

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS - DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

Fernanda Aparecida Pazeli Albuquerque

**O arsênio e a sua longa história: contribuições para o desenvolvimento da Ciência
Forense no século XIX**

Juiz de Fora
2026

Fernanda Aparecida Pazeli Albuquerque

O arsênio e a sua longa história: contribuições para o desenvolvimento da Ciência Forense no século XIX

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ingrid Nunes Derossi

Juiz de Fora

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Albuquerque, Fernanda Aparecida Pazeli.

O arsênio e a sua longa história : contribuições para o desenvolvimento da Ciência Forense no século XIX / Fernanda Aparecida Pazeli Albuquerque. -- 2026.

70 f. : il.

Orientadora: Ingrid Nunes Derossi

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química, 2026.

1. História da Ciência. 2. Ciência Forense. 3. Arsênio. 4. Envenenamento. I. Derossi, Ingrid Nunes, orient. II. Título.

Fernanda Aparecida Pazeli Albuquerque

"O arsênio e a sua longa história: contribuições para o desenvolvimento da Ciência Forense no século XIX"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ingrid Nunes Derossi - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Márlon Herbert Flora Barbosa Soares
Universidade Federal de Goiás

Profa. Dra. Andréia Francisco Afonso
Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 12/02/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Ingrid Nunes Derossi, Professor(a)**, em 20/02/2026, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andreia Francisco Afonso, Professor(a)**, em 20/02/2026, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Márlon Herbert Flora Barbosa Soares, Usuário Externo**, em 20/02/2026, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2875429** e o código CRC **20EA21B4**.

Aos professores e às professoras que todos os dias, incansavelmente, lutam por uma educação pública, gratuita e de qualidade, além de todos(as) aqueles(as) que se dedicam a tornar o ensino de Química mais leve e prazeroso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que eu chegasse até aqui e a Nossa Senhora, por me acompanhar durante todo o caminho.

A toda a minha família, pelo amor e apoio incondicional. Em especial à minha mãe, por lutar todos os dias para me dar as oportunidades que tive e por me incentivar durante a minha trajetória.

À minha avó, por ter compreendido os motivos de minhas ausências, por ter me amado da forma como amou e por ter intercedido por mim enquanto pôde.

Ao meu noivo, por escutar minhas reclamações diárias, por ser a melhor companhia do mundo, pelos conselhos e compartilhamento de ideias fundamentais para a construção desta pesquisa, e por me amar em voz alta. Ao Tuntun por ter nos aceitado como sua família e por ronronar todas as noites em cima de mim.

Aos amigos e amigas que a vida me deu em cada uma de minhas etapas. Em especial à Millena, por mesmo longe, se fazer presente; ao Alberto, por ser incrivelmente genial e aceitar compartilhar um pouquinho do que sabe para o desenvolvimento deste trabalho; e ao *close friends* do GEEDUQ, pelo incentivo, pelas contribuições e por terem me abraçado.

Aos meus professores e professoras do Ensino Infantil, Fundamental, Médio e Superior, que de alguma forma contribuíram (e ainda contribuem) para o meu desempenho profissional e meu amor pela educação. Em especial ao Vinícius Catão, que me mostrou o que é ser um Professor, com P maiúsculo; à Ivoní e à Ingrid que aceitaram me orientar e ajudar em todos os momentos.

À Sala Mendeleev. Em especial ao Marcelo, pela oportunidade de fazer parte desse projeto tão incrível que permitiu a escolha do tema de pesquisa desta dissertação.

Aos meus colegas e amigos professores da Escola Estadual Antônio Macêdo, por todos os dias lutarem por uma educação pública, gratuita e de qualidade.

E por último, mas não menos importante, aos meus alunos e alunas, que entre aulas, projetos, trabalhos, risadas, conselhos e puxões de orelha me mostram diariamente o poder da Educação. Amo todos vocês, meus queridos!

“Se não fosse como foi, não seria como é”.

Se você me entende, por favor me explica - Pedro Salomão

RESUMO

Este trabalho discute as propriedades do arsênio e seus compostos que foram utilizados em diversas atividades e estiveram presentes em inúmeros momentos da história ao redor do mundo. A partir de uma pesquisa historiográfica desse elemento químico, pode-se observar suas aplicações em áreas como Medicina, Estética, Arte e Química, destacando-se as suas contribuições para o aprimoramento da Ciência Forense, mais especificamente na área da Toxicologia. Perpassando momentos e aplicações desde a Idade Antiga até os dias atuais, esta dissertação busca elucidar a importância da História da Ciência atrelada à ludicidade no Ensino de Química para a educação básica, promovendo momentos de maior interação e interesse e, conseqüentemente, uma construção do conhecimento de maneira mais consolidada. Apesar da importância do arsênio e de sua história, são poucos os estudos encontrados que cumprem essa tarefa, especialmente em um de seus contextos mais marcantes, devido ao grande número de relatos de envenenamentos: a Inglaterra do século XIX. Nesse sentido, o objetivo geral desta dissertação é compreender, por meio da História da Ciência, como esses casos de envenenamento ocorridos na Inglaterra vitoriana foram capazes de abrir os caminhos para os toxicologistas e como isso pode contribuir para o Ensino de Ciências. Para isso, optou-se pela realização de uma pesquisa qualitativa de análise documental que contou com a investigação de imagens, publicações em jornais, livros e outros documentos de fontes primária e secundária que fossem capazes de conferir a este trabalho uma abordagem dupla, que discute tanto os fatos específicos da Ciência quanto às influências sociais, políticas e econômicas da época. Atrelada a essa análise documental e às informações por ela proporcionadas, foi discutida a importância da História da Ciência na educação básica e houve a tentativa de incentivar os docentes a utilizarem-na como uma ferramenta para contextualizar suas aulas, pois, ao longo deste trabalho, foi possível identificar que o arsênio e seus compostos fazem parte da história de muitas pessoas e lugares e que, ao contrário do imaginário popular, eles não têm aplicações exclusivamente maléficas, pois até seu uso indiscriminado como veneno proporcionou grandes conquistas para Ciência Forense e para as análises químicas que existem hoje.

Palavras-chave: História da Ciência; arsênio; envenenamento; Ciência Forense.

ABSTRACT

This paper discusses the properties of arsenic and its compounds, which have been used in various activities and have been present at numerous moments in history around the world. Based on a historiographical study of this chemical element, its applications in areas such as medicine, aesthetics, art, and chemistry can be observed, with emphasis on its contributions to the improvement of Forensic Science, more specifically in the area of Toxicology. Traversing moments and applications from the Ancient Age to the present day, this dissertation seeks to shed light on the importance of the History of Science linked to playfulness in the teaching of chemistry for basic education, promoting moments of greater interaction and interest and, consequently, a more consolidated construction of knowledge. Despite the importance of arsenic and its history, few studies have been found that fulfill this task, especially in one of its most remarkable contexts, due to the large number of reports of poisoning: 19th-century England. Thus, the overall objective of this thesis is to understand, through the history of science, how these cases of poisoning in Victorian England paved the way for toxicologists and how this can contribute to science education. Thus, the overall objective of this thesis is to understand, through the history of science, how these cases of poisoning in Victorian England paved the way for toxicologists and how this can contribute to science education. To this end, we opted to conduct qualitative documentary analysis research that included the investigation of images, newspaper publications, books, and other primary and secondary source documents that would give this work a dual approach, discussing both the specific facts of science and the social, political, and economic influences of the time. Linked to this documentary analysis and the information it provided, the importance of the History of Science in basic education was discussed, and an attempt was made to encourage teachers to use it as a tool to contextualize their classes, because, throughout this work, it was possible to identify that arsenic and its compounds are part of the history of many people and places and that, contrary to popular belief, they do not have exclusively harmful applications, since even their indiscriminate use as poison has led to great achievements in Forensic Science and chemical analysis today.

Keywords: History of Science; arsenic; poisoning; Forensic Science.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	A HISTORIOGRAFIA E AS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO ARSÊNIO.....	12
1.2	QUESTÃO PROBLEMA.....	14
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.3.1	Objetivos Específicos.....	15
2	METODOLOGIA.....	16
3	AS APLICAÇÕES DO ARSÊNIO E OS SEUS COMPOSTOS AO LONGO DOS ANOS.....	21
3.1	OS MINERAIS DE ARSÊNIO APLICADOS ÀS ARTES E À MEDICINA TRADICIONAL.....	21
3.2	A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O TRIÓXIDO DE ARSÊNIO.....	26
3.3	O VERDE DE SCHEELE E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENVENENAMENTO DOS INGLESES.....	35
3.4	OS COMPOSTOS DE ARSÊNIO APLICADOS À MEDICINA MODERNA E A NOVA APARIÇÃO NA MÍDIA.....	44
4	O DESENVOLVIMENTO DA TOXICOLOGIA NA CIÊNCIA FORENSE, OS SINTOMAS CAUSADOS PELO ENVENENAMENTO E OS TESTES DE DETECÇÃO.....	49
4.1	TESTE DE RUSH.....	52
4.2	TESTE DE HUME.....	53
4.3	TESTE DE MARSH.....	53
4.4	TESTES DE DETECÇÃO ATUAIS.....	56
5	ENSINO DE CIÊNCIAS E CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA... 	59
5.1	A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO.....	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A Tabela Periódica dos Elementos Químicos agrupa os 118 elementos conhecidos atualmente e é considerada uma “janela para o Universo, ajudando a expandir nossa compreensão de mundo” (Leite, 2019, p. 702). Sua criação envolveu um longo período de organização e reorganização desses elementos à medida que mais deles eram identificados/sintetizados por diversos cientistas e grupos de pesquisa presentes em todo o planeta.

Passando pelas contribuições de Antoine Lavoisier (1743-1794), Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1949), Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886) e John Alexander Reina Newlands (1837-1898), a estrutura que a Tabela Periódica apresenta hoje é, em grande parte, responsabilidade do químico russo Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) que, em 1869, publicou seu trabalho, sugerindo uma forma mais assertiva de organização (Figura 1). Tendo sofrido algumas alterações por outros pesquisadores em anos posteriores, atualmente ela dispõe os elementos químicos a partir de seus números atômicos (Figura 2), os quais seguem uma ordem crescente, diferentemente do que foi apresentado por Mendeleev em meados do século XIX, que utilizava a massa atômica para essa disposição.

Figura 1 - Tabela Periódica proposta por Mendeleev em 1869.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
		Ni =	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1			Zn = 65,2	Cd = 112	
	Be = 9,4	Mg = 24	? = 68	Ur = 116	Au = 197 ?
	B = 11	Al = 27,4	? = 70	Sn = 118	
	C = 12	Si = 28	As = 75	Sb = 122	Bi = 210 ?
	N = 14	P = 31	Se = 79,4	Te = 128 ?	
	O = 16	S = 32	Br = 80	J = 127	
	F = 19	Cl = 35,5	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
Li = 7	Na = 23	K = 39	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		Ca = 40	Ce = 92		
		? = 45	La = 94		
		?Er = 56	Di = 95		
		?Yt = 60	Th = 118 ?		
		?In = 75,6			

Fonte: Mendeleev (1869, p. 405).

Figura 2 - Tabela Periódica atual.


 Sociedade Brasileira de Química

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Para saber mais, acesse aqui

Número atômico: 14 28083 Símbolo: Si Nome: silício

Peso atômico padrão abreviado¹ (IUPAC, 2024): incerteza no último dígito é ±1, exceto as indicadas entre parênteses. Mais detalhes: www.iupac.org

¹ Inexistente para alguns elementos (ex. Ra e Cf) por não serem isotópicos com uma abundância isotópica característica em amostras terrestres naturais. Para esses elementos, consta o número de massa da sua nuvem mais estável, entre colchetes (ex. [226] e [285]).

Zn - sólido Hg - líquido Ne - gás Cf - sintético

1 1,008(1) H hidrogênio																	2 4,0026 He hélio
3 6,94(1) Li lítio	4 9,0122 Be berílio											5 10,81(1) B boro	6 12,01(1) C carbono	7 14,007 N nitrogênio	8 15,999 O oxigênio	9 18,998 F flúor	10 20,180 Ne neônio
11 22,990 Na sódio	12 24,305 Mg magnésio											13 26,982 Al alumínio	14 28,086 Si silício	15 30,974 P fósforo	16 32,06(2) S enxofre	17 35,45 Cl cloro	18 39,948 Ar argônio
19 39,098 K potássio	20 40,078(4) Ca cálcio	21 44,956 Sc ascândio	22 47,88(7) Ti titânio	23 50,942 V vanádio	24 51,996 Cr cromômio	25 54,938 Mn manganês	26 55,845(2) Fe ferro	27 58,933 Co cobalto	28 58,933 Ni níquel	29 63,546(2) Cu cobre	30 65,38(2) Zn zinco	31 69,723 Ga gálio	32 72,630(1) Ge germânio	33 74,922 As arsênio	34 78,971(8) Se selênio	35 79,904(2) Br bromo	36 83,798(2) Kr criptônio
37 85,468 Rb rubídio	38 87,62 Sr estrôncio	39 86,909 Y itrio	40 91,224(2) Zr zircônio	41 92,906 Nb nióbio	42 92,906 Mo molibdênio	43 95,94 Tc tecnécio	44 101,07(2) Ru rútenio	45 102,91 Rh ródio	46 106,42 Pd paládio	47 107,87 Ag prata	48 112,41 Cd cádmio	49 114,82 In índio	50 118,71 Sn estanho	51 121,76 Sb antimônio	52 127,60(2) Te telúrio	53 126,91 I iodo	54 131,29 Xe xenônio
55 132,91 Cs césio	56 137,33 Ba bário	57-71 lanatânios	72 175,05 Hf hafnio	73 180,95 Ta tântalo	74 183,84 W tungstênio	75 186,21 Re rênio	76 186,21 Os ósio	77 193,22 Ir irídio	78 195,08(2) Pt platina	79 196,97 Au ouro	80 200,59 Hg mercúrio	81 204,38 Tl tório	82 207,2(1) Pb chumbo	83 208,98 Bi bismuto	84 [209] Po polônio	85 [209] At astato	86 [209] Rn radônio
87 [223] Fr frâncio	88 [226] Ra rádio	89-103 actinídios	104 [261] Rf rutherfordio	105 [262] Db dúbnio	106 [263] Sg seabórgio	107 [263] Bh bório	108 [265] Hs hessio	109 [265] Mt metânio	110 [266] Ds darmstádio	111 [266] Rg roentgênio	112 [267] Cn copernício	113 [268] Nh nihônio	114 [268] Fl fleróvio	115 [269] Mc moscóvio	116 [269] Lv livermório	117 [269] Ts tennesso	118 [269] Og oganesônio

Atenção: para saber como obter uma tabela periódica com muitas outras informações adicionais, acesse aqui

DESDE 2019

Organização dos Países em Cooperação Científica e Tecnológica

2019 IYPT

Organização dos Países em Cooperação Científica e Tecnológica

www.s bq.org.br

copyright © 2025 SBQ

fone: (11) 3032-2299

Fonte: SBQ (2025).

Por se tratar de um dos pilares da Química, as discussões sobre a Tabela Periódica no Ensino de Química, seja no nível básico ou superior, são significativas e as formas como ela é abordada pelos docentes são amplas. Em sua revisão sistemática, Leite (2019) observou que essa temática é abordada de inúmeras formas nas aulas de Química, mas que a principal abordagem encontrada nos artigos por ele analisados dizem respeito à aplicação de jogos. Esses jogos aparecem no formato de cartas, tabuleiro, bingo e *softwares* de interação. Além disso, o autor ainda destaca atividades como o estudo de caso e a visita à espaços não formais de ensino.

Tais abordagens contribuem de maneira significativa para o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que permitem uma maior familiaridade com a Tabela Periódica a partir de momentos de maior interação. Essa proximidade pode auxiliar no conhecimento de vários aspectos, como os cientistas responsáveis pelo

descobrimto/síntese dos elementos químicos, as suas histórias, os seus símbolos e nomes, além de outras características únicas.

Apesar das peculiaridades de cada elemento, muitos deles apresentam propriedades químicas e físicas semelhantes entre si. São essas similaridades que contribuem para que a Tabela Periódica auxilie os estudos relacionados aos novos elementos ou compostos químicos e as pesquisas direcionadas a elementos e compostos conhecidos há bastante tempo. Sua forma de organização permite estabelecer comparações entre cada um de seus constituintes, possibilitando que sejam agrupados de diversas maneiras, de acordo com o que se deseja explorar.

Um grupo bastante peculiar que já foi muito estudado é o grupo dos semimetais (Figura 3). Eles apresentam características tanto de metais como de ametais, fluindo sempre entre esses dois grupos sem, no entanto, apresentar características marcantes de um ou de outro (Yao *et al.*, 2020). Essa terminologia (semimetais ou metalóides) e agrupamento não são mais empregados e nem reconhecidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC - do inglês *International Union of Pure and Applied Chemistry*), entretanto, em alguns trabalhos ainda podemos encontrar essa divisão¹. Desde 1986, os elementos boro, silício, arsênio e telúrio são considerados não metais e Germânio, Antimônio e Polônio são considerados metais (Figura 4). Tendo em vista a dificuldade de abordar muitos elementos químicos em uma pesquisa de mestrado, optamos por dar enfoque a um elemento que teve destaque no século XIX devido ao grande número de casos de envenenamentos causados por vários de seus compostos, o que ajudou os cientistas a desenvolverem ainda mais a Ciência Forense: o arsênio.

¹ A Sociedade Brasileira de Química (SBQ) aderiu a essa classificação em 2001. Portanto, ao falar desses elementos, levaremos em consideração a classificação atual, isto é, apenas ametais e metais. Nos momentos em que for necessário tratar algum elemento como semimetal, esta classificação será explicitada no texto.

Figura 3 - Tabela Periódica dividida entre metais, ametais e semimetais.

