

# ESTUDO DE CONCEITOS QUÍMICOS EM ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS PARA CONTEXTUALIZAR O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO II: MINAMATA E OUTROS DESASTRES AMBIENTAIS DO JAPÃO NO SÉCULO XX

STUDY OF CHEMICAL CONCEPTS IN HISTORICAL EVENTS TO CONTEXTUALIZE  
CHEMISTRY TEACHING IN HIGH SCHOOL II: MINAMATA AND OTHER  
ENVIRONMENTAL DISASTERS IN JAPAN ON 20TH CENTURY

Raphael Salles Ferreira Silva

Colégio Militar do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 267 - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-010

**Submetido em 10/01/2025; Versão revisada em 25/02/2025; Aceito em 25/02/2025**

**Resumo:** O desastre de Minamata, ocorrido no Japão entre 1932 e 1968, causado pela indústria Nichitsu que utilizava sulfato de mercúrio como catalisador na produção de acetaldeído, descartando os efluentes contendo mercúrio diretamente na Baía de Minamata. A inexistência de protocolos adequados para o tratamento adequado permitiu a contaminação por mercúrio do ecossistema, afetando toda a cadeia alimentar da baía de Minamata. A população foi gravemente afetada por uma síndrome neurotóxica, conhecida como Doença de Minamata. Este episódio evidenciou a necessidade de práticas mais seguras na química industrial, como o desenvolvimento de catalisadores alternativos e tecnologias para tratamento de resíduos. A tragédia resultou em importantes avanços, como a proibição do uso de mercúrio em muitos processos químicos e a criação da Convenção de Minamata.

**Palavras chaves:** Desastre de Minamata, Contexto histórico, Ensino de Química

**Abstract:** The Minamata disaster, which occurred in Japan between 1932 and 1968, caused by Nichitsu Co. which used mercury sulfate as catalyst in acetaldehyde production, discharging mercury-laden effluents directly into Minamata Bay. The lack of adequate waste treatment protocols led to mercury contamination of the ecosystem, affecting the entire food chain in the bay. The population was severely impacted by a neurotoxic syndrome known as Minamata Disease. This episode underscored the need for safer practices in industrial chemistry, such as the development of alternative catalysts and advanced waste treatment technologies. The tragedy prompted significant progress, including the prohibition of mercury use in many chemical processes and the establishment of the Minamata Convention.

**Keywords:** Minamata disaster, Historical context, Chemistry education.

## Introdução

Até meados do século XIX, o Japão era um estado feudal isolado, marcado por um atraso tecnológico que contrasta com a imagem atual de um país associado à alta tecnologia. Em 1868, começou a Era Meiji, um período em que o Japão experimentou um dos crescimentos tecnológicos e industriais mais rápidos da história. Em apenas 36 anos, o país surpreendeu o mundo com uma vitória decisiva sobre o Império Russo na Guerra Russo-Japonesa de 1904. A potência militar do Império Japonês, demonstrada na primeira metade do século XX, só foi possível devido ao rápido desenvolvimento de indústrias de base, como a siderúrgica e a química (CRESPO et al. 2016).

A Companhia Elétrica Sogi (CES), fundada em 1906 como parte das transformações socioeconômicas da Era Meiji, produzia energia elétrica para empresas mineradoras. Contudo, devido à sua alta capacidade de produção de energia, que excedia as necessidades da mineração, o fundador da CES inaugurou, em 1909, uma indústria química para a produção de fertilizantes nitrogenados. Após fusões, aquisições e reestruturações societárias, em 1909 o conglomerado passou a se chamar Companhia de Fertilizantes Nitrogenados do Japão, ou Nichitsu, em japonês (MOLONY, 1990).

A Nichitsu cresceu rapidamente e expandiu seu catálogo de produtos químicos. Em 1932, a empresa inaugurou uma planta para a produção de acetaldeído por meio da reação de hidratação do acetileno, catalisada por sulfato de mercúrio. (SHIMOTANI, 1992). A reação empregada pela indústria é mostrada na Figura 1.

