade de forma mais incisiva e autônoma, questionando as determinações naturalizadas e, até mesmo, participando, conscientemente, das lutas democráticas e de afirmação da soberania nacional.

No âmbito de nossa discussão, diríamos no combate ao negacionismo e a desinformação profissional, levado à cabo por grupos reacionários. Dessa forma, longe de ser um ato de "doação" de saber ou de salvacionismo (Freire, 2002), a popularização da ciência se efetiva como uma práxis que, ao se apropriar do saber que até então eram estranhos à população leiga, contribui para a formação de sujeitos históricos

conscientes de sua capacidade de transformar a sua própria realidade. Em artigo recente, Silva e colaboradores (2025) problematizaram o uso de algumas terminologias utilizadas na prática da socialização do conhecimento científico e afirmaram que a questão fundamental do problema não é de nomenclatura ou de linguagem - comunicação, difusão, alfabetização ou letramento - mas com quem esta prática "se irmana nas lutas que a história impõe, ou seja, ser capaz de responder a questão: divulgação científica para quem te quero?"

Considerações finais

As lições extraídas de Arquimedes e Lavoisier transcendem o âmbito da história da ciência e oferecem um poderoso arcabouço analítico para enfrentarmos a epidemia de desinformação na contemporaneidade. Os dois episódios históricos funcionam como metáforas para os desafios que vivemos hoje.

O caso de Arquimedes e os espelhos ardentes ilustra um fenômeno que podemos denominar de narrativa resiliente. Ainda que sua veracidade factual seja disputada há séculos, o poder dessa história reside em sua capacidade de encapsular uma verdade conceitual – o gênio inovador de Arquimedes – e de se manter viva como um instrumento pedagógico e cultural. De forma análoga, as fakes news e as teorias da conspiração modernas raramente são criadas do nada. Elas geralmente se apoiam em fragmentos de verdade, medos reais ou desconfianças legítimas, a sombra do navio romano, que são depois distorcidos e amplificados por meio de narrativas espetaculares e emocionalmente carregadas - o incêndio miraculoso. A questão central deixa de ser a verdade e passa a ser por que essa história ressoa e se propaga, independentemente de sua verificação?

A transição do flogístico para a Teoria do Oxigênio oferece um modelo para entendermos a dinâmica do negacionismo científico. A teoria do flogístico não era uma simples tolice; era um paradigma coerente que explicava muitas observações e era defendido por mentes brilhantes. Sua resistência à mudança, mesmo diante de anomalias como o ganho de peso na calcinação, demonstra como um sistema de crenças pode se manter e perdurar por muito tempo por meio de ajustes *ad hoc*, ou seja, uma hora o flogístico escapa, em outro momento o flogístico se incorpora a matéria – tal como vemos nas teorias conspiratórias atuais, que se adaptam para incorporar qualquer evidência contrária como parte supostamente previsível do complô, quase descoberto. A derrubada do flogístico exigiu mais do que novos

resultados, mas, sobretudo, uma completa reestruturação conceitual, uma nova forma de ver o mundo químico.

É precisamente essa reestruturação conceitual – a capacidade de se dispor a percorrer outros caminhos do conhecimento para encontrar novas paisagens conceituais descortinadas e reveladoras que a desinformação busca sabotar. Nesta perspectiva, o enfrentamento se dá quando as teorias conspiratórias e o negacionismo instrumental é substituído pelo processo dialético, com suas nuances, contradições e autocorreção. Uma substituição das certezas, geralmente simplistas, dogmáticas e imutáveis, por um processo instituinte de produção de sínteses que superam contradições. Assim, enquanto a desinformação prospera na estagnação do pensamento, na negação do contraditório e na deslegitimação das fontes de autoridade epistêmica, a educação crítica e a popularização da ciência engajada constroem caminhos emancipatórios e democráticos de inclusão social e de afirmação da soberania nacional.

Portanto, o antídoto mais potente contra a desinformação não é simplesmente uma autocorreção automática e infinita, mas, sim, a promoção ativa do que podemos chamar aqui de alfabetização dialética. Isso significa educar as novas gerações não apenas sobre o que sabemos, mas sobre como o sabemos; sobre os longos, tortuosos e muitas vezes contra intuitivos caminhos que a humanidade percorreu para construir esse conhecimento. Ensinar sobre os espelhos de Arquimedes e o flogístico de Stahl é, no fundo, ensinar humildade intelectual, ceticismo saudável e a coragem de abandonar ideias simplistas e confortáveis em favor de explicações mais densas e robustas. É preciso educar o jovem e, também, o público em geral, com a mesma ferramenta que permitiu a Lavoisier ver o oxigênio onde outros só viam a ausência de flogístico: a capacidade de pensar de forma crítica, histórica e sistêmica.

Nesse sentido, para combater a desinformação, é preciso investir em programas tais quais o “Mais ciência na Escola” e o Lugar de ciência é na Escola e, no campo social mais amplo, trabalhar com a socialização do conhecimento numa perspectiva emancipatória e inclusiva.