Tabela Periódica dos Elementos

Legenda: ■ Metais ■ Ametais ■ Semimetais

1	2											13	14	15	16	17	18
1 H												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 He
3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
		Número atômico		Símbolo													
1		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 4 - Tabela Periódica dividida entre metais e ametais.

Tabela Periódica dos Elementos

Legenda: ■ Metais ■ Ametais

1	2											13	14	15	16	17	18
1 H												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 He
3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
		Número atômico		Símbolo													
1		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

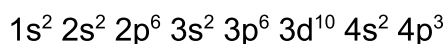
1.1 A HISTORIOGRAFIA E AS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO ARSÊNIO

O arsênio foi isolado pela primeira vez em 1250 d.C. pelo pesquisador Alberto Magno (1196?-1280) (Flora, 2015; Haynes, 2014; Monte, 2020), o qual optou por seguir uma vida religiosa e a dedicar grande parte de sua vida a estudar as Ciências, destacando-se principalmente nas Ciências Naturais. A busca por tentar aproximar Ciência e Religião fez com que, em 1941, 10 anos após sua canonização,

ele fosse proclamado Santo Padroeiro dos Estudiosos das Ciências Naturais (ou Padroeiro dos Cientistas) (Santos e ícones católicos, 2023).

Apesar de ter sido isolado apenas no século XIII “através do aquecimento de uma mistura de sabão com sulfureto de arsênio (III)” (Monte, 2020, p. 17), a descrição do arsênio elementar foi feita pela primeira vez apenas por volta do ano de 1520 d.C. pelo alquimista Paracelso (1493-1541 d.C.) (Mertins *et al.*, 2019). Além disso, ele já era conhecido e utilizado há muitos anos por chineses, gregos, romanos e até mesmo no antigo Egito, visto que ele é bastante abundante na Terra, ocupando a 20ª posição dos elementos mais comuns na crosta e estando presente em mais de 200 minerais, como o ouropigmento (As_2S_3), o realgar (As_4S_4) e a arsenolita (As_2O_3) (Barbosa, 2013; Cetesb, 2017; Flora, 2015; Haynes, 2014; Monte, 2020).

Como pode ser observado na Tabela disposta pela IUPAC, ele é o elemento químico de símbolo As, número atômico 33, massa atômica 74,922 Da, que, atualmente, é classificado como um ametal e ocupa o quarto período do grupo 15 da tabela periódica. Em seu estado fundamental, um átomo de arsênio possui 33 elétrons distribuídos em 4 níveis de energia, sendo que sua configuração eletrônica, segundo o Diagrama de Distribuição Eletrônica, é mostrada abaixo:



Os átomos desse elemento apresentam 5 elétrons no nível de valência, sendo que o orbital s está completo e o orbital p está parcialmente preenchido. Essa distribuição eletrônica permite que o arsênio seja encontrado em diferentes estados de oxidação (Andrade; Rocha, 2016; Barbosa, 2013; Flora, 2015), sendo eles:

- -3, quando ele ganha 3 elétrons para preencher o orbital 4p;
- 0, quando ele compartilha seus 3 elétrons de valência do orbital 4p com outro átomo do mesmo elemento (nesse estado de oxidação, o arsênio é conhecido como arsênio metálico ou elementar);
- +3, quando ele perde os 3 elétrons de valência do orbital 4p;
- +5, quando ele perde os 5 elétrons de valência (3 do orbital 4p e 2 do orbital 4s).

Esses 4 estados de oxidação permitem que ele se ligue de diversas formas a muitos outros elementos, sendo os mais comuns oxigênio e enxofre (Flora, 2015), formando compostos tanto orgânicos quanto inorgânicos. A forma predominante de As na natureza é o arsenato (AsO_4^{3-}), uma vez que o arsenito (orto-arsenito, AsO_3^{3-} ,

e meta-arsenito, AsO^{2-}) é rapidamente oxidado pelo gás oxigênio presente na atmosfera (Andrade; Rocha, 2016; Barbosa, 2013).

Essa variedade de estados de oxidação faz com que o arsênio seja capaz de formar diferentes espécies químicas, as quais possuem maior ou menor grau de toxicidade relativa: i) os compostos mais tóxicos são os inorgânicos com As^{3+} , como a arsina (AsH_3), os arsenitos e o trióxido de arsênio (As_2O_3); ii) em segundo lugar, tem-se os compostos inorgânicos de As^{5+} , que são os mais comuns no nosso meio ambiente rico em oxigênio, ou seja, os arsenatos; iii) depois vem os compostos orgânicos com As^{3+} ; iv) e, por fim, os compostos orgânicos com As^{5+} . Em geral, os compostos inorgânicos são mais prejudiciais à saúde que os compostos orgânicos e, além disso, dentro dos exemplos de inorgânicos, a toxicidade dos arsenitos é cerca de 60 vezes maior que a toxicidade dos arsenatos (Andrade; Rocha, 2016; Barbosa, 2013; Farias *et al.*, 2012; Flora, 2015). Como sua toxicidade é elevada, a Organização Mundial da Saúde (OMS) o incluiu na lista dos 10 elementos químicos presentes nos compostos de maior preocupação para a saúde pública (WHO, 2022). Associado a isso, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) coloca o arsênio e seus compostos inorgânicos no grupo 1 - Carcinogênico para humanos (Colasso, 2020; WHO, 2022).

Diante do apresentado, é possível perceber a importância do desenvolvimento de pesquisas que tenham esse elemento químico como foco, principalmente estabelecendo uma conexão entre a História da Ciência (HC) e os novos recursos e estratégias didáticas que têm ganhado mais espaço no Ensino de Química, para a construção do conhecimento científico de forma leve e prazerosa.

1.2 QUESTÃO PROBLEMA

A partir do contexto sociopolítico e econômico vivenciado pelos ingleses no século XIX, de que modo o elevado número de casos de envenenamento, aliado às formas iniciais de identificação do arsênio como causa desses episódios contribuíram para o desenvolvimento da Ciência Forense?

1.3 OBJETIVOS

Investigar como a historiografia do arsênio e seus compostos pode contribuir para o aprendizado desse elemento químico.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Pesquisar os casos de envenenamento por arsênio no século XIX na Inglaterra;
- Compreender como os testes de identificação e quantificação desse elemento foram se aprimorando ao longo dos tempos.

2 METODOLOGIA

Para realizar a definição do tema e da questão de pesquisa, foi utilizado o descritor “arsênio” no Portal de Periódicos da Capes, sendo encontrados 2.882 resultados. Destes trabalhos, 1.183 haviam sido publicados em periódicos revisados por pares no período de 2014 a 2024. Eles estavam divididos entre artigos (1029), artigos de revisão (70), carta (32), capítulos de livros (28), paratexto (13), errata (5), editorial (4), livro (1) e pré-print (1). Esses trabalhos abordavam várias questões de contaminação de solos, água e alimentos. Foi observado durante a leitura dos títulos e resumos que parte significativa dos trabalhos não tinham relação com o elemento químico, mas apareciam na pesquisa porque um dos autores se chamava Arsênio (Arsênio/Arsenio/Arsenios).

Desta forma, a pesquisa foi refeita usando a ferramenta “Busca Avançada”, a qual permitia procurar os descritores desejados em campos específicos. Portanto, procurou-se trabalhos que continham² “arsênio” no campo “assunto” e usou-se o conectivo “OU” para pesquisar concomitantemente a palavra “arsênio” no campo “título”, ainda mantendo o período de 10 anos e sem especificar o tipo de material, o que gerou como resultado 46 trabalhos³, sendo que apenas 30 haviam sido revisados por pares. Desses 30, o total de trabalhos com acesso aberto à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) era correspondente a 22 e todos estavam englobados na divisão “artigos”, sendo 15 de produção brasileira e 7 de outros países. As temáticas estavam relacionadas à contaminação ambiental (13) e alimentícia (1), ao potencial mutagênico (1), às pessoas (4) e locais com este nome (2), além da sua utilização no tratamento de sífilis (1).

O nome do elemento químico também foi pesquisado em inglês, uma vez que muitos artigos são escritos nessa língua e que o recorte regional da nossa pesquisa foi feito na Inglaterra. Para isso, também se fez a pesquisa na ferramenta de “Busca Avançada”, colocando a palavra em inglês nos dois campos mencionados anteriormente e utilizando o mesmo conectivo, além disso, continuamos usando o período de 2014 a 2024, os trabalhos revisados por pares e de acesso aberto. Foram encontrados 11.299 trabalhos. Baseado na pesquisa anterior, que encontrou

² Nesta ferramenta de pesquisa, também pode-se escolher que a pesquisa seja feita com “Contém” ou “É (exato)”. Escolhemos a primeira opção porque em outros países a acentuação pode ser diferente.

³ Nenhum deles havia sido publicado em 2024.

vários artigos que não tinham relação com o que se desejava, optamos por adicionar o descritor “19th century”, na intenção de que ele ajudasse a filtrar os trabalhos considerados relevantes. Como utilizamos dois descritores e dois campos de pesquisa, foi necessário realizar uma análise combinatória das opções, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Pesquisa realizada na ferramenta “Busca Avançada” do Portal de Periódicos da CAPES.

DESCRITOR 1	CAMPO 1	CONECTIVO	DESCRITOR 2	CAMPO 2	RESULTADOS
Arsenic	Assunto	E	19th century	Assunto	0
Arsenic	Título	E	19th century	Assunto	0
Arsenic	Assunto	E	19th century	Título	0
Arsenic	Título	E	19th century	Título	1

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O único artigo encontrado na pesquisa recebia o título “Identification, transformations and mobility of hazardous arsenic-based pigments on 19th century bookbindings in accessible library collections” de autoria de Vermeulen *et al.* e publicado em 2023 no *Journal of Hazardous Materials* da Elsevier BV. O trabalho detalhou os processos de investigação de livros cujas capas, lombadas e páginas continham compostos de arsênio provenientes dos pigmentos verdes utilizados. A identificação foi feita por meio de técnicas analíticas como a Difração de Raio-X (*X-Ray Diffraction* - XRF), a Espectroscopia no Infravermelho Transformada de Fourier (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* - FTIR), Espectroscopia Raman, associadas a técnicas de radiação síncrotron.

As pesquisas destes mesmos descritores em português e em espanhol não geraram nenhum resultado para o período de 10 anos estabelecido. Destarte, como não foram encontrados trabalhos que se dispunham a correlacionar o arsênio e o século XIX de forma semelhante aos trabalhos realizados na área de História da Ciência, é possível perceber como o assunto é pouco explorado⁴, mesmo sendo bastante relevante tanto para a Química quanto para as Ciências Médicas, uma vez

⁴ Compreendemos que a limitação das fontes de busca contribuíram para que poucos trabalhos tenham sido encontrados, contudo, destacamos que, o Portal de Periódicos da Capes foi escolhido justamente por abrigar um acervo consideravelmente grande de Bases e Periódicos de diversos países e áreas de pesquisa, o que mostra que, apesar da limitação imposta pelo próprio modelo de trabalho e tempo disponível, a varredura de arquivos digitais foi significativa.

que envolve uma questão de saúde pública causada pelo desconhecimento e/ou negligenciamento das propriedades químicas dos compostos de arsênio que eram largamente utilizados, expondo a população a várias situações de risco.

A História da Ciência (HC) é um campo de estudo metacientífico que utiliza uma metodologia própria, não podendo, portanto, ser resumida em uma simples soma das metodologias aplicadas na História e na Ciência. Ela busca, em um primeiro momento, fazer uma descrição do seu objeto de estudo, tendo como base duas abordagens: i) abordagem conceitual - também chamada de internalista -, que tem como objetivo discutir os fatos puramente científicos, os quais estão relacionados ao assunto específico selecionado; e ii) abordagem não conceitual - ou externalista -, que tem como foco a discussão e análise de fatores externos aos científicos, como influências sociais, políticas, econômicas e psicológicas que levaram à descoberta, invenção ou tomada de decisões daquilo que foi selecionado como tema de pesquisa (Martins, 2005). Para este trabalho, utilizaremos a historiografia contemporânea, chamada Nova Historiografia da Ciência (Alfonso-Goldfarb; Ferraz; Beltran, 2006), a qual aborda tanto os conceitos científicos como os fatores externos envolvidos no momento e na situação de estudo.

A abordagem internalista desta pesquisa diz respeito aos conhecimentos científicos sobre saúde e envenenamento que eram conhecidos e utilizados no século XIX, por outro lado, a abordagem externalista visa compreender e discutir como as questões sociais, políticas e econômicas vivenciadas pela população inglesa nesse período influenciaram o número de casos registrados de envenenamento por arsênio.

A pesquisa é de natureza qualitativa, a qual, segundo Godoy (1995, p. 21):

[...] ocupa um reconhecido lugar entre as várias possibilidades de se estudar os fenômenos que envolvem os seres humanos e suas intrincadas relações sociais, estabelecidas em diversos ambientes. [...] um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada.

Quanto à parte procedimental foi feito um levantamento por meio de pesquisas e análises documentais que, conforme apresentado por Fonseca (2002, p. 32),

[...] trilha os mesmos caminhos da pesquisa bibliográfica, não sendo fácil por vezes distingui-las. A pesquisa bibliográfica utiliza fontes

constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas. A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico.

Gil (1989) destaca que a pesquisa documental se desenvolve semelhantemente à pesquisa bibliográfica, contudo é necessário perceber que a etapa inicial envolve a exploração de diversos tipos de documentos, os quais somam um grande número. Em adição a isso, Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009) informam que, na análise documental, é fundamental que os fatos sejam apresentados e interpretados, pois eles por si só não explicam nada, além disso é importante sintetizar as informações, identificar as tendências e realizar as inferências. Ademais, Godoy (1995) apresenta algumas vantagens desse tipo de pesquisa:

[...] [a pesquisa documental] permite o estudo de pessoas às quais não temos acesso físico, porque não estão mais vivas ou por problemas de distância. [...] Além disso, os documentos constituem uma fonte não-reativa, as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Podem ser considerados uma fonte natural de informações à medida que, por terem origem num determinado contexto histórico, econômico e social, retratam e fornecem dados sobre esse mesmo contexto. Não há, portanto, o perigo de alteração no comportamento dos sujeitos sob investigação (Godoy, 1995, p. 22).

A metodologia da pesquisa envolveu a seleção e a análise de documentos históricos do século XIX que retratavam de alguma forma a situação vivida pela população britânica nessa época, assim como o conhecimento médico e científico sobre envenenamentos, com foco no arsênio, que estava disponível e sendo construído ao longo desse século. Esse tipo de documento, classificado como fonte primária, foi identificado a partir de fontes secundárias (Martins, 2005) - as quais englobam artigos e demais trabalhos encontrados no *Google Scholar* e no Portal de Periódicos da CAPES - e pesquisado em acervos digitais, tais como *Current Bibliography*, *Gallica*, *British Medical Journal*, *British Library*, *Bibliography of the History of Medicine*, *National Library of Medicine* e *Internet Archive: Digital Library of Free & Borrowable Texts, Movies, Music & Wayback Machine*.

Com esta natureza qualitativa e abordagens tanto conceitual como não conceitual próprias da metodologia de pesquisa em História da Ciência, espera-se que o trabalho possa contribuir com a discussão histórica e científica do uso do arsênio e do desenvolvimento e aperfeiçoamento da Ciência Forense, visto que,

apesar de sua grande importância, a quantidade de trabalhos encontrados que relacionassem esses três tópicos foi ínfima, conforme apresentado anteriormente.

3 AS APLICAÇÕES DO ARSÊNIO E OS SEUS COMPOSTOS AO LONGO DOS ANOS

Conhecidos e empregados há milhares de anos, os compostos desse elemento fizeram e fazem parte da história. Desde 2000 a.C, o arsênio é conhecido como um potente agente medicinal, sendo que seus compostos estiveram presentes em medicamentos, tanto da medicina alternativa quanto da tradicional (inclusive, ainda é utilizado para o tratamento de algumas doenças, como veremos a seguir) e foram, muitas vezes, consumidos como forma de suplementação para organismos debilitados e fracos, pois, acreditava-se que eles tinham capacidade de conferir força e vitalidade a quem os ingerisse (André, 2012; Hughes *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2008; Monte, 2020; Paul *et al.*, 2023). Além disso, ele também deixou sua marca na área cosmética e estética, sendo bastante utilizado como agente depilatório, removedor de rugas, pó facial, entre outros (André, 2012; Monte, 2020).

Sua atuação, porém, não se restringe a esses dois campos. Muitas tintas e pigmentos foram produzidos a partir de compostos de arsênio, principalmente após o século XVIII, quando surgiu o *Verde de Scheele*, permitindo o tingimento de peças de vestuário, roupas de cama, tapetes e elementos de tapeçaria, objetos de decoração, papéis de parede etc. (Andrade; Rocha, 2016; André, 2012; Brower, 2022; Lopes, 2015). Ele também esteve presente na Revolução Industrial, sendo um dos constituintes do carvão mineral utilizado pelas máquinas a vapor e pelos sistemas de arrefecimento de muitas casas (André, 2012; Monte, 2020; Silva, 2016).

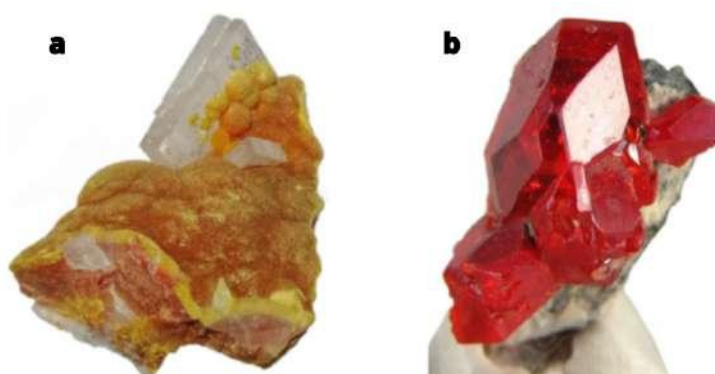
Em soma a todos esses usos já apresentados, o arsênio e seus compostos foram utilizados, principalmente, como venenos, seja para matar os ratos que estavam causando alvoroço nos centros urbanos durante a Revolução Industrial, seja para matar seres humanos (em casos tanto de homicídios, acidentais ou intencionais, quanto de suicídios) ao longo de muitos e muitos séculos (André, 2012; Lima; Barros, 2024; Lopes, 2015; Monte, 2020; Paul *et al.*, 2023).