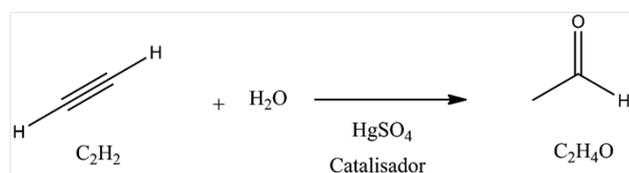


Figura 1: Processo de produção de acetaldeído empregado na planta instalada às margens da baía de Minamata.

Naquela época, os rejeitos industriais eram descartados diretamente em mares e rios sem qualquer tipo de tratamento, e isso não era diferente no Japão. A unidade da Nichitsu, localizada às margens da Baía de Minamata, na costa oeste da ilha de Kyushu, que operava a planta de pro-

dução de acetaldeído, despejou continuamente rejeitos industriais contendo mercúrio nas águas da baía. Em pouco mais de 20 anos, as consequências se mostrariam devastadoras.

## Os primeiros alertas

Entre 1950 e 1956, veterinários relataram uma doença em gatos que ficou conhecida como “Doença do Gato Dançarino”. Os animais apresentavam grave comprometimento motor, tremores, contrações musculares atípicas e falta de equilíbrio o que consiste em comportamentos extremamente anômalos para um animal reconhecido por sua agilidade, noção espacial e precisão de movimentos.

No entanto, isso não chamou a atenção das autoridades (RABINOWITZ et al., 2010).

Em 1956, uma menina de 5 anos foi hospitalizada, ironicamente no hospital mantido pela própria Nichitsu, apresentando dificuldades motoras, problemas de fala e convulsões severas. Durante uma investigação preliminar, os médicos descobriram que sua irmã manifestava os mesmos sintomas e que outros moradores da vizinhança também apresentavam sintomas semelhantes. Assim, foi emitido um alerta e o governo local criou o Comitê de Contramedidas para uma Doença Estranha. Dias antes, os médicos haviam feito um comunicado público sobre uma “doença estranha” que acometia os habitantes de Minamata, caracterizada por um comprometimento grave do sistema nervoso central. Embora não fosse a intenção das autoridades, essa postura contribuiu para estigmatizar permanentemente a região, pois a tal “doença estranha” passou a ser conhecida como Doença de Minamata ou Mal de Minamata. (HARADA, 1995)

## As investigações

Os fatos começaram a se esclarecer quando pesquisadores da Universidade de Kumadai se juntaram ao Comitê de Contramedidas para uma Doença Estranha e descobriram que se tratava de um caso de intoxicação em massa por algum agente químico. Graças à capacidade e ao conhecimento desses pesquisadores, ainda em 1956 foi anunciado que o agente químico responsável pela intoxicação era um metal pesado, distribuído na água ou nos alimentos consumidos pela população de Minamata.

Entre 1957 e 1958, diversas teorias foram propostas para identificar qual metal seria o agente responsável pela intoxicação em massa. Somente em 1959, foi confirmado que o agente era o mercúrio.

Uma vez no meio ambiente, o mercúrio II pode sofrer uma série de reações químicas sendo a mais comum é sua transformação em um derivado iônico chamado monometilmercúrio ou simplesmente metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ), essa conversão do  $\text{Hg}^{+2}$  em metilmercúrio pode ocorrer por processos abióticos ou bióticos, (HAMDY & NOYES, 1975), em termos gerais a via principal de formação do metilmercúrio é o processo biótico, como mostrado na Figura 2:

