

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

LUCAS ELIEZER PERIN DINIZ

**PRINCIPAIS AVANÇOS DA QUÍMICA DURANTE AS GRANDES
GUERRAS MUNDIAIS**

CERRO LARGO

2023

LUCAS ELIEZER PERIN DINIZ

**PRINCIPAIS AVANÇOS DA QUÍMICA DURANTE AS GRANDES
GUERRAS MUNDIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química, para atuar no Ensino Médio e em Ciências, nos anos finais do Ensino Fundamental.

Orientador: Prof. Dr. Ildemar Mayer

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Diniz, Lucas Eliezer Perin
PRINCIPAIS AVANÇOS DA QUÍMICA DURANTE AS GRANDES
GUERRAS MUNDIAIS / Lucas Eliezer Perin Diniz. -- 2023.
25 f.:il.

Orientador: Doutor em Química Inorgânica Ildemar
Mayer

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Licenciatura em Química, Cerro Largo,RS, 2023.

1. Química Inorgânica. 2. Bombas Atômicas. 3. Química
Orgânica. 4. Gases tóxicos. I. Mayer, Ildemar, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

LUCAS ELIEZER PERIN DINIZ

**PRINCIPAIS AVANÇOS DA QUÍMICA DURANTE AS GRANDES
GUERRAS MUNDIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Licenciado em Química, da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e aprovado pela banca em:

14/07/2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ildemar Mayer – UFFS
Orientador



Profª Dra. Rosália Andrighetto – UFFS
Avaliadora



Profª Dra. Mariana Boneberger Behm – UFFS
Avaliadora

Dedico este trabalho a todas as pessoas que
lutaram pelo fim das Grandes Guerras.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador, Ildemar Mayer, pelas ótimas orientações e sugerir alterações muito bem vindas e qualificadas sobre variadas partes da Química.

Agradeço também pelo apoio de minha família (Vionei, Ivanete, Leonardo e Larissa), desde o início da faculdade. Todos eles apoiaram a escolha do curso e o seu decorrer.

Sou muito grato também pelos professores excelentes que me deparei no decorrer do curso de Química (de outros cursos também). Todos eles possuem muito conhecimento e uma didática exemplar. Com destaque para os professores Ildemar, Rosália, Benhur, Liziara, Tiago.

Não é porque você errou uma ou duas vezes que você perdeu o seu valor! O seu passado não define quem você é (VIEIRA, 2015).

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresenta algumas contribuições da Química envolvidas no desenvolvimento de substâncias durante as Grandes Guerras Mundiais, além de uma proposta experimental envolvendo a produção de gás cloro, como possível eixo norteador para a Educação Básica. Inicialmente, é abordado sobre a Primeira Guerra Mundial e seus respectivos aspectos positivos e negativos, destacando-se, principalmente, a produção de compostos orgânicos usados como forma de ataque, de maneira majoritária. Na segunda parte, são descritos compostos químicos também produzidos na Segunda Guerra Mundial. Um dos focos principais desse bloco do TCC são as duas bombas atômicas, detonadas no Japão e alguns fatos que permearam sua produção e explosão. Posteriormente, é apresentada a proposta experimental para a produção de gás cloro, seu breve histórico e contexto, e seu uso alternativo para a síntese de outros compostos.

Palavras-chave: Gás; Química Inorgânica; Estrutura Química; Bombas Atômicas.

ABSTRACT

This End-of-Course Work (ECW) presents some contributions of Chemistry involved in the development of substances during the Great World Wars, as well as an experimental proposal involving the production of chlorine gas, as a possible guiding axis for Basic Education. Initially, it is discussed about the First World War and its respective positive and negative aspects, highlighting, mainly, the production of organic compounds used as a form of attack, in a majority way. In the second part, are described chemical compounds also produced in World War II. One of the main focuses of this block of ECW are the two atomic bombs detonated in Japan and some facts that permeated their synthesis and explosion. Posteriorly, it is presented an experimental proposal for the production of chlorine gas, its brief history and context, and its alternative use for the synthesis of other compounds.

Keywords: Gas; Inorganic Chemistry; Chemistry Structure; Atomic Bombs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura química do fulminato de mercúrio(II).

Figura 2 – Estrutura química do gás mostarda.

Figura 3 – Mecanismos simplificados da síntese do $\text{NH}_3(\text{g})$.

Figura 4 – Estrutura química da morfina.