3.1 OS MINERAIS DE ARSÊNIO APLICADOS ÀS ARTES E À MEDICINA TRADICIONAL

Na natureza, o arsênio é, geralmente, encontrado associado a outros elementos, como oxigênio e enxofre. As combinações provenientes desses

elementos formam grande parte dos compostos inorgânicos de arsênio, os quais ocorrem naturalmente no solo e nas rochas e não apresentam nenhum odor característico ou sabor que permitam identificar sua presença na comida, água ou ar (ATSDR, 2007). Os sulfetos são a principal composição dos minerais de arsênio, sendo que o ouropigmento (Figura 5a) é constituído em grande parte por As_2S_3 e o realgar (Figura 5b), por As_4S_4 . Esses dois minerais foram os primeiros registrados na história, tendo sido descritos no século IV a.C. pelo filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) (Paul *et al.*, 2023).

Figura 5 - a: Mineral Ouropigmento; b: Mineral Realgar.



Fonte: Monte (2020, p. 18).

Eles foram empregados para muitas finalidades. O ouropigmento (ou auripigmento), como o próprio nome permite concluir e como pode ser observado na figura 5a apresentada acima, possui uma coloração amarela (em muitos casos ele é chamado de “arsênio amarelo”) bem próxima do ouro, o que contribuiu para que este minério de arsênio fosse amplamente utilizado na fabricação de tintas dessa cor. Tais pigmentos estiveram e estão presentes em muitos itens de decoração e obras de diversas culturas, como por exemplo: em antigas artes egípcias, aparecendo em vários rolos de pergaminhos e na tumba de Tutancâmon (1341-1323 a.C.) (Figura 6a); nas paredes do famoso mausoléu indiano, o *Taj Mahal* (Figura 6b); em livros europeus medievais como o *Mappae clavicula* (Figura 6c) e *Book of Kells* (Figura 6d); e em pinturas de artistas renascentistas, como é o caso da obra *The dream of St. Helena* (1570) (Figura 6e), do pintor italiano Paolo Veronese (1528-1588 d.C.) (Hempel, 2019; St. Clair, 2017).

Figura 6 - a: Detalhes da tumba de Tutancâmon, no Egito; b: Detalhes do Taj Mahal, na Índia; c: Página do *Mappae clavicula*; d: Página do *Book of Kells*; e: Obra *The Dream of St. Helena*, de Paolo Veronese.



Fonte: a - Welle (2019); b - Domínio público⁵; c - Domínio público⁶; d - Domínio público⁷; e - Domínio público⁸.

Pigmentos produzidos a partir do minério realgar também foram empregados em alguns casos, pois como é possível perceber, a partir da figura 5b, o realgar apresenta uma coloração vermelha bem intensa e chamativa, fazendo com que muitos artistas desejassem utilizá-lo como pigmento em obras de arte de diversos estilos e formatos, tornando-o popular.

Na cultura do novo mundo, tanto tintas advindas do ouro pigmento quanto aquelas produzidas a partir do realgar foram utilizadas. Na época do Brasil Colonial, era comum a produção de manuscritos que definissem e registrassem de maneira formal os deveres e direitos dos membros das irmandades formadas. Um estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2016), por meio de uma análise de difratogramas de

⁵ Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taj_Mahal_flower_details.jpg.

⁶ Disponível em: <https://www.facebook.com/groups/17176888696/posts/10152425760648697/>.

⁷ Disponível em: <https://picryl.com/media/kellsfol114rarrestofchrist-49cd58>.

⁸ Disponível em: <https://picryl.com/media/the-vision-of-saint-helena-veronese-fe3038>.

raio X por dispersão de energia, indicou a presença de arsênio em pigmentos amarelos, alaranjados e marrons em dois manuscritos brasileiros do século XVIII, o livro de *Compromisso da Irmandade do Santíssimo Sacramento da Freguesia de Nossa Senhora do Pilar das Congonhas* (Figura 7a) e o livro de *Compromisso da Irmandade do Glorioso São Gonçalo da Igreja de Nossa Senhora da Conceição de Vila Rica* (Figura 7b).

Figura 7 - a: Folha de rosto do livro de *Compromisso da Irmandade do Santíssimo Sacramento da Freguesia de Nossa Senhora do Pilar das Congonhas*; b: Folha de rosto do livro de *Compromisso da Irmandade do Glorioso São Gonçalo da Igreja de Nossa Senhora da Conceição de Vila Rica*.



Fonte: Gonçalves *et al.* (2016, p. 1348).

Ainda de acordo com a pesquisa, por meio da realização de Espectroscopia Raman, foi possível concluir que um pigmento amarelo analisado em uma das páginas do primeiro livro era referente ao ouropigmento, enquanto indicava que a cor alaranjada era proveniente do realgar, porém, em relação à tinta marrom, os espectros de Raman não foram conclusivos para identificar um pigmento específico (Gonçalves *et al.*, 2016).

A cor amarela conferida pelo ouropigmento aparenta ser, dentre os pigmentos produzidos a partir dos minerais de arsênio, a mais utilizada ao redor do mundo e ao longo dos anos, contudo, segundo apontamentos realizados por St. Clair (2017),

[...] [o pigmento] secava mal em óleos e não podia ser usado em afrescos. Ele também reagia com uma série de outros pigmentos, particularmente aqueles que continham cobre e chumbo. [...] O ouropigmento realmente tinha apenas uma coisa a seu favor: sua cor. Ele foi, nas palavras de Cenninni, “um lindo amarelo mais parecido com o ouro que qualquer outra cor”. E isso, ao que parece, foi suficiente [para a sua larga utilização] (St. Clair, 2017, p. 87, tradução nossa).

No que diz respeito a outros campos de atuação desses dois minerais, podemos citar a sua notória presença na medicina tradicional. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), este tipo de medicina é caracterizada pela

[...] soma total de conhecimentos, habilidades e práticas baseadas em teorias, crenças e experiências nativas⁹ de diferentes culturas, sejam elas explicáveis ou não, usadas na manutenção da saúde, bem como na prevenção, no diagnóstico e aperfeiçoamento ou tratamento de doenças físicas e mentais (WHO, 2023, tradução nossa).

Muitas culturas que utilizaram, e outras que ainda utilizam esses conhecimentos tradicionais para a prevenção de algum problema de saúde ou para o tratamento de alguma doença, recorreram a diversos minerais que contêm metais como chumbo, mercúrio e arsênio. Assim, essas pessoas fazem uso intencional, de modo interno e/ou externo, dos minerais desses metais pesados, alegando a eficácia de suas supostas propriedades terapêuticas (Liu *et al.*, 2008; Paul *et al.*, 2023). Conforme descrito por Paul *et al.* (2023, p. 285, tradução nossa), “acredita-se que Hipócrates (460-377 a.C.), o médico grego, frequentemente referenciado como o Pai da Medicina, administrou ouropigmento e realgar como escaróticos¹⁰ e remédios para úlceras e abscessos”, assim como Galeno (129-210 d.C.), também médico grego.

Dentre essas práticas tradicionais, podemos destacar aquelas realizadas pela medicina chinesa, na qual o registro mais antigo acerca do uso de arsênio com essas finalidades para a área da saúde ocorreu em cerca de 200 a.C. no *Shen Nong Ban Cao Jing*, o primeiro livro chinês sobre sua medicina tradicional, justificando as pílulas de arsênio descritas no *Chinese Nei Jing Treaty* (263 d.C.) para o tratamento de febre recorrente (Liu *et al.*, 2008; Paul *et al.*, 2023). Cabe ressaltar aqui que a

⁹ No original: “indigenous”.

¹⁰ Substância que faz com que o tecido morra e se desprenda.

medicina indiana *Ayurveda*¹¹ também se utilizou desses compostos por volta do século V a.C. (Paul *et al.*, 2023).

Acerca dos medicamentos preparados por essas tradições culturais, tem-se o ouropigmento sendo utilizado primordialmente de forma externa, atuando no combate aos piolhos, à escabiose, mordidas de cobras e picadas de insetos, além de problemas de pele (Liu *et al.*, 2008). Apesar da maior parte das vezes o seu uso ser externo, ele ainda aparece em alguns medicamentos de uso oral, conforme apresentam Liu *et al.* (2008, p. 366, tradução nossa) ao destacarem que, “o ouropigmento está presente no *Quingyi Piwen Dan*, um preparo com outras 74 ervas para desintoxicação e uso como laxante, mas o seu uso sozinho como remédio oral não é comum”. Além disso, “Sun Si-Miao (581-682 d.C.), médico chinês chamado de Rei da Medicina da China, usou uma combinação de realgar, ouropigmento e trióxido de arsênio para o tratamento de malária” (Paul *et al.*, 2023, p. 285, tradução nossa).

Somado ao ouropigmento e ao realgar, o elemento químico arsênio aparece em outro mineral: a arsenolita, constituída majoritariamente de As_2O_3 (trióxido de arsênio). Comumente chamado de arsênio branco, este composto também foi utilizado em vários preparos medicinais, como a Solução de Fowler, que correspondia a um preparo do século XVIII de 1% de $KAsO_2$ (arseniato de potássio), o qual era produzido a partir da dissolução do As_2O_3 em uma solução aquosa de $KHCO_3$ (bicarbonato de potássio), e era empregada no tratamento de sintomas da malária, de gangrena, de leucemia e câncer de mama (Hempel, 2019; Paul *et al.*, 2023; Tinwell; Stephens; Ashby, 1991).

3.2 A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O TRIÓXIDO DE ARSÊNIO

A segunda metade do século XVIII foi marcada por uma grande revolução nos processos de produção. Tendo iniciado na Inglaterra, aproximadamente na década de 1780, a Revolução Industrial foi um período de profundo desenvolvimento

¹¹ *Ayurveda* é o termo utilizado para se referir à medicina tradicional indiana, considerada um dos mais antigos sistemas de cura e prevenção de doenças, e que significa “conhecimento da longevidade” (*Ayus* = longevidade; *vedas* = conhecimento, ciência). Ela prega que o corpo, a mente e o ambiente devem estar em equilíbrio para que a boa saúde seja preservada, de modo que, quando esses campos estão desequilibrados, o indivíduo pode manifestar algumas doenças. O restabelecimento desse estado de equilíbrio pode ser alcançado de algumas formas, dentre elas, através do uso e consumo de metais e plantas com propriedades medicinais (Deveza, 2013; Lopes *et al.*, 2016).

tecnológico, transformando sociedades predominantemente agrárias e manufatureiras em potências tecnológicas e econômicas. Conforme discutido por Hobsbawm ([1962] 2015), a Inglaterra não era o centro do desenvolvimento científico e intelectual, contudo, isso não foi um impedimento para se tornar a pioneira da Revolução. O autor argumenta que:

Felizmente poucos refinamentos intelectuais foram necessários para se fazer a revolução industrial. Suas invenções técnicas foram bastante modestas, e sob hipótese alguma estavam além dos limites de artesãos que trabalhavam em suas oficinas ou das capacidades construtivas de carpinteiros, moleiros e serralheiros [...] (Hobsbawm, [1962] 2015, p. 39).

O fundamental para a revolução eram algumas condições que já estavam fortemente enraizadas na política da Grã-Bretanha. Já havia mais de um século que a monarquia absolutista fora substituída pela monarquia parlamentarista, além de que a política governamental já tinha como objetivos principais a obtenção do lucro e do desenvolvimento econômico e, somado a isso, a monopolização das terras cultiváveis por poucos proprietários também era uma realidade inglesa, mostrando que “a política já estava engatada ao lucro. [...] o dinheiro não só falava como governava. Tudo que os industriais precisavam para serem aceitos entre os governantes da sociedade era bastante dinheiro” (Hobsbawm, [1962] 2015, p. 40).

A Revolução Industrial contou com um forte aliado, o carvão. A quantidade de florestas na Grã-Bretanha era relativamente baixa, tornando o carvão mineral a principal fonte de energia do país para alimentar as máquinas a vapor. Estima-se que, em 1800, cerca de 10 milhões de toneladas de carvão, correspondendo a 90% da produção mundial, foram produzidos na Grã-Bretanha (Hobsbawm, [1962] 2015). Que o carvão mineral foi uma peça-chave indispensável ao desenvolvimento industrial e econômico mundial é inegável, porém, também é incontestável que sua crescente utilização trouxe consequências graves à população.

A extração de minérios do solo, sejam minérios de carvão ou de níquel, cobre, zinco e outros elementos químicos é bastante prejudicial ao meio ambiente por causa da drenagem ácida das minas (DAM), que acontece quando o solo contendo minerais com sulfetos sofre exposição ao ar, à água e aos microrganismos (Galhardi; Soldera, 2018; Mello; Duarte; Ladeira, 2014). Segundo Mello, Duarte e Ladeira (2014):

As soluções ácidas geradas por DAM, à medida que penetram nas rochas e no solo, podem solubilizar alguns elementos químicos

presentes, podendo contaminar águas superficiais como rios, riachos e/ou águas subterrâneas. Alguns exemplos desses elementos são Mn, Cr, Cd, Zn, Pb, As, dentre outros. Esse fenômeno está associado a atividades de mineração, mais especificamente à etapa de retirada do minério, quando grande quantidade de rochas é exposta às condições atmosféricas, potencializando a drenagem ácida e o risco de contaminação ambiental (Mello; Duarte; Ladeira, 2014, p. 24).

Além disso, por se tratar de um produto formado a partir da decomposição da matéria orgânica ao longo de milhares de anos sob um solo rico em diversos minerais, grande parte do carvão das minas inglesas que foi utilizada nas máquinas a vapor oriundas da Revolução Industrial era considerada impura. Esse tipo de combustível é classificado de acordo com sua capacidade calorífica e com suas impurezas, de modo que linhito e sub-betuminoso são carvões minerais considerados de baixa qualidade, enquanto hulha (betuminoso) e antracito são de alta qualidade. As impurezas presentes no carvão têm diversas constituições, sendo que algumas delas são os minerais com sulfetos de arsênio, pois, conforme já discutido anteriormente, esse elemento é bastante abundante na crosta terrestre, uma vez que cerca de 200 compostos dele são encontrados no solo (Monte, 2020).

Durante o processo de combustão desse carvão para a movimentação das máquinas industriais, a ustulação¹² acontecia concomitantemente, liberando o As_2O_3 sublimado como produto, o qual era solidificado e guardado em depósitos, dada sua elevada toxicidade (Greenwood; Earnshaw, 1997; Monte, 2020). Assim, o combustível utilizado para alimentar as máquinas, que proporcionaram a crescente industrialização britânica no final do século XVIII e início do século XIX, também foi o responsável por liberar no meio ambiente quantidades consideráveis de arsênio durante a extração, poluindo o ar, a água e o solo, e por gerar uma enorme quantidade de trióxido de arsênio. Esse subproduto, mais comumente chamado de arsênio branco, formado em quantidades exorbitantes na época, passou a servir como um aliado à população no combate às pestes que infestavam e dominavam as ruas e casas da Inglaterra Industrial.

A presença constante de animais, como ratos e baratas, nos bairros e nos lares da classe operária ocorria devido às péssimas condições de moradia a que eles estavam submetidos, por causa do grande crescimento populacional urbano vivenciado nas cidades mais industrializadas, pois:

¹² Nome dado ao processo de combustão que acontece especificamente quando o combustível da reação é um sulfeto.

A veloz expansão da indústria determinou a demanda de mais braços; os salários aumentaram e, em consequência, batalhões de trabalhadores das regiões agrícolas emigraram para as cidades - a população cresceu rapidamente e quase todo o acréscimo ocorreu na classe dos proletários (Engels, [1845] 2010, p. 59).

O sociólogo e economista alemão Friedrich Engels (1820-1895 d.C.), em seu livro *A situação da classe trabalhadora na Inglaterra* (1845), traz um relato das condições de vida dos operários ingleses no final do século XVIII e no século XIX, mostrando que os bairros em que moravam e as casas que habitavam estavam em condições deploráveis. Essa situação calamitosa não se restringia a uma ou outra cidade. As péssimas condições de vida da população trabalhadora não era a exceção, mas sim a regra nas cidades inglesas, claro que cada uma com suas idiossincrasias. Segundo o autor:

O que é verdadeiro para Londres também é para Manchester, Birmingham e Leeds - é verdadeiro para todas as grandes cidades. Em todas as partes, indiferença bárbara e grosseiro egoísmo de um lado e, de outro, miséria indescritível; em todas as partes, a guerra social: a casa de cada um em estado de sítio; por todos os lados, pilhagem recíproca sob a proteção da lei; e tudo isso tão despudorada e abertamente que ficamos assombrados diante das consequências das nossas condições sociais, aqui apresentadas sem véus, e permanecemos espantados com o fato de este mundo enlouquecido ainda continuar funcionando (Engels, [1845] 2010, p. 68-69).

Ainda conforme discutido por Engels ([1845] 2010), as grandes cidades tinham pelo menos um “bairro de má fama”, onde morava a população pobre que trabalhava nas indústrias e que ficava, preferencialmente, escondido e afastado dos bairros das classes mais abastadas. Segundo o relato de Engels ([1845] 2010, p. 70):

Na Inglaterra, esses “bairros de má fama” se estruturam mais ou menos da mesma forma que em todas as cidades: as piores casas na parte mais feia da cidade; quase sempre uma longa fila de construções de tijolos, de um ou dois andares, eventualmente com porões habitados e em geral dispostas de maneira irregular [...]. Habitualmente as ruas não são planas nem calçadas, são sujas, tomadas por detritos vegetais e animais, sem esgotos ou canais de escoamento, cheias de charcos estagnados e fétidos. A ventilação na área é precária, dada a estrutura irregular do bairro e, como nesses espaços restritos vivem muitas pessoas, é fácil imaginar a qualidade do ar que se respira nessas zonas operárias - onde, ademais, quando faz bom tempo, as ruas servem aos varais que, estendidos de uma casa a outra, são usados para secar a roupa.