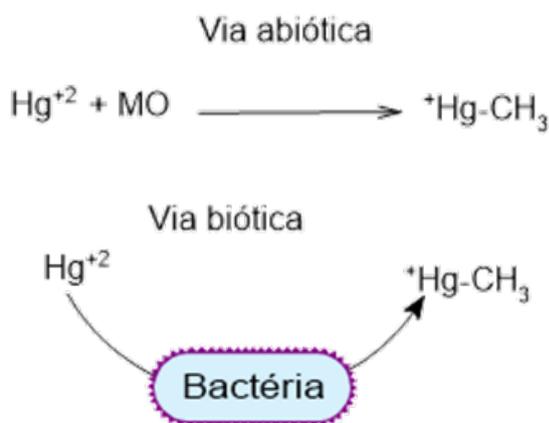


Figura 2: Vias de conversão do cátion mercúrio em metil-mercúrio no meio ambiente.

Uma análise do teor de mercúrio nas águas da Baía de Minamata, nos sedimentos do fundo da baía e nos peixes e mariscos revelou quantidades alarmantes de mercúrio. Nos sedimentos, a concentração encontrada foi de 2 kg por tonelada de sedimento o equivalente a 2 ppm, enquanto nos peixes a concentração era de 100 ppm (100 mg por kg de peixe). Para se ter uma ideia do risco à saúde, o nível aceitável de mercúrio em alimentos, na maioria dos países hoje, é de 0,5 ppm (0,5 mg por kg), quantidade que, mesmo no pior cenário, já justifica a intervenção das autoridades. (TOMIYASU et al., 2000)

A partir desse ponto, foi uma questão de tempo descobrir que a fonte da contaminação era a fábrica da Nichitsu. Os pesquisadores já sabiam que a planta de produção de acetaldeído utilizava sulfato de mercúrio como catalisador.

### Os 7 pontos da tragédia.

Juntando todas as peças, o desastre pode ser resumido na seguinte cadeia de eventos.

1. A fábrica da Nichitsu despejava águas residuais contendo mercúrio proveniente da planta de produção de acetaldeído desde 1932, quando o processo foi implementado.

2. Durante mais de uma década, o mercúrio acumulou-se nas águas e nos sedimentos, transferindo-se para o plâncton, mariscos, peixes menores e maiores, por meio dos processos de bioacumulação e biomagnificação, hoje bem conhecidos.

3. As análises mostraram que o teor de mercúrio na água da baía era inversamente proporcional à distância da fábrica da Nichitsu.

4. Minamata era um importante polo pesqueiro, com um entreposto de pesca muito movimentado na região da baía.

5. A dieta japonesa tem como principal fonte de proteína animal peixes e frutos do mar, o que significa que o consumo desses alimentos era culturalmente difundido e generalizado.

6. O tempo decorrido até que os primeiros sinais de intoxicação surgissem deveu-se ao período necessário para que o processo de bioacumulação ocorresse em seres humanos.

7. Gatos domésticos, que naturalmente consomem peixes, por serem menores, necessitam de uma quantidade menor de mercúrio para apresentar sinais de intoxicação. Assim, o processo de bioacumulação em gatos é mais rápido do que em humanos. Portanto, a “Doença do gato dançarino”, observada no início dos anos 1950 em Minamata, foi um alerta contundente de um desastre iminente, mas que passou despercebido.

O bom senso deveria bastar para que a Nichitsu, posteriormente renomeada para Chisso Corporation e atualmente conhecida como New Chisso Co., assumisse sua responsabilidade pelo desastre e reparasse os danos causados. No entanto, não foi isso que aconteceu. A empresa se envolveu em um longo processo judicial para compensar as vítimas. As autoridades japonesas da época também falharam. Como a companhia era uma das principais empregadoras locais, hesitaram em atribuir-lhe oficialmente a culpa, o que só foi admitido no final da década de 1960,

cerca de dez anos após as conclusões do comitê de investigação. (TETSUDA et al, 2009)

Durante o século XX, o Japão foi marcado por quatro grandes desastres de poluição ambiental, dos quais o de Minamata foi um deles, os outros foram:

#### *Doença Itai-Itai em 1912*

Na cidade de Toyama, uma contaminação em massa pelo metal pesado cádmio (Cd) foi causada pelo descarte inadequado de resíduos pela Mitsui Mining & Smelting Co., que operava uma mina de chumbo, cobre e zinco. O cádmio acumula-se no fígado e nos rins levando a extensos danos no sistema musculoesquelético, causando dores tão intensas que deram origem ao nome da doença: Itai-Itai ("dói-dói" em japonês). Assim como em Minamata, a morosidade das autoridades fez com que apenas na década de 1960 os responsáveis foram punidos e os afetados receberam reparações. (KAJI, 2012; NISHIJO et al. 2017)

#### *Asma de Yokkaichi em 1960*

Na cidade de Yokkaichi, um aumento alarmante de casos de asma brônquica, enfisema pulmonar e outras doenças respiratórias foi atribuído à alta concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) emitido por dois complexos petroquímicos construídos entre 1955 e 1963 pela Showa Oil Co. Após a confirmação do problema, uma legislação foi aprovada no final da década de 1960 exigindo a dessulfurização dos gases industriais. (KITAGAWA, 1984; GUO et al., 2008)

#### *Doença de Minamata na cidade de Niigata em 1960*

Um caso semelhante ao desastre de Minamata ocorreu na província de Niigata. Uma planta química industrial operada pela Showa Electrical Co. utilizava o mesmo processo de produção de acetaldeído catalisado por sulfato de mercúrio, descartando resíduos diretamente nos corpos hídricos da bacia do rio Agano. Isso levou à intoxicação de cerca de 700 pessoas. Contudo, dessa vez, a resposta das autoridades foi mais rápida, e em menos de três anos a empresa foi identificada, responsabilizada e as vítimas começaram a receber algum tipo de assistência. (HARADA 1995)

Esses desastres não apenas expuseram as graves falhas de regulamentação e fiscalização industrial da época, mas também resultaram em mudanças profundas na legislação ambiental japonesa. Eles estabeleceram importantes precedentes para a proteção ambiental e a responsabilização corporativa no país.

O desastre de Minamata, em particular, deixou como legado a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, um tratado global em vigor desde 2017. Nesse acordo, mais de 100 países, incluindo o Brasil, comprometeram-se a reduzir drasticamente o uso do mercúrio em processos industriais, materiais e outras aplicações, como termômetros domésticos, substituindo-o por alternativas menos prejudiciais. (EVERS et. al, 2016)

O Desastre de Minamata impôs lições inescapáveis, deixando às gerações futuras o dever incontornável de garantir que uma tragédia semelhante jamais se repita. Caso um evento como esse volte a ocorrer, a negligência, a imperícia ou a ignorância não serão aceitas como desculpas; os responsáveis enfrentarão não apenas o peso implacável da Lei, mas também o julgamento imortal da história e o tormento eterno de suas próprias consciências.

#### **Sugestões de abordagem a sala de aula**

A história por trás do desastre de Minamata oferece bons temas para serem trabalhados de forma contextualizada em aulas de química e em trabalhos interdisciplinares:

- estudo do papel de catalisadores na produção química e os impactos do descarte inadequado de resíduos industriais no meio ambiente;
- estudo do assunto ecologia introduzindo os conceitos de bioacumulação e biomagnificação de poluentes ao longo da cadeia alimentar e seus efeitos nos ecossistemas; podendo ser trabalhado de forma interdisciplinar com biologia;
- estudo de tópicos em Saúde Pública como os efeitos do mercúrio no sistema nervoso central e a relação entre poluentes industriais e saúde humana, podendo ser trabalhado de forma interdisciplinar com biologia;
- análise do desenvolvimento tecnológico do Japão no contexto histórico da Era Meiji, o impacto da industrialização e a relação entre desen-

volvimento econômico e negligência ambiental característica de boa parte do século XX, podendo ser trabalhado de forma interdisciplinar com História;

— Legislação Ambiental e Ética importância da regulamentação ambiental e da responsabilidade social na indústria química, podendo ser trabalhado de forma interdisciplinar com geografia e sociologia.