Referências

- Andrade, L. A. B. (2018). Conhecimento é caminho: Da metáfora ao mecanismo gerativo. *Ciências & Cognição*, 23(1), 117–137.
- Andrade, L. A. B. (2019). Paisagem conceitual: Construção teórica e sua utilização na educação. *RevistAleph*, (32).

- Arquimedes. (s.d.). *Arquimedes*. Recuperado em 8 abril 2024, de <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20012/Severo/arquimedes.html>
- Bachelard, G. (1985). *O novo espírito científico*. Tempo Brasileiro.
- Bachelard, G. (1989). *A chama de uma vela* (G. C. Canejo, Trad., 2. ed.). Bertrand Brasil.
- Blois, M. M. (2005). *Reencontros com Paulo Freire e seus amigos*. Fundação Euclides da Cunha.
- Boal, A. (2013). *Teatro do oprimido e outras poéticas políticas*. Cosac Naify.
- Carvalho, I., & Teixeira, G. A. P. B. (2024). Letramento e multiletramentos: Navegando entre a informação e as fake news. In G. Pôrto Jr., L. A. B. Andrade & D. M. Souza (Orgs.), *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 2 – Letramento e educação midiática* (pp. 57–80). Observatório Edições.
- Chauí, M. (2003). *Convite à filosofia*. Ática.
- Cury, C. R. J. (1989). *Educação e contradição: Elementos teórico-metodológicos para uma teoria crítica do fenômeno educativo* (6. ed.). Cortez.
- Freire, P. (1969). *Educação como prática da liberdade*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1970). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1998). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- Freire, P. (2002). *Extensão ou comunicação?* (12. ed.). Paz e Terra.
- Gomes, S. F., Penna, J. C. B. O., & Arroio, A. (2020). Fake news científicas: Percepção, persuasão e letramento. *Ciência & Educação*, 26, 1–13. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200018>
- Guazina, L., & Amoretti, F. (2024). Mapeamento de iniciativas para combater a desinformação online no Brasil e na Itália: O papel das universidades públicas. In G. Pôrto Jr., H. C. Castro & S. S. C. Silva (Orgs.), *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 1 – (Des)construindo conceitos*. Observatório Edições.
- Kuhn, T. (1991). *A estrutura das revoluções científicas*. Perspectiva.
- Maar, J. H. (1999). *Pequena história da química*. Papa Livros.
- Maquiavel, N. (2010). *O príncipe*. Penguin/Companhia das Letras.
- Maturana, H. (1997). *A ontologia da realidade*. UFMG.
- Maturana, H. (2000). O que se observa depende do observador. In *Gaia – Uma teoria do conhecimento* (pp. 61–66). Editora Gaia.
- Maturana, H. (2001). *Cognição, ciência e vida cotidiana*. UFMG.
- Maturana, H. (2002). *Emoções e linguagem na educação e na política*. UFMG.
- Maturana, H., & Varela, F. (1995). *A árvore do conhecimento: As bases biológicas do entendimento humano*. Psy II.
- Medrán, A. (2017). No reino da pós-verdade, a irrelevância é o castigo. *UNO*, (27), 33–35. <https://tinyurl.com/y9knxgaz>
- Nicoli, T. (2024). Estudante de 13 anos tem “momento eureka” que pode confirmar ideia de Arquimedes. *CNN Brasil*. <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/estudante-de-13-anos-tem-momento-eureka-que-pode-confirmar-ideia-de-arquimedes/>
- Pôrto Jr., G., Gomes, S. A. O., Silva, A. A. (Orgs.). (2024a). *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 3 – Perspectivas na/para a Inclusão*. Palmas, TO: Observatório Edições.
- Pôrto Jr., G., Castro, H. C., & Silva, S. S. C. (Orgs.). (2024b). *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 1 – (Des)construindo conceitos*. Palmas, TO: Observatório Edições.
- Pôrto Jr., G., Andrade, L. A. B., Souza, D. M. (Orgs.). (2024c). *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 2 – Letramento e Educação Midiática*. Palmas, TO: Observatório Edições.