Esse estado deplorável relatado pelo autor é corroborado por diversos relatórios sobre as condições sanitárias das cidades e sobre a situação da saúde

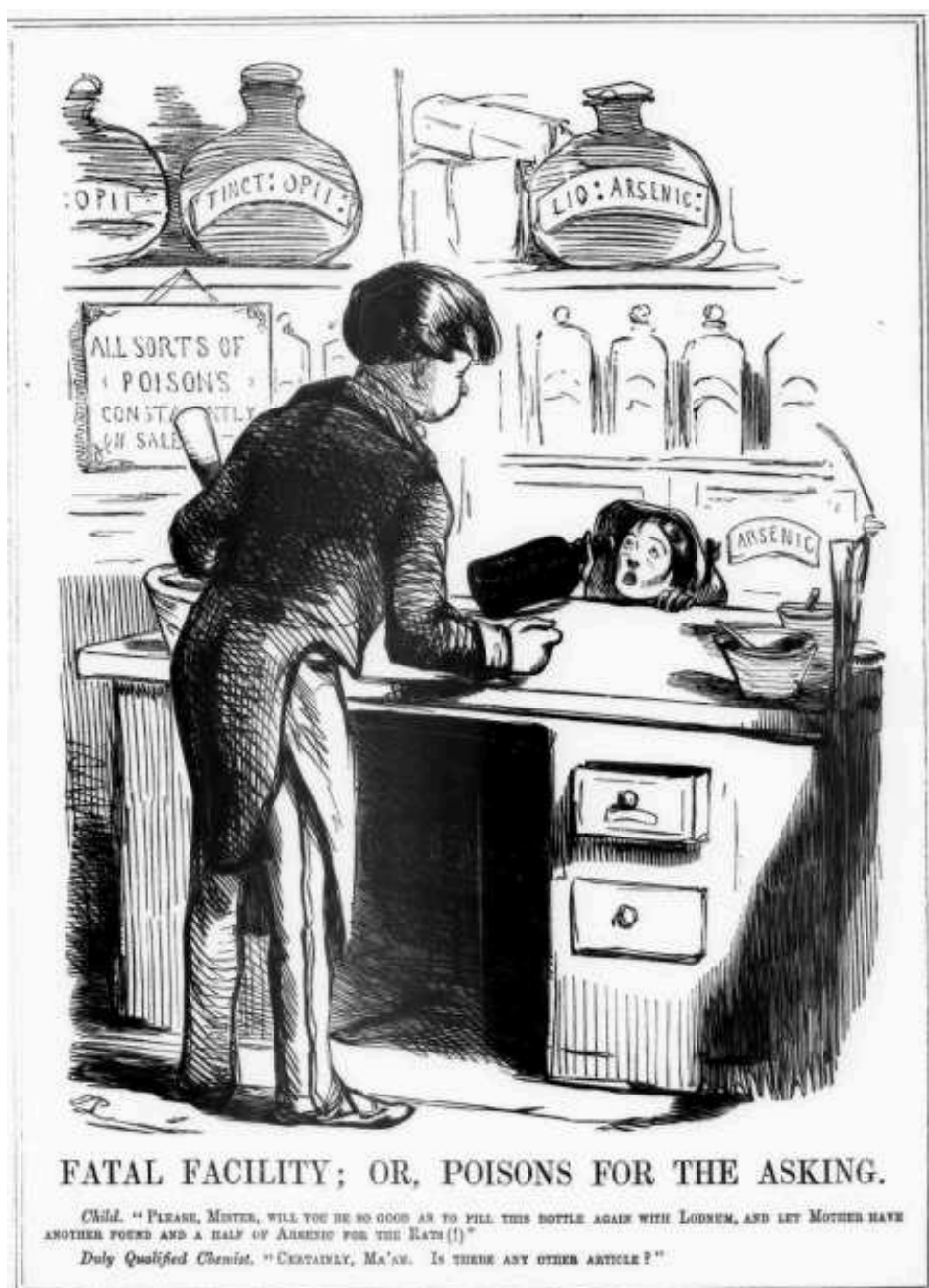
pública inglesa escritos na época. Segundo o *Report on the Sanitary Condition of the Labouring Population and on the Means of its Improvement* escrito pelo advogado e reformador social Edwin Chadwick (1800-1890 d.C.) e publicado em maio de 1842, as moradias das classes trabalhadoras eram precárias e insalubres, apresentando estruturas degradadas, superlotação, ausência de ventilação e calefação e se situavam em ruas rodeadas de lixo e sem saneamento básico, contribuindo para a proliferação de doenças como a febre tifoide, comprometendo a saúde física dos trabalhadores (Chadwick, 1842). Também outros autores detalharam as moradias das classes mais desfavorecidas na Inglaterra, como é o caso do livro *Londres e Paris no século XIX: o espetáculo da pobreza* escrito pela historiadora brasileira Maria Stella Martins Bresciani e publicado pela primeira vez em 1982¹³.

Com essas e outras descrições ainda mais detalhadas da Inglaterra Industrial, por mais que não tenhamos encontrado um relato explícito, é possível inferirmos que esses bairros eram tomados por populações de roedores, insetos e outros animais considerados asquerosos que vivem e se proliferam em meio a este caos e imundice. A presença de lixo e esgoto a céu aberto, que a ausência de condições mínimas de higiene e saneamento causam, tornam a aparição de ratos, ratazanas, pulgas, piolhos, baratas e percevejos uma consequência natural.

Tal situação contribui para o entendimento do porquê o comércio livre de arsênio branco se tornou bastante forte nesses locais. Sendo efetivo em matar ratos e demais roedores indesejados e tendo um custo de aquisição relativamente acessível às pessoas dessa classe - dada a grande disponibilidade desse veneno que, conforme apresentado anteriormente, era um subproduto da queima do carvão utilizado nas indústrias, seu preço era de apenas 1 xelim (£ 0,05) para cada 30 gramas (Hempel, 2019) -, a compra e o uso do arsênio branco eram comuns (sendo permitida a venda até mesmo para crianças - Figura 8), tendo como objetivo a tentativa de eliminação de algumas dessas pestes presentes no ambiente doméstico.

¹³ A edição utilizada para análise neste trabalho foi a 5ª, publicada em 1989.

Figura 8 - Charge intitulada “Fatal facility; or, poisons for the asking” e publicada na revista *Punch* em 1849¹⁴.



Fonte: *Punch* (1849, p. 97).

¹⁴ *Punch*, ou *The London Charivari*, era uma revista britânica que se tornou bastante popular na Era Vitoriana por publicar semanalmente conteúdos de humor e sátiras sobre questões políticas, sociais e econômicas. Abaixo do título, é apresentado o seguinte diálogo:

Child: "Please, Mister, will you be so good as to fill this bottle again with lodnum, and let mother have another pound and a half of arsenic for the rats (!)" (*Criança:* Por favor, Senhor, teria a gentileza de encher novamente esta garrafa com láudano e fornecer à mamãe outros 45 gramas de arsênico para os ratos)

Duly Qualified Chemist: "Certainly, ma'am. Is there any other article?" (*Químico devidamente qualificado:* Claro, madame. Algo mais?)

Alguns dos principais locais de venda desse veneno eram os comércios de alimentos, tornando ainda mais simples a aquisição. Devido a isso e ao aspecto comum do trióxido de arsênio (pó branco que não apresenta cheiro e nem sabor) (Figura 9), ele era frequentemente confundido pelos comerciantes e consumidores com outros produtos vendidos no local, como farinhas, sal e açúcar.

Figura 9 - Trióxido de arsênio (As_2O_3).



Fonte: Menda e Guekezian (2024).

Essa semelhança entre os produtos contribuiu para que muitos casos de envenenamento ocorressem. Durante o preparo das refeições, havia sempre o risco de acontecer uma confusão entre os pacotes de arsênio e sal, por exemplo, fazendo com que o alimento se tornasse contaminado pelo veneno e causasse sérios problemas de saúde nos membros da família que consumissem a comida. Além disso, havia também o uso intencional do As_2O_3 como forma de tentativa de assassinato que acontecia devido ao fato dele ser inodoro e insípido, permitindo com que fosse adicionado à comida e à bebida sem que a vítima desconfiasse.

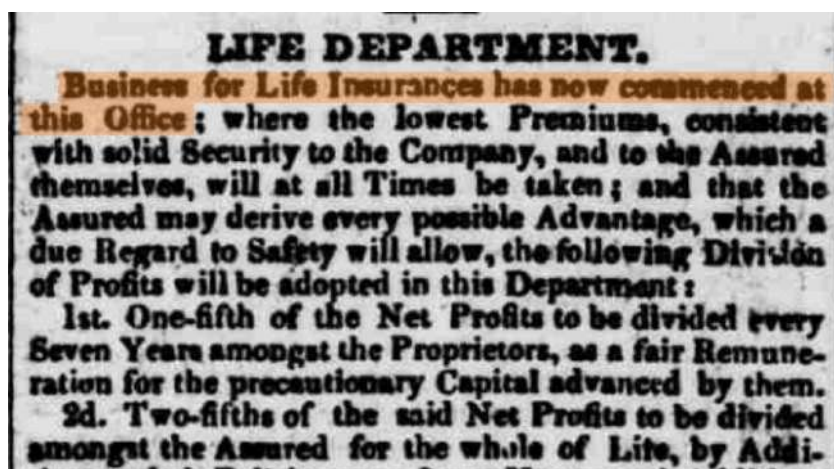
Outro ponto que merece destaque no uso desse composto por assassinos reside na dificuldade que se tinha na época de identificar os casos de envenenamento, uma vez que os sintomas apresentados eram bem semelhantes a problemas de saúde mais comuns e de causas consideradas naturais, como gastrite e infecções estomacais (Alberto, 2010). Somado a isso, também era uma tarefa bastante complicada a detecção do arsênio no organismo humano, facilitando com que os infratores saíssem, na maioria dos casos, impunes de seus crimes. Como será discutido mais adiante, o exorbitante número de casos de envenenamentos

acontecidos durante esse período foi um dos principais fatores que contribuíram para o advento do que hoje é chamado de Ciência Forense, bem como as técnicas de análise que são empregadas nesse campo de estudo.

Os casos de mortes causadas pelo arsênio de forma não intencional nas cozinhas e de forma intencional nos crimes de homicídios foram bastante numerosos, contudo não foram os únicos. Como discutido anteriormente, parte significativa da população inglesa vivenciava uma situação de extrema pobreza, habitando locais sujos e frios, comendo alimentos estragados e ingerindo água contaminada, de tal forma que não é difícil compreender algumas atitudes desesperadas tomadas pelas pessoas, como as tentativas de suicídio, enxergadas muitas vezes como a única forma de se livrar dessa vida sofrida.

Outra maneira de tentar se livrar desse problema socioeconômico enfrentado era por meio da aquisição de seguros de vida. No século XIX, surgiram as primeiras empresas seguradoras de vida que tinham como objetivo a venda de apólices de seguro às pessoas, as quais garantiam que, caso o segurado viesse a falecer, sua família receberia um dinheiro como forma de indenização, o que ajudaria a custear algumas despesas (Figuras 10, 11 e 12). No início do surgimento dessas empresas, havia apólices de valores muito baixos, permitindo com que famílias de baixa renda pudessem adquirir, o que contribuiu para o surgimento de algumas situações quase inacreditáveis.

Figura 10 - Anúncio de seguro de vida da empresa *The Leeds and Yorkshire Assurance Company*, em 30 de dezembro de 1824¹⁵.



Fonte: *The Leeds and Yorkshire Assurance Company* (1824, p. 1).

¹⁵ A parte destacada diz: “O negócio de seguros de vida já começou neste escritório”.

Figura 11 - Anúncio da *Globe Insurance*, em 30 de dezembro de 1824¹⁶.



GLOBE INSURANCE, LONDON.
FIRE, LIVES, AND ANNUITIES.


NOTICE is hereby given, That Insurances due at **CHRISTMAS**, must be paid on or before the 9th Day of Jan. when the Fifteen Days allowed for the renewal thereof, will expire.

The Establishment of this Office comprehends the granting Insurances against Loss or Damage by Fire; Insurances on Lives and on Survivorships; the Endowment of Children; and Immediate, Deferred, and Progressive Annuities. Proposals, containing Terms and Conditions, may be had Gratis, on appli-

Fonte: *Globe Insurance* (1824, p. 1).

Figura 12 - Anúncio da *Royal Exchange Assurance Office*, em 30 de dezembro de 1824¹⁷.

Royal Exchange Assurance Office,
 FOR ASSURING
HOUSES, BUILDINGS, GOODS, CORN, HAY, LIVE STOCK, &c
 AND ALSO FOR THE ASSURANCE OF LIVES.



PERSONS whose Annual Premiums fall due on the 25th Instant, are hereby informed, that the Receipts are now ready to be delivered by the Company's Agents under-mentioned, and the Parties insured are requested to apply for the Renewal of Policies on or before the 9th Day of Jan. next, as the usual Fifteen Days allowed for Payment beyond the Date of each Policy will then expire.

ESTABLISHED BY CHARTER

Fonte: *Royal Exchange Assurance Office* (1824, p. 1).

Algumas famílias extremamente pobres e com muitos filhos pensavam que essa seria uma forma rápida de conseguir dinheiro e se sustentar minimamente.

¹⁶ A parte destacada diz: “A criação deste escritório compreende a concessão [...] de seguros de vidas e de sobrevivência”.

¹⁷ A parte destacada diz: “*Royal Exchange Assurance Office* para assegurar casas, edifícios, bens, milho, feno, gado e também para seguros de vidas”.

Para isso, os responsáveis faziam um seguro de vida para um de seus filhos e, após algum tempo, por meio da utilização do trióxido de arsênio, o envenenavam, deste modo, a causa verdadeira da morte dificilmente era descoberta, garantindo a liberdade dos pais e o aproveitamento do dinheiro para alimentar e vestir os outros membros da família (Monte, 2020). Vale destacar que a figura 8 apresenta uma criança indo ao comércio comprar arsênio supostamente para os ratos, conforme o pedido de sua mãe, podendo denunciar o fato que foi mencionado anteriormente.

Em 1819, houve uma tentativa do governo inglês de controlar a venda indiscriminada de substâncias perigosas, incluindo o arsênio branco. O projeto de lei exigia que poderiam ser vendidas apenas se a sua embalagem fosse claramente identificada com a palavra “veneno”. Além disso, o projeto ainda obrigava que o trióxido de arsênio fosse colorido antes de ser vendido, de modo que o descumprimento seria punido com multa. A proposta se tornou uma tentativa frustrada e foi apenas em 1851 que surgiu o Ato do Arsênico, criado para mitigar o pânico que os ingleses estavam enfrentando desde 1840 devido a uma série de assassinatos (Hempel, 2019).

3.3 O VERDE DE SCHEELE E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENVENENAMENTO DOS INGLESES

Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) (Figura 13) foi um boticário nascido em uma antiga província sueca. Dentre seus vários trabalhos, os que mais se destacaram foram a determinação do nitrogênio e do oxigênio, tendo este último também sido descoberto por Joseph Priestley (1733-1804) em um trabalho independente e posterior ao de Scheele. Antoine Lavoisier também reivindicou para si a descoberta do oxigênio, o que levou o sueco a ter que dividir parte de sua fama com o filósofo inglês e o químico francês (Peixoto, 1998). Além disso, Scheele descobriu outros elementos químicos, como o cloro, o bário, o manganês, o molibdênio e o tungstênio, diversos ácidos, como o ácido cianídrico (HCN) - suposto causador de sua precoce morte -, e alguns compostos orgânicos (André, 2012).

Figura 13 - Carl Wilhelm Scheele (1742-1786).



Fonte: Domínio Público¹⁸.

Em 1775, Scheele sintetizou um pigmento de coloração verde intensa e muito chamativa que rapidamente conquistou o apreço da população da época. Produzido a partir de uma mistura de sulfato de cobre II ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e trióxido de arsênio (As_2O_3), os procedimentos experimentais para a produção do pigmento, que futuramente recebeu o nome “Verde de Scheele” (Figura 14), só foram oficialmente publicados pelo boticário três anos depois, em 1778, através dos registros da Academia Real Sueca de Ciências (Poeti, 2022). A publicação foi uma simples nota informativa como apresentado na figura 15.

Figura 14 - Papel de parede fabricado pela Morris & Co. com *Verde de Scheele*¹⁹.



Fonte: Whiteway (2002).

¹⁸ Disponível em:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carl-Wilhelm-Scheele-Swedish-German-1780.webp>.

¹⁹ As configurações de cada computador podem interferir na cor observada na imagem.

Como pode ser observado na figura 15, Scheele não apresentou análises quantitativas e nem a estrutura química do pigmento que ele sintetizou. Por causa disso, vários outros pesquisadores publicaram trabalhos apresentando diferentes composições e/ou fórmulas químicas para o “Verde de Scheele”.

Em 1847, o químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) mostrou no seu Tratado de Química Mineral, Vegetal e Animal uma fórmula química que representaria o composto de arsênio responsável pelo famoso pigmento verde (Figura 16).

Figura 16 - Composição do Verde de Scheele disponível no *Traité de Chimie Minérale, Végétale et Animale* de 1847²⁰.

Arsénite cuivrique, Cu²As. Pour l'obtenir, on fait digérer le carbonate cuivrique avec de l'eau et de l'acide arsénieux. La dissolution n'est précipitée ni par les alcalis, ni par les acides. Évaporée, elle donne un sel vert jaunâtre, qui paraît contenir un excès d'acide. On obtient la combinaison neutre en précipitant le sulfate cuivrique par l'arsénite potassique. Le précipité est vert. Quand il contient un excès de base, sa couleur est plus intense; mais il se décompose spontanément en peu de temps, devient d'un brun foncé, et contient de l'arséniate cuivrique et de l'arsénite

Fonte: Berzelius (1847, p. 182).