### **Bibliografia**

CRESPO, E.; SANTIAGO, M. C.; MAZAT, N. A dimensão geopolítica da experiência de desenvolvimento econômico durante a restauração Meiji (1868-1912). *Revista da Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro*, v. 22, n. 3, p. 607–642, 2016. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/451>. Acesso em: 21 dez. 2024.

EVERS, D. C.; KEANE, S. E.; BASU, N.; BUCK, D. Evaluating the effectiveness of the Minamata Convention on Mercury: Principles and recommendations for next steps. *Science of the Total Environment*, v. 569–570, p. 888–903, 2016.

GUO, P.; YOKOYAMA, K.; SUENAGA, M.; KIDA, H. Mortality and life expectancy of Yokkaichi Asthma patients, Japan: Late effects of air pollution in 1960–70s. *Environmental Health*, v. 7, p. 8, 2008. DOI: 10.1186/1476-069X-7-8.

HAMDY, M. K.; NOYES, O. R. Formation of Methyl Mercury by Bacteria. *Applied Microbiology*, v. 30, n. 3, p. 424–432, 1975.

HARADA, M. Minamata Disease: Methylmercury Poisoning in Japan Caused by Environmental Pollution. *Critical Reviews in Toxicology*, v. 25, n. 1, p. 1–24, 1995. DOI: 10.3109/10408449509089885.

KAJI, M. Role of experts and public participation in pollution control: The case of Itai-itai disease in Japan. *Ethics in Science and Environmental Politics*, v. 12, n. 2, p. 99–111, 2012.

KITAGAWA, T. Cause Analysis of the Yokkaichi Asthma Episode in Japan. *Journal of the Air Pollution Control Association*, v. 34, n. 7, p. 743–746, 1984.

MOLONY, B. Nitchitsu's Profitability and Expansion (1912-1923). In: *Technology and Investment: The Prewar Japanese Chemical Industry*. Harvard University Asia Center, v. 145, p. 85–146, 1990. DOI: 10.2307/j.ctt1tg5m03.6.

NISHIJO, M.; NAKAGAWA, H.; SUWAZONO, Y.; NOGAWA, K.; KIDO, T. Causes of death in patients with Itai-itai disease suffering from severe chronic cadmium poisoning: a nested case-control analysis of a follow-up study in Japan. *BMJ Open*, v. 7, n. 7, e015694, 2017. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-015694.

RABINOWITZ, P. M.; SCOTCH, M. L.; CONTI, L. A. Animals as sentinels: using comparative medicine to move beyond the laboratory. *ILAR Journal*, v. 51, n. 3, p. 262–267, 2010.

SHIMOTANI, M. *Technology and Investment: The Prewar Japanese Chemical Industry*. By Barbara Molony. Council on East Asian Studies: Harvard University Press, v. 51, n. 1, p. 167–169, 1992.

TAKIZAWA, Y. Understanding Minamata Disease and Strategies to Prevent Further Environmental Contamination by Methylmercury. *Water Science & Technology*, v. 42, n. 7-8, p. 139–146, 2000. DOI: 10.2166/wst.2000.0562.

TOMIYASU, T.; OKAZAKI, M.; SAKAMOTO, M. Mercury Pollution in Minamata Bay and Its Impacts on the Aquatic Ecosystem: A Review. *Science of the Total Environment*, v. 259, n. 1-3, p. 121–131, 2000. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00596-3.

TSUDA, T.; YORIFUJI, T.; TAKAO, S.; MIYAI, M.; BABAZONO, A. Minamata Disease: Catastrophic Poisoning Due to a Failed Public Health Response. *Journal of Public Health Policy*, v. 30, n. 1, p. 54–67, 2009. DOI: 10.1057/jphp.2008.43.