- Pôrto Jr., G., Ferreira, C. M., Samim, A. A. G., Silva, L. P. (Orgs.). (2025a). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 5 - narrativas sobre Pessoas com Deficiência (PcD)*. Palmas, TO: Observatório Edições.
- Pôrto Jr., G., Ferreira, C. M., Silva, A. A., Silva, S. S. C. (Orgs.). (2025b). *Ensino, comunicação e desinformação: vol. 6 - mídias, redes sociais e big techs*. Palmas, TO: Observatório Edições.
- Pôrto Jr., G., Teixeira, G. A. P. B., Ferreira, C. M., Silva, (Orgs.). (2025c). *Ensino, comunicação e desinformação: vol. 4 – pesquisas e aplicações*. Palmas, TO: Observatório Edições.
- Sancovsch, B., & Kastrup, V. (2008). Algumas ressonâncias entre a abordagem enativa e a psicologia histórico-cultural. *Fractal: Revista de Psicologia*, 20(1), 165–182.
- Santos, B. S., & Nunes, M. P. (2014). *Epistemologias do Sul*. Cortez.
- Santos-D'Amorim, K., & Miranda, M. F. O. (2021). Informação incorreta, desinformação e má informação: Esclarecendo definições e exemplos em tempos de desinfodemia. *Encontros Bibli*, 26, 1–23.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/76900>
- Silva, E. P., & Arcanjo, F. G. (2021). História da ciência, epistemologia e dialética. *Trans/Form/Ação*, 44(2), 149–174.
- Silva, E. P., Arcanjo, F. G., Alves, S. C. A., Duarte, M. R., & Nicola, L. R. M. (2024, setembro). Divulgação científica para quem te quero? *LavraPalavra*.
<https://lavrpalavra.com/2024/09/29/divulgacao-cientifica-para-quem-te-quero/>
- Silva, L. D., & Silva, D. M. (2024). A importância da alfabetização midiática no contexto contemporâneo. In G. Pôrto Jr., L. A. B. Andrade & D. M. Souza (Orgs.), *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 2 – Letramento e educação midiática* (pp. 81–98). Observatório Edições.
- Simms, D. L. (1988). The war devices of Archimedes and Leonardo. *The British Journal for the History of Science*, 21(2), 195–210.
- Souza, D. M., & Pôrto Jr., F. G. R. (2024). A educação e as escolas na mira da desinformação. In G. Pôrto Jr., L. A. B. Andrade & D. M. Souza (Orgs.), *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 2 – Letramento e educação midiática* (pp. 99–116). Observatório Edições.
- Souza, J., Silva, M. M., & Braza, R. M. M. (2024). A era da desinformação e a importância da oferta de educação midiática para pessoas idosas. In G. Pôrto Jr., L. A. B. Andrade & D. M. Souza (Orgs.), *Ensino, comunicação e desinformação: Vol. 2 – (Des)construindo conceitos*. Observatório Edições.
- Thuillier, P. (1994). *De Arquimedes a Einstein: A face oculta da invenção científica*. Jorge Zahar.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (2003). *A mente incorporada: Ciências cognitivas e experiência humana*. Artmed.

ABSTRACT

This article aims to analyze the contemporary phenomenon of disinformation and fake news through lessons drawn from the history of science, specifically from the episodes of Archimedes' "burning mirrors" and the transition from alchemy to modern chemistry, led by the work of Lavoisier. The methodology consists of a historical and epistemological analysis, using dialectics as a tool to understand the overcoming of paradigms. The study of the burning mirrors case reveals how narratives can persist regardless of their factual veracity, serving as a metaphor for fake news that feed on fragments of truth. The analysis of the transition from alchemy to modern chemistry demonstrates how cohesive belief systems can resist anomalies for long periods, similar to contemporary scientific denialism. It is concluded that combating disinformation does not lie in the mere correction of facts, but in the promotion of critical education and a form of science popularization that is committed to its social purpose – "para quem te quero" ("who do I want you for"). Both must emphasize the dialectical process of

knowledge construction – its uncertainties, contradictions, and self-correcting capacity. Thus, it is argued that initiatives such as the "Mais Ciência na Escola" Program and a science popularization committed to popular causes are fundamental to forming a society capable of thinking historically, systemically, and critically.

KEYWORDS: Disinformation. Fake News. History of Science. Epistemology. Science Education and Science Popularization.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar el fenómeno contemporáneo de la desinformación y las noticias falsas a partir de lecciones extraídas de la historia de la ciencia, específicamente de los episodios de los "espejos ardientes" de Arquímedes y el tránsito de la alquimia a la química moderna, con el trabajo liderado por Lavoisier. La metodología consiste en un análisis histórico y epistemológico, utilizando la dialéctica como herramienta para comprender la superación de paradigmas. El estudio del caso de los espejos ardientes revela cómo las narrativas pueden perdurar independientemente de su veracidad factual, funcionando como metáfora de las noticias falsas que se alimentan de fragmentos de verdad. Por su parte, el análisis de la transición de la alquimia a la química moderna demuestra cómo los sistemas de creencias cohesivos pueden resistir a las anomalías durante largos períodos, de manera similar al negacionismo científico actual. Se concluye que el combate a la desinformación no reside en la mera corrección de hechos, sino en la promoción de una educación crítica y de una popularización de la ciencia comprometida "para quien te quiero". Ambas deben enfatizar el proceso dialéctico de construcción del conocimiento: sus incertidumbres, contradicciones y capacidad de autocorrección. De esta forma, se defiende que iniciativas como el "Programa Mais Ciência na Escola" y una popularización de la ciencia comprometida con las causas populares son fundamentales para formar una sociedad capaz de pensar de forma histórica, sistémica y crítica.

PALABRAS CLAVE: Desinformación. Noticias Falsas. Historia de la Ciencia. Epistemología. Enseñanza de las Ciencias y Popularización de la Ciencia.