Quase uma década depois, em 1856, Andrew Ure (1778-1857), médico escocês, escreveu em seu livro *A Dictionary of Arts, Manufactures and Mines* sobre a composição do pigmento de Scheele, afirmando que se tratava de uma mistura de óxido de cobre e ácido arsenioso (Figura 17).

Figura 17 - Composição do “Verde de Scheele” disponível no *Dictionary of Arts, Manufactures and Mines* de 1856.

SCHEELE'S GREEN is a pulverulent arsenite of copper, which may be prepared as follows:—Form, first, an arsenite of potassa, by adding gradually 11 ounces of arsenious acid to 2 pounds of carbonate of potassa, dissolved in 10 pounds of boiling water; next, dissolve 2 pounds of crystallized sulphate of copper in 30 pounds of water; filter each solution, then pour the first progressively into the second, as long as it produces a rich grass-green precipitate. This being thrown upon a filter-cloth, andedulcorated with warm water, will afford 1 pound 6 ounces of this beautiful pigment. It consists of, oxyde of copper 28.51, and of arsenious acid 71.46. This green is applied by an analogous double decomposition to cloth. See CALICO-PRINTING.

Fonte: Ure (1856, p. 586).

²⁰ A estrutura apresentada, em notação moderna, corresponde a $\text{Cu}_2\text{As}_2\text{O}_5$ (Sharples, 1876).

Até a metade da década de 1860, pelo menos outros dois trabalhos que apresentavam composições diferentes para o “Verde de Scheele” já haviam sido publicados: um proposto em 1862 por Charles Loudon Bloxam (1831-1887) (Figura 18) e outro pelo químico britânico William Allen Miller (1817-1870) 2 anos depois, em 1864 (Figura 19).

Figura 18 - Composição do “Verde de Scheele” disponível no *Journal of Chemical Society* de 1862.

FOR BASES, AND ON CERTAIN ARSENITES. 293

The composition of this precipitate rendered it probable that, like the arsenite of silver, it had carried down an excess of arsenious acid, and that its true formula should be 2CuO.HO.AsO_3 .

On adding more sulphate of copper to the liquid filtered from this precipitate, and carefully neutralising with ammonia, a further precipitate was obtained, which was found, after drying at 212° , to contain

Oxide of copper	..	..	2.21 eqs.
Arsenious acid..	..	..	1.00 „
Water ..	..	..	1.26 „

so that it was probably the same salt (2CuO.HO.AsO_3) which had now carried down an excess of hydrated oxide of copper.

The precipitate obtained from sesquiarsenite of soda (2NaO.3AsO_3) and sulphate of copper, when dried at 212° , contained

Oxide of copper	..	..	2.35 eqs.
Arsenious acid..	..	..	1.00 „
Water ..	..	..	0.92* „

By mixing an aqueous solution of arsenious acid with ammonio-sulphate of copper, a precipitate was obtained which, when dried in air till of constant weight, contained

Oxide of copper	..	..	2.02 eqs.
Arsenious acid	..	..	1.00 „
Water ..	..	..	2.89 „

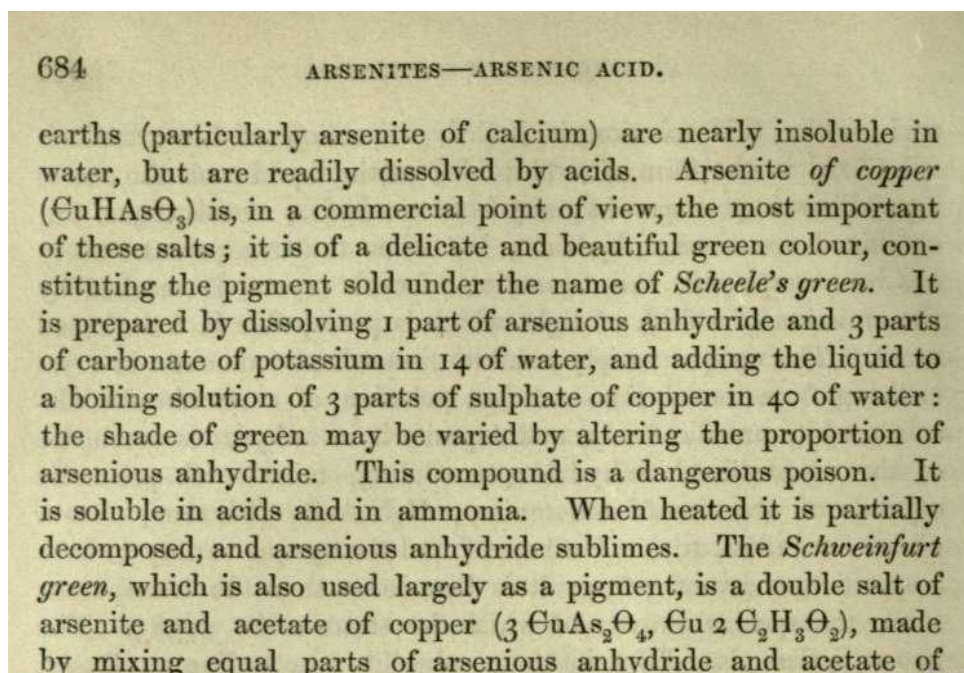
After drying *in vacuo* over sulphuric acid, it gave

	Found.	Calculated.
2CuO	42.69	42.40
AsO_3	52.67	52.80
HO (by difference)	4.64	4.80
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00

Admitting the water to play the part of a base, the arsenite of copper is formed upon the tribasic type.

* Scheele's prescription for the commercial green arsenite of copper involves 2.3 eqs. of oxide of copper for 1 eq. of arsenious acid, so that Scheele's green, dried at 212° , appears to be essentially a mixture of 2CuO.HO.AsO_3 with an excess of oxide of copper.

Figura 19 - Composição do “Verde de Scheele” disponível no *Elements of Chemistry: theoretical and practical* de 1864.



Fonte: Miller (1864, p. 684).

De acordo com Sharples (1876), a fórmula mais aceita até aquele momento - e hoje em dia - era a correspondente à estrutura química proposta por William Miller, CuHAsO_3 , que representa um hidrogenossal (sal ácido) de cobre II.

Independentemente de sua fórmula química, conforme já mencionado, o que os ingleses queriam era enfeitar suas casas e seus guarda-roupas com esse verde de coloração tão intensa e agradável. Além dessas características estéticas que o tornavam extremamente atraente aos ingleses, sua produção era considerada barata, fazendo com que a produção de artigos decorativos, de vestuário e alimentícios que o utilizassem não tivessem um preço muito elevado, permitindo com que quase toda a população tivesse acesso a eles, principalmente aos papeis de parede com estampas florais e de folhagens (André, 2012; Hempel, 2019).

A revolução industrial foi fundamental para que essa popularização ocorresse. A partir da mecanização dos processos produtivos, a produção em larga escala, em especial na indústria têxtil, barateou os custos dos produtos, tornando-os mais acessíveis. Somado a isso, houve ainda a mecanização dos processos de estamaria, que passaram a ser largamente utilizados na confecção de papeis de parede. Como, na época, sua aquisição demandava um investimento financeiro relativamente baixo, eles contribuíram de forma eficaz para ornamentar as casas

construídas às pressas - devido ao rápido crescimento urbano - e, muitas vezes, mal-acabadas em lares aconchegantes, acolhedores e bonitos.

De acordo com André (2012):

Na Inglaterra de 1870 produziram-se 30 milhões de rolos de papel de parede e quatro em cada cinco desses papeis continha arsênio. As quantidades de arsênio aplicadas no papel eram enormes: habitualmente 25-35g por metro quadrado. Uma sala que tivesse 100 m² de papel conteria 2,5 kg de arsênio. Calcula-se que, em 1858, existissem 260 milhões de quilômetros quadrados de papel suspensos nas paredes das casas inglesas (André, 2012, p. 57).

Inúmeros relatos médicos e notícias publicadas em jornais da época destacam os perigos da exposição aos papeis de parede com pigmento verde. A figura 20, mostrada a seguir, é uma notícia retirada do *The British Medical Journal* da edição de 15 de setembro de 1877. Nela é relatado que 12 dos 50 papeis de parede analisados continham arsenito de cobre (Verde de Scheele) ou acetoarsenito de cobre (Verde Paris²¹). Além disso, ainda é destacada a presença ou não de arsênio em outros tipos de papeis de parede e a quantidade desse elemento químico que pode estar presente em uma sala revestida pelo artigo decorativo ou em um vestido de coloração verde. Ao final, há um simples conselho: “O remédio é simples: tenha cuidado para não comprar esses papeis de parede e vestidos” (Arsenic in wall-paper and dresses, 1877, p. 378).

Figura 20 - Notícia do *The British Medical Journal* (1877).

ARSENIC IN WALL-PAPERS AND DRESSES.

OF fifty samples of wall-paper recently examined by Professor A. P. Kerley, twelve were found to contain arsenic. The arsenic was present either as arsenite of copper or aceto-arsenite of copper. Two samples, not reported, which contained no green colour, were found to contain arsenic; and several papers with green figures contained no trace of arsenic. Six samples of green tarlatan, all that were tested, were found to contain large amounts of aceto-arsenite of copper. The higher the price paid, the more arsenic was found. The green colouring matter was held more firmly to the fabric by means of gum arabic and starch. From the results tabulated, it appears that a room sixteen feet square and nine feet high will have spread upon its walls, provided any of these papers are hung, from fifty-two grains to more than eight ounces of poisonous green colouring matter. We may also calculate that a green tarlatan dress of sixteen yards will contain nearly five and one-half ounces of this same dangerous “Paris Green”. The remedy is simple: be careful not to buy such wall-papers or dresses.

Fonte: Arsenic in wall-paper and dresses (1877, p. 387).

²¹ Outro pigmento verde à base de arsênio desenvolvido após o Verde de Scheele.

Nos períodos chuvosos, com essa quantidade exorbitante de arsênio diariamente presente na vida de milhares de famílias, ainda mais pessoas sofriam com a intoxicação causada pelo pigmento verde dos papeis de parede, pois a umidade presente e as frequentes infiltrações nas paredes revestidas por esses materiais auxiliavam na proliferação de fungos e bactérias que cresciam na presença de arsênio (Bentley; Chasteen, 2002).

Muitos anos e muitas pesquisas foram necessárias para que se chegasse de fato ao entendimento de que tais microrganismos eram responsáveis por realizar o processo de metilação e alquilação do arsênio - conhecidos como biometilação e bioalquilação -, formando um composto conhecido como gás de Gosio. O gás recebeu esse nome devido ao seu descobridor Bartolomeo Gosio (1863-1944), médico italiano que estudou a ação microbiana em compostos de arsênio entre 1891 e 1892. Tempos depois, por meio de estudos desenvolvidos por Frederick Challenger (1887-1983) e seu grupo, descobriu-se que o gás de Gosio nada mais era do que a trimetilarsina (TMA), um composto já conhecido desde 1854 (André, 2012; Bentley; Chasteen, 2002).

Todos esses fatores podem levar à compreensão de que a TMA foi, então, a responsável por essas mortes. No entanto, Cullen e Bentley (2005) ressaltam que um trabalho de 1935, promovido por Challenger, demonstrou que a TMA não era tão tóxica assim como se imaginava. Pesquisas posteriores também mostraram que a exposição de porcos, coelhos e ratos ao composto de arsênio por longas horas não causaram nenhuma intoxicação por arsênio. Inclusive, um dos cientistas, Harald Axel Huss (1875-1959), destacou que ficou 6 meses pesquisando em um laboratório cuja exposição a esse composto era elevada e não sofreu com nenhum tipo de doença. Os autores ainda relatam que não conseguem entender por que, apesar das evidências contrárias à toxicidade da TMA, Challenger defendia a hipótese das mortes serem causadas pela exposição.

Deste modo, Cullen e Bentley (2005) fornecem uma outra explicação para as mortes que aconteceram e receberam a fama de terem sido causadas pelo desprendimento de um gás tóxico dos papeis de parede. Segundo eles:

É preciso lembrar que as condições de vida do século XIX estavam longes do ideal e que os padrões de saúde pública deixavam muito a desejar. Em 1861, Albert, o príncipe consorte da Rainha Vitória, havia morrido de tifoide; um pouco antes, uma epidemia de cólera havia sido rastreada até um poço público contaminado. Além disso, foi apenas em 1851 que a venda de arsênio foi regularizada na

Inglaterra; e apenas na década de 1860, uma Comissão de Emprego Infantil investigou diversas indústrias, o que levou à Lei de Fábricas e Oficinas de 1867 e a outras legislações subsequentes. As doenças atribuídas aos papéis de parede de arsênio poderiam ter muitas outras causas. Por volta de 1860, percebeu-se que havia sérios problemas com o uso indiscriminado de arsênio, o que instaurou e alastrou a arseniofobia na Europa do século XIX e especialmente na Inglaterra Vitoriana. Um gás venenoso que era invisível e desconhecido relacionado ao arsênio poderia ser usado convenientemente como uma desculpa ou um bode expiatório para as misteriosas e incompreensíveis doenças (Cullen; Bentley, 2005, p. 14, tradução nossa).

Diante do exposto, os estudos químicos apresentados no trabalho de Cullen e Bentley (2005) mostram que de fato a liberação de TMA nos lares ingleses a partir da biometilação causada por fungos e bactérias que se proliferavam nos papéis de parede não era condição suficiente para causar as mortes que lhe foram atribuídas. No entanto, ainda existe a possibilidade de que essa pequena quantidade e baixa toxicidade atrelada à debilidade causada pelos problemas de saúde que a população já enfrentava devido às péssimas condições de higiene que os cercavam possa ter contribuído de alguma forma para que o número de mortes fosse tão expressivo. Fica evidente, assim, que a TMA não seja a única causa, mas não se pode descartar a hipótese de que tenha ajudado a fazer com que o problema tenha tomado tamanha proporção.

Apesar desse desacordo em relação à intoxicação causada pelo gás de arsênio, é necessário enfatizar que o pigmento verde não era utilizado apenas em papéis de parede. Sua cor atraiu a atenção de milhares de pessoas, fazendo com que ele fosse utilizado também em roupas, brinquedos, quadros, velas e uma porção de outros artigos. Retomando as notícias publicadas no século XIX acerca da detecção de arsênio nesses itens, a figura 21 mostra um relato, também publicado no *The British Medical Journal*, sobre a presença desse elemento químico em vestidos femininos de cor verde brilhante e verde claro.

Figura 21 - Notícia do *The British Medical Journal* (1875).

ARSENIC IN LADIES' DRESSES.

AT the meeting of the Marylebone Vestry last week, a report was presented from Dr. Whitmore, medical officer of health and analyst to the parish, which stated that he had recently analysed the colouring matter contained in four pieces of tarlatan. Two of the pieces were of a bright green colour, the other two of a pale or apple green. Those of the bright green colour contained arsenic in considerable quantities; one of the pale green colour contained a minute trace of it; but in the other, none could be detected. He had been induced to make these analyses from its having been reported to him that two young ladies had suffered from symptoms of arsenical poisoning in consequence of having worn dresses of this description at an evening party; and he proposed to make further analyses of a similar kind, the results of which he would give from time to time. Dr. Whitmore said that, perhaps, he had gone a little beyond his functions in this matter, but hoped his action would be approved. He had applied what was known as Marsh's test to the pieces of tarlatan; and he thought the result was of sufficient importance to put in the report. The report was approved.

Fonte: Arsenic in ladies' dresses (1875, p. 648).

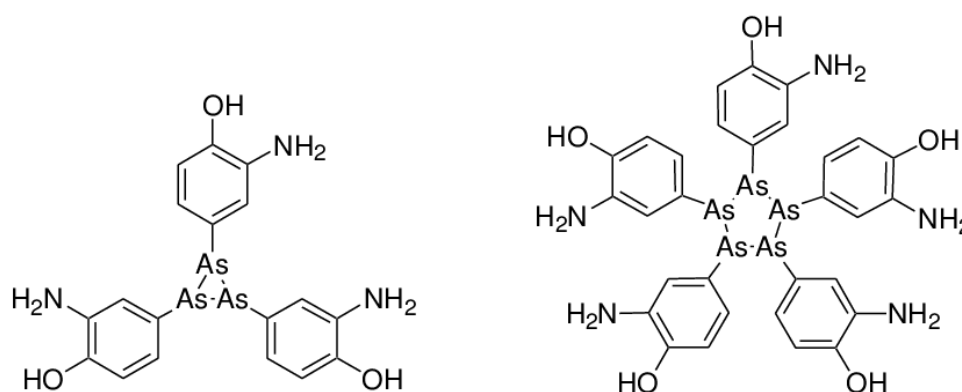
Hempel (2019) enfatiza que, como o arsênio estava presente em quase todo tipo de objeto, era muito difícil evitar ingerir a substância, seja tocando, inalando ou engolindo. Ela ainda destaca que “em sua obra sobre doenças ocupacionais, o médico John Arlidge se refere a flores artificiais contendo em média 0,65 grama de arsênico, enquanto os 18 metros de material utilizado em um vestido de baile continham 6,5 gramas” (Hempel, 2019, p. 42).

Por esse motivo, é importante ressaltar que por mais que o gás de trimetilarsina não fosse suficientemente tóxico para ser considerado o responsável pelos casos de envenenamento, não é possível ignorar o fato de que as pessoas estavam diariamente em contato com artigos que apresentavam uma quantidade significativa de arsênio. No capítulo 1 deste trabalho, houve a explicação de que diferentes compostos de arsênio apresentam diferentes níveis de toxicidade, destarte, os demais objetos tingidos com o Verde de Scheele podem sofrer outros tipos de reações que geram produtos mais tóxicos que a TMA, o que corrobora a hipótese de que as pessoas poderiam de fato estarem sendo intoxicadas em suas casas por causa desse famoso pigmento, seja por um ou outro composto de arsênio.

3.4 OS COMPOSTOS DE ARSÊNIO APLICADOS À MEDICINA MODERNA E A NOVA APARIÇÃO NA MÍDIA

Em 1909, Paul Ehrlich (1854-1915 d.C.) sintetizou seu 606º composto, um organoarsênico que pouco tempo depois foi mundialmente receitado devido suas propriedades medicinais. Vendido sob o nome Salvarsan, o composto de arsênio de Ehrlich é, na verdade, a mistura de um trímero e um pentâmero cíclicos (Figura 22), o qual recebeu o título de primeiro medicamento seguro e eficiente usado no tratamento da sífilis, infecção sexualmente transmissível (IST) que acometia uma parte significativa da população naquela época. A partir do Salvarsan, muitos outros organoarsênicos foram utilizados no tratamento de outras doenças bacterianas e parasitárias, mas, com o advento da Penicilina, antibiótico descoberto por Alexander Fleming (1881-1955 d.C.), no início da década de 1940, poucos continuaram sendo utilizados (Ferrie, 2014).

Figura 22 - Estruturas químicas do medicamento Salvarsan.



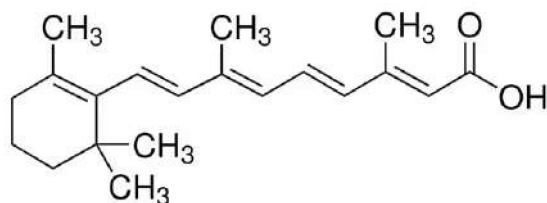
Fonte: André (2012, p. 56, adaptado).

A presença do arsênio no histórico combate à sífilis foi apenas uma de suas participações na medicina moderna. A Leucemia Promielocítica Aguda (LPA) corresponde a um subtipo das Leucemias Mieloides Agudas (LMA), as quais causam um crescimento anormal de células imaturas da medula óssea, impedindo com que a hematopoiese, isto é, a formação e o desenvolvimento normal de células sanguíneas, ocorra. A LPA impede a coagulação do sangue de modo que, pessoas com essa doença, tenham sangramentos prolongados e intensos, caso se cortem acidentalmente ou até mesmo em procedimentos cirúrgicos e odontológicos. Este é o principal fator que eleva as taxas de mortalidade durante o tratamento (Jácomo; Figueiredo-Pontes; Rego, 2008).

O principal tratamento da LPA consiste em quimioterapia a base de ácido *all-trans* retinoico (ATRA) (Figura 23), pois ele permite a citodiferenciação, o que possibilita a eliminação da célula defeituosa por meio dos processos de morte

celular. Todavia, Jácomo, Figueiredo-Pontes e Rego (2008, p. 85) destacam que “apesar de seu uso como monoterapia levar à remissão hematológica, todos os pacientes apresentam recaída”, por isso, é indicado que o ATRA seja usado de forma associada a algum antracíclico²².

Figura 23 - Estrutura do ácido *all-trans* retinoico (ATRA), usado no tratamento convencional da LPA.



Fonte: Sigma Aldrich (20--)²³.

De acordo com Rust e Soignet (2001), mesmo com a associação no tratamento, cerca de 20% a 30% dos pacientes ainda apresentam recaída e são resistentes a um novo tratamento com o ATRA. O uso do trióxido de arsênio como tratamento também contribui para a diferenciação celular e para o processo de apoptose, sendo uma alternativa para pacientes que apresentaram recaída no tratamento convencional com ATRA e antracíclicos.

Somado a essas novas utilizações na medicina moderna exploradas a partir do século XX, os compostos de arsênio também receberam destaque no século XXI, porém de uma forma não tão agradável assim. Conforme evidenciado anteriormente, o maior número de casos de envenenamento aconteceu no final do século XVIII e no século XIX na Inglaterra, contudo, ainda hoje perduram casos de envenenamentos utilizando arsênio, conforme pode ser observado nas manchetes de três reportagens de 2025, publicadas em jornais brasileiros apresentadas abaixo nas figuras 24, 25 e 26.

²² Grupo de fármacos quimioterápicos bastante usados no tratamento de leucemia, porém causadores de graves efeitos colaterais.

²³ Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sial/phr1187?srsIid=AfmBOop_RP-fEPrIED9OSwlQI7i_r8DZnHv3NoSOBkyCednW81i9Rw6l.

Figura 24 - Reportagem do jornal Carta Capital publicada em setembro de 2025.



Figura 25 - Reportagem do jornal A Gazeta publicada em setembro de 2025.



Figura 26 - Reportagem do jornal CNN Brasil publicada em junho de 2025.



Uma recente reportagem, publicada pelo portal G1, afirma que a jovem acusada pelo crime noticiado na figura 26 comprou o arsênio utilizado no bolo em dois sites diferentes, mas administrados por uma mesma empresa do Rio de Janeiro. Segundo as informações, apesar do risco causado, a empresa não fez a venda de forma ilegal, uma vez que esse tipo de negociação não tem previsão penal, pois não existe regulamentação que proíba a venda dessa substância para pessoas físicas (Britto, 2025).

A reportagem ainda afirma que dois projetos de leis tramitam na Câmara dos Deputados, um com a pretensão de proibir a venda de compostos de arsênio para pessoas físicas e o outro de, além de reforçar a identificação do comprador, exigir uma justificativa para a compra.

Apesar disso, a principal diferença é que, assim como será visto mais adiante, esse período de aproximadamente 200 anos que separam os dois recortes temporais permitiram com que os testes de identificação fossem constantemente aperfeiçoados e modernizados com o desenvolvimento de diversas tecnologias, de modo que, atualmente, eles são capazes de fornecer resultados mais precisos em poucos instantes, tornando a impunidade por esses crimes um acontecimento menos frequente na vida da população do terceiro milênio.

4 O DESENVOLVIMENTO DA TOXICOLOGIA NA CIÊNCIA FORENSE, OS SINTOMAS CAUSADOS PELO ENVENENAMENTO E OS TESTES DE DETECÇÃO

Mathieu Joseph Bonaventure Orfila (Figura 27), nascido em 24 de abril de 1787, foi um cientista espanhol bastante importante na área da Toxicologia. Tendo inicialmente ingressado, em 1804, na Universidade de Valência e, posteriormente, transferido para a Universidade de Barcelona, na Espanha, ele estudou Química, Física, Matemática e Medicina. Ao se mudar para Paris, na França, Orfila dedicou parte de seu tempo à realização de palestras a um grupo seletivo de pessoas em várias instituições (Beeson, 1930).

Figura 27 - Mathieu Joseph Bonaventure Orfila (1787-1853).



Fonte: Domínio Público²⁴.

O cientista espanhol é considerado o responsável por iniciar um novo método de ensino baseado na realização de testes em animais - geralmente gatos e cachorros - e, por isso, em alguns momentos, foi fortemente criticado pela comunidade científica (Michaleas *et al.*, 2022). Hempel (2019) destaca que “alguns dos sofrimentos a que os animais eram submetidos (...) pareciam mais crueldade gratuita que um pesaroso compromisso em nome do aprendizado” (p. 60).

Entre 1814 e 1821, ele publicou diversos livros e trabalhos, sendo um dos mais famosos o *Traité des Poisons Tirés des Règnes Minéral, Végétal et Animal ou Toxicologie Générale*²⁵ (1814). Com seus estudos sobre venenos, Orfila contribuiu

²⁴ Disponível em:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pierre_Matthieu_Joseph_Bonaventure_Orfila._Lit_hograph_by_Z._Wellcome_V0004368.jpg.

²⁵ Em Português: Tratado dos Venenos Encontrados nos Reinos Mineral, Vegetal e Animal ou Toxicologia Geral (tradução nossa).

de forma significativa para o avanço das Ciências Química, Biológica, Fisiológica, Médica e Jurídica (Michaleas *et al.*, 2022). Para a Toxicologia, seus trabalhos permitiram a sistematização dos testes químicos e da análise dos sintomas dos envenenamentos e dos possíveis antídotos para cada caso (Bertomeu-Sánchez, 2004; Mechaleas *et al.*, 2022). Em uma versão atualizada e publicada em 1821, seu livro, anteriormente mencionado, separava os venenos em quatro grupos: irritantes (causadores de inflamação), narcóticos (causadores de estupor ou delírio), narcóticos acres (causadores de inflamação e/ou estupor) e putrefativos (causadores de infecções) (Hempel, 2019).

Em relação ao arsênico, sua principal contribuição foi feita em 1839, quando ele revelou que a substância poderia ser absorvida em todos os órgãos principais do corpo - fígado, baço, rins, coração, músculos e no sistema digestivo (Hempel, 2019). Orfila, contudo, não foi o único a se destacar na Toxicologia no século XIX. Nomes como Robert Christison (1797-1882) e Alfred Swaine Taylor (1806-1880) ficaram conhecidos, sendo frequentemente requisitados nos tribunais de julgamento, inclusive aqueles cujo arsênio fosse o principal suspeito de causar a morte.

As contribuições de Orfila em relação ao arsênico permitem compreender como que a assustadora onda de mortes que assolava a Inglaterra no século XIX era ainda mais assustadora pelo fato de que pouco se sabia sobre a causa dessas mortes, pois o envenenamento por arsênio confere sintomas típicos de muitas doenças gastrointestinais, uma vez que, após ingerido em algum alimento ou bebida ele pode ser absorvido pelo sistema digestivo. A jornalista e escritora Sandra Hempel, em seu livro *O pó do herdeiro: uma história sobre envenenamento, assassinato e o início da Ciência Forense Moderna* (2019), faz um relato bastante detalhado desses sintomas. Segundo a autora:

Para desencadear seu ataque, o arsênico precisa ser absorvido pela corrente sanguínea (...). Então vêm o retesamento dos músculos e uma sensação de queimadura na garganta e no esôfago que torna difícil o ato de engolir. Enquanto o veneno penetra a corrente sanguínea, as veias começam a inflamar, afetando o sistema digestivo e causando cólicas estomacais e náuseas, seguidas de vômitos violentos. (...) em vez de serem aliviadas com o esvaziamento do estômago, as ânsias permanecem intensas. A essa altura, a vítima já está vomitando sangue e bile, talvez até mesmo fezes, trazidas dos intestinos pela violência das ânsias. (...) inicia-se o expurgo, com o corpo tentando substituir os fluidos perdidos pelo estômago drenando água de outras partes do sistema (...). A inicial diarreia aguada (...) é substituída por sangue quando os capilares se rompem (...). Se, depois disso, a vítima ainda estiver lutando pela

vida, ela pode experimentar um alívio da diarreia, substituída por dolorosos espasmos anais involuntários (...), usualmente resultando em ulceração do ânus. Os efeitos do veneno então se espalham para outras partes do corpo e os rins são afetados, tornando o ato de urinar doloroso e causando dor nos ossos e músculos (Hempel, 2019, p. 54-56).

Esses sintomas relatados são referentes a um envenenamento agudo, o qual pode levar de 2 horas a 4 dias. Ainda de acordo com Hempel (2019), não é a desidratação que causa a morte das vítimas, mas o colapso total do sistema causado pela forte pressão sobre o coração. Colasso (2020) apresenta mais alguns sintomas, como febre, anorexia, aumento do fígado, manchas na pele, descamação do trato intestinal, perda sensorial, anemia e redução dos glóbulos brancos.

A versão subaguda ou crônica do envenenamento não é nem um pouco mais tranquila. A ingestão de pequenas quantidades de arsênio durante um longo período provoca perda de apetite, fraqueza, vômitos, diarreia, dores musculares, sensação de formigamentos nas mãos e pés e retenção de urina, além de feridas, hiper e/ou hipopigmentação da pele, espessamento da pele das mãos e pés, inflamação dos pulmões e câncer (Colasso, 2020; Hempel, 2019; WHO, 2022).

Diante desse cenário desesperador, houve a necessidade de encontrar formas eficazes de detectar a presença do arsênio no organismo humano, para que, caso o envenenamento houvesse sido cometido por terceiros, a família da vítima conseguisse justiça - claro que, no caso dos envenenamentos intrafamiliares, esse era um desejo apenas daqueles que não tivessem participado do processo de envenenamento. Foi, a partir dessa necessidade, que os testes de detecção começaram a ser aprimorados.

Vale ressaltar que muitos experimentos já existiam no início do século XIX para a detecção de arsênio, mas eles eram imprecisos e subjetivos, o que levava a falsos negativos e falsos positivos, principalmente quando a análise deveria ser feita com amostras orgânicas, como era o caso de investigar o conteúdo estomacal dos falecidos. Muitos casos foram julgados pelo simples cheiro de alho - presente ou ausente - durante a queima de uma amostra. Hempel (2019) evidencia que “no terceiro quarto do século XVIII, ele [teste do alho] fora virtualmente o único teste em uso” (p. 169), de maneira que os toxicologistas recomendaram abandoná-lo, pois o odor não era prova infalível da presença e nem a ausência do cheiro era condição suficiente para comprovar nada.

4.1 TESTE DE RUSH

Uma das mais famosas formas de encontrar arsênio surgiu com as pesquisas do médico norte-americano Benjamin Rush (1746-1813). Seu trabalho se iniciou a partir de um estudo anterior de autoria de um de seus ex-alunos, o qual apresentava uma substância em formato de pó que, até aquele momento, eles acreditavam ser formada unicamente pelas raízes de um vegetal natural e que era capaz de curar as feridas causadas em alguns casos de câncer. Durante algum tempo, Rush tentou replicar o estudo com raízes de outros tipos de vegetais, porém não obteve sucesso com nenhuma delas (Rush, 1805).

Após a morte de seu ex-aluno, Rush procurou um dos administradores do médico e conseguiu uma amostra do pó que ele utilizava para fazer uma análise mais minuciosa. Em suas primeiras observações, ele notou que em meio ao pó marrom havia algumas partículas brancas. Após alguns testes falhos de identificar o que seria aquilo, ele se recordou que o arsênio já vinha sendo utilizado no tratamento de câncer há muito tempo e se dedicou a tentar identificar se as partículas brancas realmente poderiam conter esse elemento.

Rush realizou três experimentos para a comprovação da presença de arsênio. No primeiro, ele adicionou uma pequena quantidade da amostra sobre carvão em chamas, o que proporcionou um odor intenso de alho, o qual foi confirmado por várias pessoas que ele havia chamado para ir ao seu laboratório e que nada sabiam de sua pesquisa. No segundo, ele separou o pó branco do marrom e colocou-o entre duas peças de cobre, as quais foram levadas ao fogo e, em seguida, resfriadas, o que fez com que elas ficassem brancas e depois apresentassem uma cor prateada. Por fim, o terceiro experimento foi a reprodução de um teste que já existia e diziam ser infalível em todos os casos, de modo que após suas considerações o médico garante que as partículas brancas se tratavam de trióxido de arsênio puro. Rush descreve o teste da seguinte forma:

Eu infundi uma pequena quantidade do pó em uma solução aquosa de álcali de vegetais por algumas horas, e então derramei a infusão em uma solução aquosa de vitriolo azul [sulfato de cobre II penta-hidratado]. A cor do vitriolo foi imediatamente transformada em um lindo verde, e depois precipitada (Rush, 1805, p. 240, tradução nossa).

Por mais que Benjamin Rush tenha utilizado o teste do alho, que os toxicologistas haviam pedido para abandonar há anos, ele também utilizou outros

dois experimentos como forma de comprovação. Isso não impedia que erros pudessem ser cometidos nas análises, mas de uma forma ou de outra conferia menos enganos e resultados equivocados.

4.2 TESTE DE HUME

Outra forma de detecção do arsênio que ficou muito conhecida diz respeito ao teste elaborado pelo químico Joseph Hume (1777-1855), em 1809, no qual ele utilizava uma solução de nitrato de prata (AgNO_3) que era misturada com uma amostra de arsenito. A reação produzia uma nuvem amarela e aos poucos transformava a solução incolor em um sólido amarelo opaco de arsenito de prata (Ag_3AsO_3) (Caudill, 2009; Hempel, 2019; Leonardo; Martins; Fiolhais, 2009).

4.3 TESTE DE MARSH

Sem dúvidas, o experimento mais famoso da época para a detecção de arsênio foi elaborado pelo químico inglês James Marsh (1794-1846) (Figura 28), que era o assistente das aulas de Química de Michael Faraday (1791-1867), e foi publicado em 1836. Não existem muitas informações sobre a vida de Marsh, apenas que ele provavelmente nasceu “em Woolwich ou nos arredores e em circunstâncias humildes, tendo começado a trabalhar no Laboratório Real do Arsenal Woolwich aos 12 anos de idade” (Hempel, 2019, p. 159).

Dentre os trabalhos do químico inglês pode-se mencionar o desenvolvimento de um aparelho barato e portátil que fosse capaz de substituir o equipamento que era utilizado nas pesquisas sobre eletricidade e magnetismo, que eram um assunto fervoroso na época, mas que estava restrito aos pesquisadores que fossem ricos o suficiente para adquirí-lo (Hempel, 2019).

De acordo com Hempel (2019), as pesquisas de Marsh se encontraram com o arsênio por volta de 1833, quando Faraday delegou a investigação de um dos casos de envenenamento mais famosos a ele: o caso Bodle, o qual se tratava de um homicídio cometido por John Bodle contra o seu avô, George Bodle, a partir da adição de arsênico no café e que fora motivado por brigas relacionadas à herança.

Ao longo de sua carreira James utilizou outros testes de detecção que já existiam, como os testes de Rush e Hume, sendo que “seus métodos eram

ligeiramente mais refinados (...), mas ainda rudimentares e imprecisos; a diferença era que Marsh sabia disso” (Hempel, 2019, p. 180). Conforme mencionado anteriormente, o maior problema dos testes existentes era que a análise da presença de arsênio no corpo humano através do conteúdo estomacal era difícil de ser feita, mas esse não era um problema no teste de Marsh.

Figura 28 - James Marsh (1794-1846).



Fonte: Radeska (2017).

O artigo publicado por James Marsh no *Edinburgh New Philosophical Journal*, no outono de 1836, intitulado *Account of a method of separating small quantities of arsenic from substances with which it may be mixed*²⁶, foi um marco para os casos de envenenamento recorrentes, pois oferecia à população a esperança de que a impunidade por esses crimes cessasse e que, conseqüentemente, novas práticas fossem desencorajadas (Monte, 2020).

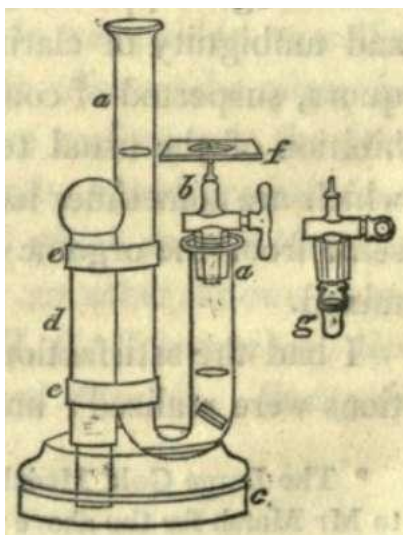
Este teste químico reside no fato de que todos os compostos solúveis contendo arsênio, independentemente de sua forma, podem ser reduzidos a um gás incolor com odor de alho, a arsina (AsH_3), a qual, sob calor, se decompõe em hidrogênio e arsênio metálico, sendo que este último se deposita e forma um espelho preto característico, podendo então ser detectado (Vogel, 1981).

Segundo Marsh (1836, p. 231-232), após montar a aparelhagem necessária, apresentada na figura 29, a amostra a ser analisada deveria ser misturada com ácido sulfúrico diluído e, em seguida, derramada no lado mais comprido da peça a do equipamento até que o líquido ficasse cerca de 0,6 cm abaixo da peça b. Após esse procedimento, o início da formação de bolhas na folha de zinco representando o desprendimento de um gás. Essa formação do gás fazia com que a coluna de

²⁶ Em português: Relato de um método de separação de pequenas quantidades de arsênico de substâncias com as quais ele possa se misturar (tradução nossa).

líquido se deslocasse para a “perna” mais comprida da peça a, até o momento em que a folha de zinco perderia completamente o contato com o líquido, fazendo com que a produção de gás cessasse.

Figura 29 - Aparelhagem do teste de Marsh.



Fonte: Marsh (1836, p. 230).

Neste momento, haveria uma coluna de gás submetida à pressão de uma coluna de líquido, o que faria com que o gás fosse projetado para fora ao abrir a torneira em b. Durante essa liberação, a aproximação de uma fonte de calor e de uma placa de vidro posicionada horizontalmente, permitiam a identificação do gás. Caso a substância em análise contivesse arsênio, o gás formado e liberado era a AsH_3 , a qual podia ser identificada por um depósito de arsênio metálico no vidro formado no processo de combustão; caso não houvesse arsênio na amostra, ocorreria a condensação do vapor d'água formado pelo processo de combustão do gás H_2 (Marsh, 1836, p. 231-232).

O teste era muito sensível. Hempel (2019) destaca que:

Marsh trabalhou com diluições de 6 miligramas em 2,3 litros de água e 'obteve disso mais de cem crostas metálicas distintas de arsênio', embora paciência fosse necessária: 'Foram necessários vários dias antes que a mistura usada deixasse de dar indicações de presença de arsênico' (Hempel, 2019, p. 252).

O que era visto como uma vantagem também deveria ser tratado com cautela. A hipersensibilidade do teste poderia, em alguns casos, conferir um falso positivo às análises, pois o zinco utilizado como reagente às vezes estava contaminado com o arsênio, fazendo com que fosse “necessário ao operador ter certeza da pureza do zinco utilizado” (Marsh, 1836, p. 235, tradução nossa). Além

desse problema com o reagente, o arsênico presente no solo do cemitério (em casos de exumação), nas vidrarias e demais equipamentos, bem como em outros objetos presentes no ambiente - já que o pigmento verde de Scheele era quase onipresente - também contribuíam para aumentar a margem de erro. Esse obstáculo foi parcialmente ultrapassado quando J. J. Berzelius realizou contribuições para tornar o teste de Marsh um método que também fosse quantitativo (Hempel, 2019; Monte, 2020).

Somado a isso, Marsh também se preocupava com outro fator problemático: o elevado risco de morte que o analista corria. Como o químico explicou em seu artigo, caso a amostra analisada contivesse, de fato, arsênio, o gás formado seria a AsH_3 , que é tóxica. Se, por acaso, o tubo se quebrasse devido ao calor, a quantidade de arsina que escapasse poderia ser suficiente para tirar a vida de quem estivesse por perto (ILO, 2018).

Embora o teste de Marsh apresentasse alguns fatores complicantes e outros experimentos e testes tenham surgido posteriormente, o trabalho do químico inglês foi, por muitos anos, considerado o melhor para solucionar os casos de envenenamento, principalmente após o aprimoramento de Berzelius.

4.4 TESTES DE DETECÇÃO ATUAIS

Atualmente, quase 200 anos após os trabalhos de Marsh, os métodos de identificação e quantificação de elementos químicos, como o arsênio, são completamente diferentes. Os avanços científicos e tecnológicos, ocorridos nesses dois séculos, permitiram com que as análises se tornassem muito mais rápidas, precisas e com menos falhas associadas.

A Química Analítica Instrumental proporciona a determinação qualitativa e quantitativa de mais de 70 elementos por meio da espectroscopia atômica, sendo que esse método pode detectar quantidades de partes por bilhão (ppb) ou concentrações ainda menores que essas em alguns casos. São diversos instrumentos e técnicas que podem ser utilizados na determinação de arsênio, fornecendo resultados confiáveis para um grande número de amostras em poucos minutos (Skoog *et al.*, 2008).

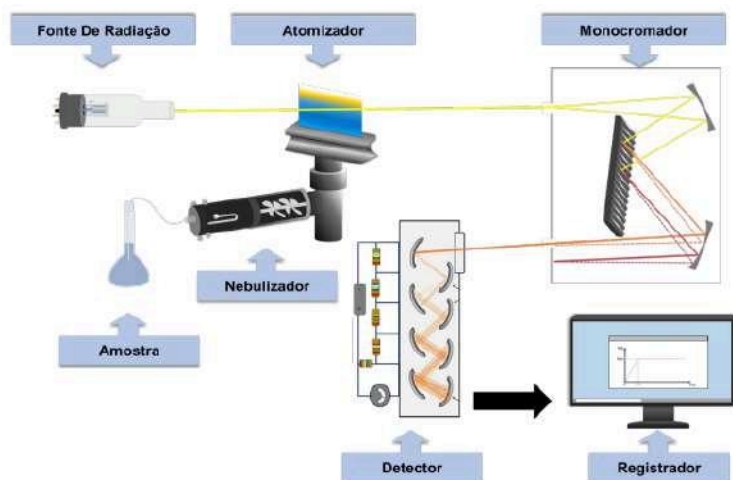
Dentre todos os testes de identificação e quantificação existentes, destaca-se aqui aqueles que usam a Espectrometria de Absorção Atômica (AAS²⁷), uma vez que, devido à sua simplicidade, efetividade e custo, é uma das técnicas analíticas mais utilizadas atualmente. De acordo com Silva e Nogueira (2025), surgida no século XX e considerada um grande avanço para a época, a AAS utiliza a absorção eletromagnética por átomos no estado gasoso e fundamental, de modo que a análise da relação entre a energia absorvida e as variáveis experimentais é o que permite a detecção dos elementos químicos presentes na amostra analisada.

Ao longo dos anos e por meio dos estudos e trabalhos realizados para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dessa técnica, a AAS “conseguiu ser aplicada na determinação de elementos a uma variedade de amostras, tais como: alimentos, materiais biológicos, ambientais, tecnológicos e geológicos” (Silva; Nogueira, 2025, p. 17).

Os autores destacam que existem outras técnicas que podem ser utilizadas na detecção de diversos elementos químicos em um grande número de amostras, como o ICP OES (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado) e ICP-MS (Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado), mas que seus custos são consideravelmente superiores à AAS. A maior desvantagem da Espectrometria de Absorção Atômica consiste na necessidade de o analista conhecer profundamente o instrumento de análise e os princípios utilizados pela técnica. A figura 30 mostra um esquema de constituição de um equipamento de AAS que utiliza chama como meio de atomização.

²⁷ Do inglês “*Atomic Absorption Spectrometry*”.

Figura 30 - Esquema do equipamento utilizado para Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização por Chama (FAAS²⁸).



Fonte: Silva e Nogueira (2025, p. 19).

Essa e outras técnicas analíticas facilitaram de forma considerável o trabalho dos analistas e garantiram um elevado nível de confiabilidade nos laudos apresentados e a diminuição do tempo de espera para a obtenção dos resultados, o que, por sua vez, tem reduzido bastante o número de casos de impunidade, quando comparado há 200 anos.

Contudo, é necessário frisar que as formas de identificação e quantificação de arsênio e vários outros elementos químicos e compostos são fruto de todo conhecimento científico que foi sendo desenvolvido ao longo desses anos. Os casos de envenenamento na Inglaterra Vitoriana mencionados anteriormente foram imprescindíveis para a criação e a atualização dos testes analíticos qualitativos e quantitativos existentes atualmente, mostrando que a Ciência é feita a partir de colaborações de inúmeros cientistas ao longo de sua história.

²⁸ Do inglês “*Flame Atomic Absorption Spectrometry*”.

5 ENSINO DE CIÊNCIAS E CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Ensinar Ciências não é uma tarefa fácil, do mesmo modo como aprender sobre conhecimentos e pesquisas científicas também não é trivial. Compreender os passos seguidos por um cientista, desvendar suas motivações para ter optado por um determinado caminho em detrimento de outros e assimilar os resultados encontrados podem ser tarefas laboriosas até mesmo para outros cientistas experientes. Isso acontece em um número significativo de casos, em parte, por causa das características do objeto de estudo.

Buscando voltar esse olhar especificamente para a Química, percebe-se que muitos trabalhos desenvolvidos ao longo de todos esses anos envolveram a criação de ideias, suposições e teorias que tentassem, de alguma forma, explicar a constituição, a formação e as ações de componentes que não podem ser observados, como é o caso das teorias atômicas, dos rearranjos de átomos nas reações químicas, dos efeitos trazidos ao organismo quando há a ingestão de determinados compostos, entre outros.

É importante reconhecer que a cultura e o conhecimento científico precisam ser inseridos na educação de crianças, adolescentes, jovens e adultos, afinal de contas, eles são os membros e os pilares da sociedade. Contudo, há uma dificuldade evidente na compreensão, na convicção ou na credibilidade de algo abstrato, especialmente por envolver elementos submicroscópicos.

Com os avanços tecnológicos que existem hodiernamente, muitas dessas ideias e teorias já podem ser visualmente comprovadas ou contestadas, mas em escala bastante reduzida e quase sempre restrita aos laboratórios de pesquisa modernos e bem equipados, haja vista os altos custos de aquisição, manutenção e utilização de alguns instrumentos essenciais para essa clarificação.

Como consequência disso, as aulas de Biologia, Física e Química acabam se tornando monótonas, fazendo com que poucos, ou nenhum, estudante mantenha o interesse e a participação, o que pode, por vezes, até afastá-los da escola (Mota; Lima; Altarugio, 2024). As aulas com esse estilo costumam basear-se no “mero ensino de termos científicos, contos e conceitos de difícil compreensão, não importando a aplicabilidade, a contextualização e o significado que eles tenham para os alunos” (Albuquerque, 2023, p. 15).

Nesse sentido, é imprescindível buscar novas formas mais interessantes de apresentar o conhecimento científico aos alunos, de modo que eles sintam vontade de interagir e se engajar durante as aulas e, assim, compreendam a importância e possam enxergar a Ciência em tudo que vivenciam.

5.1 A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

Pode-se dizer que a HC é, por muitas vezes, menosprezada nas instituições de ensino, principalmente no que se refere à educação básica brasileira. São poucos os professores que se apropriam dos conhecimentos historicamente construídos sobre os conceitos, as teorias, os experimentos e os demais componentes da Ciência em suas aulas, mostrando aos seus discentes que a construção do conhecimento científico não é feita de forma linear (Lobato, 2020). Talvez, parte dessa baixa adesão esteja relacionada às dificuldades enfrentadas pelos próprios docentes em compreender essa não linearidade que, de fato, torna tudo bastante complexo.

Alfonso-Goldfarb (1994) relata que Gaston Bachelard, filósofo da Ciência, foi um dos primeiros a se questionar sobre essa ideia de linearidade do avanço científico. A autora discute que, por meio de suas pesquisas, Bachelard concluiu que, na verdade, o conhecimento científico evolui por meio de saltos, isto é, “não era aprimorando e continuando velhos saberes que se chegava aos novos” (Alfonso-Goldfarb, 1994, p. 80).

Além de Bachelard, Alfonso-Goldfarb (1994) mostra que Thomas Kuhn, outro filósofo da Ciência, compartilhava desse mesmo pensamento, pois ele utilizava o conceito de paradigmas para explicar a descontinuidade da Ciência. Segundo ela, ao juntar todas as definições de paradigmas apresentadas por Kuhn, ter-se-ia a ideia de que eles são

[...] o conjunto de regras, normas, crenças, bem como teorias, etc. que direciona a ciência conforme a época e as comunidade científicas envolvidas no processo. A ciência de fato avançaria e se acumularia sofrendo aprimoramentos em torno de um determinado paradigma (Alfonso-Goldfarb, 1994, p. 83).

No momento em que um desses conjuntos deixasse de ser satisfatório para explicar determinados fenômenos, ele entraria em crise, fazendo com que novos

paradigmas incompletos concorressem entre si para substituí-lo. E, justamente por ainda não serem completos, sua escolha não seria algo certo ou linear.

Não existe aqui a intenção de aprofundar nessas discussões próprias da Filosofia da Ciência, mas é possível perceber que toda essa complexidade que a construção do conhecimento científico abarca pode assustar tanto os professores quanto os alunos. Apesar disso, é ao estudá-la e conhecê-la mais profundamente que o aprendizado de muitas teorias, conceitos e ideias científicas é concretizado.

Trazendo essa discussão para o campo da Química, Aliane (2018) destaca que os documentos orientadores do currículo da educação básica brasileira recomendam que haja valorização da HC como uma estratégia didática capaz de ajudar o aluno a enxergar a Química como “uma área do conhecimento construída por pessoas pertencentes a um contexto social e histórico” (Aliane, 2018, p. 59). Em complemento a essa relevância, Castro (2022) pontua que:

[...] a HC contribui para o ensino ao: motivar e atrair os alunos, humanizar os conteúdos, promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos ao trabalhar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, valorizar e compreender determinados acontecimentos fundamentais na história, demonstrar o lado mutável da ciência, se opor à ideologia cientificista, desenvolver o pensamento crítico além de melhorar a formação do professor (Castro, 2022, p. 84).

A partir dessas considerações, fica evidente que a HC pode e deve ser utilizada em sala de aula como uma estratégia para, mais do que capturar a atenção, auxiliar os alunos no entendimento do processo de construção da Ciência. Quando relaciona-se a HC com a História do Arsênio, pode-se exemplificar sua importância para além de uma ferramenta que visa conquistar a atenção estudantil. No contexto do desenvolvimento dos testes de detecção dos compostos de arsênio, essa abordagem contribui para que os alunos compreendam por que, atualmente, há uma baixa possibilidade de impunidade em casos de envenenamento desse tipo. Tal compreensão, por sua vez, favorece a conscientização dos discentes acerca de suas próprias atitudes e das consequências que delas decorrem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho perpassa pela história do elemento químico arsênio, destacando sua participação em diversos momentos da História, Arte, Medicina e Ciência. Para isso, documentos, trabalhos e pesquisas escritos em diversos momentos da história foram analisados, destacando, intencionalmente, sua presença e popularidade na Inglaterra no século XIX, momento este em que ele contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento da Ciência Forense, especialmente no campo da Toxicologia.

Inicialmente, foram abordadas suas propriedades físicas e químicas que justificassem a formação do grande número de compostos tanto orgânicos quanto inorgânicos que foram discutidos nos capítulos seguintes. Também foi abordada a questão de sua variada toxicidade e a preocupação que as organizações de saúde têm em relação à sua presença na vida humana.

A partir desse detalhamento inicial, pode-se investigar a presença do arsênio em vários locais e seus inúmeros usos, como o ouropigmento, o realgar e o verde de Scheele que foram durante muito tempo utilizados como pigmentos para pinturas de uma infinidade de artigos e obras de arte; além do trióxido de arsênio e outros compostos arsênicos que foram acolhidos pela medicina antiga e moderna para o tratamento de doenças como sífilis, escabiose, malária, febre recorrente, leucemia promielocítica aguda e muitas outras.

Foi observado que, apesar de todas essas aplicações, uma se destacou: a utilização do trióxido de arsênio como veneno. Isso aconteceu especialmente por causa do desenvolvimento industrial ocorrido na Inglaterra durante a Revolução Industrial, a qual produzia esse composto como um subproduto da queima dos carvões utilizados nas máquinas a vapor, o que gerou uma grande produção desse arsênio branco que foi frequentemente utilizado para matar roedores e animais inconvenientes que invadiam as precárias casas dos operários.

Nesse sentido, essa grande disponibilidade de um pó branco, inodoro e insípido nas cozinhas das moradias ocasionou inúmeros casos de envenenamentos, alguns acidentais e outros intencionais. As motivações para isso variavam entre se livrar de um cônjuge indesejado ou de uma amante grávida até o desejo desesperado de uma família em receber o dinheiro do seguro de vida que havia sido contratado para alimentar seus outros membros.

Foi esse exorbitante número de casos de envenenamento que contribuíram para o desenvolvimento de um ramo da Ciência Forense chamado de Toxicologia. Orfila foi o primeiro toxicologista que conseguiu identificar, organizar e catalogar a maioria dos venenos existentes em sua época. Somado a isso, ele ainda foi o responsável pelo desenvolvimento de antídotos para grande parte desses venenos.

O caos vivenciado na Inglaterra nesse período também ajudou no desenvolvimento de diversos testes de detecção do arsênio, tanto qualitativos quanto quantitativos, sendo que o mais famoso deles foi o teste elaborado pelo químico inglês James Marsh, que, posteriormente, foi aprimorado por Berzelius e utilizados por muitos anos.

Após toda essa discussão histórica, este trabalho se propôs a discutir a importância que a área de História da Ciência tem e como ela pode auxiliar o professor dentro da sala de aula para o ensino de conceitos, leis, teorias e ideias que, muitas vezes, os alunos apresentam dificuldades, pois ajuda eles a compreenderem melhor e, assim, de fato, construir seus conhecimentos científicos.

Em suma, este trabalho apresenta a necessidade de nós, professores, nos atentarmos aos interesses dos alunos e lutar com todas as armas que tivermos para tornar o processo educativo menos pesado e mais agradável, dispondo de ferramentas que nos possibilitem tal feito, como a HC. Esperamos que essa pesquisa possa tornar esse desafio menos pesado e possa incentivar outros pesquisadores e professores a se apropriarem das histórias que envolvem a Ciência e construção do conhecimento científico, promovendo reflexões sobre as práticas docentes e tomadas de atitude a partir delas.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, J. Madame Bovary, arsênio e Inglaterra. **Recanto das palavras**: História, 2010. Disponível em: <https://recantodaspalavras.wordpress.com/category/historia/>. Acesso em: 20 maio 2024.

ALBUQUERQUE, F. A. P. **Explorando Ciências da Natureza no Contexto do Novo Ensino Médio**: uma proposta de disciplina eletiva com o uso de livros paradidáticos voltados à divulgação científica. 2023. 38 p. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2023.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é História da Ciência**. Coleção Primeiros Passos, 1ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ALFONSO-GOLDFARB; A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. *In*: PEREIRA, A. L.; PITA, J. R. **Rotas da natureza**: cientistas, viagens, expedições, instituições. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2006, p. 49-73.

ALIANE, C. S. M. **Tabela Periódica interativa**: contribuições de uma proposta de educação não formal para a formação continuada de professores de Química. 2018. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2018.

ANDRADE, D. F.; ROCHA, M. S. A toxicidade do arsênio e sua natureza. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, v. 10, abr.-jun., 2016.

ANDRÉ, J. P. O Verde que não era Esperança. **Química** - Boletim da Sociedade Brasileira de Química, série II, n. 125, abr.-jun., 2012.

ARSENIC in ladies' dresses. **The British Medical Journal**, London, 20 nov. 1875, v. 2, n. 777, p. 648.

ARSENIC in wall-paper and dresses. **The British Medical Journal**, London, 15 set. 1877, Reports and Analyses and Descriptions of New Inventions in Medicine, Surgery, Dietetics, and the Allied Sciences, v. 2, n. 872, p. 388.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological Profile for Arsenic**, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591633/>. Acesso em: 01 fev. 2025.

BARBOSA, A. P. **Alterações fisiológicas causadas pelo arsênio, genotoxicidade e importância do mecanismo *Mismatch Repair* no reparo do DNA em *Arabidopsis thaliana***. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) - Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

BASILIO, A. L. País tem mais de 7 mil casos de envenenamento em 2025; 'arsênico' preocupa especialistas. **Carta Capital**. [S.l.], 28 set. 2025. Disponível em:

<https://www.cartacapital.com.br/sociedade/pais-tem-mais-de-7-mil-casos-de-envenenamento-em-2025-arsenico-preocupa-especialistas/>. Acesso em: 06 jan. 2026.

BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R. Mateu Orfila i Rotger (1787-1853): Science, medicine and crime in the nineteenth century. **Contributions to Science**, p. 565–577, 2026.

BEESON, B. B. Orfila - Pioneer Toxicologist. **Annals of Medical History**, v. 2, n. 1, p. 68-70, 1930.

BENTLEY, R.; CHASTEEN, T. G. Microbial Methylation of Metalloids: Arsenic, Antimony, and Bismuth. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 66, n. 2, p. 250–271, 2002.

BERZELIUS, J. J. **Traité de chimie minérale, végétale et animale**. Traduite MM. Hoefer et Esslinger. Tome IV, 2e édition française. Paris: Firmin Didot, 1847.

BLOXAM, C. L. On the Capacity of arsenious acid for bases, and on certain arsenites. **Journal of the Chemical Society**, v. 15, p. 281-299, 1862.

BRESCIANI, M. S. M. **Londres e Paris no século XIX: o espetáculo da pobreza**. 5ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1989.

BRITTO, M. Bolo envenenado: polícia conclui que venda de arsênio usado em quatro assassinatos no RS não foi ilegal. **G1 RS**. [S.l.], 23 dez. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2025/12/23/bolo-envenenado-policia-conclui-que-venda-de-arsenio-usado-em-quatro-assassinatos-no-rs-nao-foi-ilegal.ghtml>. Acesso em: 16 jan. 2026.

BROWER, J. Estes livros verdes são venenosos - e você pode estar perto de um. **National Geographic**, 04 de maio de 2022. Seção Ciência. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/04/estes-livros-verdes-sao-venenosos-e-voce-pode-estar-perto-de-um>. Acesso em: 11 set. 2024.

CASTRO, B. G. **Marguerite Catherine Perey do Institut du Radium à Academia Francesa de Ciências: o Frâncio e a Tabela Periódica no Ensino de Química, sob o viés da contribuição feminina**. 2022. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2022.

CAUDILL, D. S. Prefiguring the Arsenic Wars. **Distillations Magazine**, Philadelphia, p. 1-8, 2009.

CETESB. Arsênio. **Ficha de Informação Toxicológica**, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Arsenio.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

CHADWICK, E. **Report on the sanitary condition of the labouring population and on the means of its improvement**. London, 1842.

COLASSO, C. Toxicologia do arsênio: conheça os usos, aplicações e efeitos nas pessoas. **Segurança Química**. [S.l.], 2 jun. 2020. Disponível em:

<https://www.chemicalrisk.com.br/toxicologia-do-arsenio/#Agudos>. Acesso em: 10 jan. 2026.

CULLEN, W. R.; BENTLEY, R. The toxicity of trimethylarsine: an urban myth. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 7, p. 11-15, 2005.

DEVEZA, A. C. R. S. *Ayurveda* - A medicina clássica indiana. **Revista de Medicina**, São Paulo, v. 93, n. 2, p. 156-165, 2013.

ENGELS, F. **A situação da classe trabalhadora na Inglaterra**. Tradução de B. A. Schumann. 1ª ed. [revista]. São Paulo: Boitempo, [1845] 2010.

FARIAS, J. S. *et al.* Especificação química de arsênio inorgânico no estuário de Laguna dos Patos (RS, Brasil). **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1401-1406, 2012.

FERNANDES, V. Cabelo de médico ajudou identificar histórico de envenenamento por arsênio. **A Gazeta**. Vitória, 05 set. 2025. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/vilmara-fernandes/cabelo-de-medico-ajudou-identificar-historico-de-envenenamento-por-arsenio-0925>. Acesso em: 06 jan. 2026.

FERRIE, J. E. Arsenic, antibiotics and interventions. **International Journal of Epidemiology**, v. 43, n. 4, p. 977-982, 2014.

FLORA, S. J. S. Arsenic: Chemistry, Occurrence and Exposure. *In*: FLORA, S. J. S. (Ed.). **Handbook of Arsenic Toxicology**. 1st ed. Cambridge: Academic Press, 2015, p. 1-49.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica** (Apostila). Fortaleza, CE: UEC, 2002.

GALHARDI, J. A.; SOLDERA, B. C. Efeitos da drenagem ácida de mina sobre a qualidade das águas subterrâneas: preceitos legais e técnicos. **Holos Environment**, v. 18, n. 1, p. 87-109, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2ª ed. São Paulo: Atlas S.A., 1989.

GLOBE INSURANCE. **The Leeds Intelligencer and Yorkshire General Advertiser**, London, v. LXXII, n. 8678, p. 1, 30 dez. 1824.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. Separata de: **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, Brasil, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GONÇALVES, M. F. *et al.* Desvendar o ontem no hoje: análises científicas no estudo de técnicas e materiais de dois manuscritos iluminados do século XVIII. *In*: ENCONTRO DA ANPAP, 25., 2016, Porto Alegre. **Anais eletrônicos** [...] Porto Alegre: ANPAP, UFRGS, 2016.

GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A. **Chemistry of the Elements**. 2nd edition. Leeds: Butterworth Heinemann, 1997.

HAYNES, W. M. **Handbook of Chemistry and Physics**. 95th ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

HEMPEL, S. **O pó do herdeiro**: uma história sobre envenenamento, assassinato e o início da ciência forense moderna. Tradução de Alessandra Bonruquer. Rio de Janeiro: Record, 2019. 364 p.

HOBSBAWM, E. J. **A era das revoluções**: 1789-1848. São Paulo: Paz e Terra, [1962] 2015.

HUGHES, M. F. *et al.* Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective. **Toxicological Sciences**, v. 123, n. 2, p. 305-332, 2011.

ILO (International Labour Organization). ICSC 0222 - Arsina. **International Chemical Safety Cards**, 2018. Disponível em: https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=pt&p_card_id=0222&p_version=2. Acesso em: 11 jan. 2026.

JÁCOMO, R. H.; FIGUEIREDO-PONTES, L. L.; REGO, E. M. Do paradigma molecular ao impacto no prognóstico: uma visão da Leucemia Promielocítica Aguda. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 54, n. 1, p. 82-89, 2008.

LEITE, B. S. O ano internacional da tabela periódica e o Ensino de Química: das cartas ao digital. **Química Nova**, v. 42, n. 6, p. 702-710, 2019.

LEONARDO, A. J.; MARTINS, D. R.; FIOLEAIS, C. António da Costa Simões e a gênese da Química Forense em Portugal. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 192-205, 2009.

LIMA, C. H. S.; BARROS, J. C. As faces antagônicas do arsênio: veneno e fármaco. **Ciência Hoje**, v. 409, 2024.

LIU, J. *et al.* Mineral Arsenicals in Traditional Medicines: Orpiment, Realgar and Arsenolite. **The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 326, n. 2, p. 363-368, 2008.

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

LOPES, J. Verde de Scheele, pigmento mortífero usado na Era Vitoriana. **Hoje São Paulo**. São Paulo, 30 nov. 2015. Seção Arquitetura e Decoração. Disponível em: <https://hojesaopaulo.com.br/noticia/verde-de-scheele-pigmento-mortifero-usado-na-era-vitoriana/14436>. Acesso em: 11 set. 2024.

LOPES, N. S. *et al.* Medicina complementar e alternativa no contexto da Ayurveda e da medicina popular no Brasil. **Perspectivas Online: biológicas & saúde**, Campos dos Goytacazes, v. 20, n. 6, p. 30-44, 2016.

MARSH, J. Account of a Method Separating Small Quantities of Arsenic from Substances with which it may be Mixed. **The Edinburgh New Philosophical Journal**, Edinburgh: Adam & Charles Black, v. 21, 1836.

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MELLO, J. W. V. de; DUARTE, H. A.; LADEIRA, A. C. Q. Origem e controle do fenômeno drenagem ácida de mina. **Caderno Temático de Química Nova na Escola**, n. 8, p. 24-29, 2014.

MENDA, M.; GUEKEZIAN, M. Arsênio: veneno famoso, mas também remédio. **CRQ-SP**, São Paulo. 30 set. 2024. Disponível em: <https://crqsp.org.br/elemento-quimico-arsenio/>. Acesso em: 19 jan. 2026.

MENDELEEV, D. I. Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. **Zeitschrift für Chemie**, v. 12, p. 405-406, 1869.

MERTINS, H. L. *et al.* Ação do arsênio no organismo e suas consequências: uma revisão bibliográfica. *In*: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 24., 2019, Cruz Alta. **Anais eletrônicos [...]** Cruz Alta: Unicruz - Centro Gráfico, 2019.

MICHALEAS, S. *et al.* Mathieu Joseph Bonaventure Orfila (1787-1853): The Founder of Modern Toxicology. **Mædica**, v. 17, n. 2, p. 532–537, 2022.

MILLER, W. A. **Elements of Chemistry**: theoretical and practical - part. II. 3rd ed. London: Longman, Green, Longman, Roberts & Green, 1864.

MONTE, M. J. Arsênio: de veneno dos reis a rei dos venenos. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 8, n. 1, p. 17-21, 2020.

MOTA, A. R.; LIMA, J.; ALTARUGIO, M. H.. Reflexões docentes sobre uma prática lúdica e criativa em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 435–445, nov. 2024.

PAUL, N. P. *et al.* Arsenic in medicine: past, present and future. **Biometals**, v. 36, n. 2, p. 283-301, 2023.

PEIXOTO, E. M. A. Oxigênio. **Química Nova na Escola**, v. 7, Elemento Químico, p. 1, 1998.

POETI, R. A história do pigmento verde Scheele, do químico sueco Carl Wilhelm Scheele. **Roberto Poetic Chimica**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.robertopoetichimica.it/en/the-story-of-the-green-scheele-pigment-by-swe-dish-chemist-carl-scheele-2/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

PUNCH. **Punch, or the London Charivari**. Londres, v. 17, p. 96, 1849.

RADESKA, T. James Marsh was a British chemist who invented the Marsh test for detecting arsenic and tracing the poison in the body. **The vintage news**. [S.l.], 9 jan. 2017. Disponível em:

<https://www.thevintagenews.com/2017/01/09/james-marsh-was-a-british-chemist-who-invented-the-marsh-test-for-detecting-arsenic-and-tracing-the-poison-in-the-body/>.

Acesso em: 02 abr. 2026.

RAJÃO, G.; BONETS, V. Bolo de pote envenenado: Jovem pagou R\$ 80 em arsênico usado no crime. **CNN Brasil**. São Paulo, 03 jun. 2025. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/sudeste/sp/bolo-de-pote-envenenado-jovem-pagou-r-80-em-arsenico-usado-no-crime/>. Acesso em: 06 jan. 2026.

ROYAL Exchange Assurance Office. **The Leeds Intelligencer and Yorkshire General Advertiser**, London, v. LXXII, n. 8678, p. 1, 30 dez. 1824.

RUSH, B. An Account of the External Use of Arsenic in the Cure of Cancers. *In*:

RUSH, B. **Medical Inquiries and Observations**. Philadelphia: John Conrad & Co, v. 1, 1805. p. 235-244.

RUST, M. D.; SOIGNET, S. L. Risk/Benefit Profile of Arsenic Trioxide. **Oncologist**, v. 6, p. 29-32, 2001.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SANTOS e ícones católicos: história de Santo Alberto Magno. **Cruz Terra Santa**.

[S.l.], 2023. Disponível em:

<https://cruzterrasanta.com.br/historia-de-santo-alberto-magno/181/102/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

SBQ - Sociedade Brasileira de Química. Tabela Periódica dos Elementos. **SBQ**, 2025. Disponível em:

<https://www.sbq.org.br/blog/download-da-tabela-periodica-dos-elementos-sbq-2025/>.

Acesso em: 02 abr. 2026.

SHARPLES, S. P. Scheele's Green, its composition as usually prepared and some experiments upon arsenite of copper. **Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences**, v. 12, p. 11-25, 1876.

SILVA, A. M. Arsênio: impacto sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 17, 2016.

SILVA, P. R.; NOGUEIRA, A. A evolução da Espectrometria de Absorção Atômica: da teoria à aplicação analítica. *In*: NOGUEIRA, A. **Espectrometria de Absorção Atômica com Chama**. 1ª ed. Iguatu, CE: Quipá Editora, 2025, p. 14-22.

SKOOG, D. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª edição. [S.l.]: Cengage Learning, 2008.

ST. CLAIR, K. **The secret lives of color**. 1st ed. New York: Penguin Books, 2017.

THE LEEDS AND YORKSHIRE ASSURANCE COMPANY. **The Leeds Intelligencer and Yorkshire General Advertiser**, London, v. LXXII, n. 8678, p. 1, 30 dez. 1824.

TINWELL, H.; STEPHENS, S. C.; ASHBY, J. Arsenite as the probable active species in the human carcinogenicity of arsenic: mouse micronucleus assays on Na and K arsenite, orpiment, and Fowler's solution. **Environmental Health Perspectives**, v. 95, p. 205-210, 1991.

URE, A. **A dictionary of arts, manufactures and mines**: containing a clear exposition of their principles and practice - VOL. II. New York: D. Appleton & Company, 1856.

VOGEL, A. I. Reações de Cátions. *In*: VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. Tradução: Antonio Gimeno. 5a ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981, p. 248-252.

WHITEWAY, M. Trellis wallpaper (designed november 1862). **William Morris Gallery**. 2002. Disponível em: <https://www.wmgallery.org.uk/object/trellis-wallpaper-2/>. Acesso em: 22 maio 2025.

WELLE, D. Tumba de Tutancâmon é reaberta após uma década de reparos. **G1**. [S.l.], 01 fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/turismo-e-viagem/noticia/2019/02/01/tumba-de-tutancamon-e-re-aberta-apos-uma-decada-de-reparos.ghtml>.

WHO (World Health Organization). **Arsenic**. 07 dez. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>. Acesso em: 17 abr. 2024.

YAO, B. *et al.* Metals and non-metals in the periodic table. **Philosophical Transactions of The Royal Society A**, v. 378, p. 1-21, 2020.