Figura 5 – Plantação de ópio.

Figura 6 – Máscaras de gás na Primeira Guerra Mundial.

Figura 7 – Estrutura química do DDT.

Figura 8 – Estrutura química do gás soman.

Figura 9 – Rota reacional do gás tabun.

Figura 10 – *Little Boy* e *Fat Man*.

Figura 11 – Robert Oppenheimer.

Figura 12 – Avião B-29 *Enola Gay*.

Figura 13 – Esquema para a reação do $\text{HCl}(\text{aq})$ concentrado e $\text{MnO}_2(\text{s})$.

Figura 14 – Síntese dos compostos à base de cloretos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

atm	Atmosfera
°C	Graus Celsius
m	Metro
kg	Quilograma
t	Tonelada
NH ₃	Amônia
TNT	Trinitrotolueno
NaCl	Cloreto de sódio
FeCl ₃	Cloreto de ferro(III)
CuCl ₂	Cloreto de cobre(II)
²³⁵ U	Urânio 235
DDT	Diclorodifeniltricloroetano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVAS	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL.....	14
2.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL.....	17
2.3 EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO DE GÁS CLORO.....	20
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
ANEXO A – OBTENÇÃO E PROPRIEDADES DO CLORO.....	26

1 INTRODUÇÃO

A Guerra Química é um dos tipos de guerras mais letais relacionada à atividade bélica. Durante tais períodos de conflitos é possível observar os mais variados avanços e aperfeiçoamentos de agentes químicos que ocorreram nas duas Grandes Guerras Mundiais. Historicamente, as armas químicas ficaram mais evidentes em 1915, na Primeira Guerra Mundial, quando o exército alemão utilizou gás cloro contra as tropas aliadas na Bélgica. Entretanto, foi a partir da Segunda Guerra que foram produzidos derivados químicos muito mais potentes, como os agentes organofosforados neurotóxicos (SILVA *et al.*, 2012).

As Grandes Guerras geraram enormes consequências para a sociedade e criaram o que se conhece, atualmente, como a Guerra Química Moderna, marcando o “antes” e o “depois” na história humana (VILCHES; ALBURQUERQUE; RAMIREZ-TAGLE, 2016). Em virtude disso e de outros fatos pertinentes a tais períodos, esse trabalho aborda, como foco principal, a Química envolvida no contexto das Grandes Guerras Mundiais e o desenvolvimento de um experimento de Química correlato ao período das Grandes Guerras Mundiais, como possível eixo norteador ao Ensino de Química na Educação Básica. Nesse sentido, a metodologia que baseou este trabalho foi a Revisão Bibliográfica, sem o critério “tempo de publicação”, no mecanismo de busca *Google Acadêmico*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar avanços no desenvolvimento e aplicação da Química, durante a Primeira e Segunda Guerras Mundiais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender a Química envolvida no contexto das Grandes Guerras Mundiais;
- Realizar um experimento de Química pertinente ao período das Grandes Guerras Mundiais, como possível eixo norteador ao Ensino de Química na Educação Básica.

1.2 JUSTIFICATIVAS

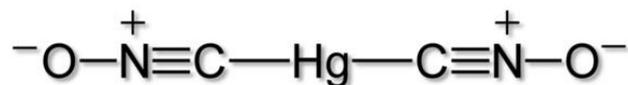
- Grande interesse nas Grandes Guerras Mundiais, retratadas em filmes (fictícios ou não) e documentários;
- Grande afinidade com a Química, como um todo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL

Na Primeira Guerra Mundial, que ocorreu no período de 1914 a 1918, em relação aos metais e ligas, foi muito evidente o uso de ferro e aço para proteção das tropas de soldados, não só nos capacetes e outras proteções corporais, mas em estruturas de proteção de arames farpados, nas linhas de frente de ataque, principalmente. Além disso, o fulminato de mercúrio(II) (Figura 1), complexo inorgânico de centro metálico contendo mercúrio, foi utilizado como um explosivo químico muito potente, em armas de fogo. Esse complexo é resultado da reação química entre mercúrio, etanol e ácido nítrico (FREEMANTLE, 2016).

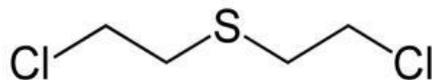
Figura 1 – Estrutura química do fulminato de mercúrio(II).



Fonte: adaptado de Lauring (2013).

Em abril de 1917, começou a ser inserido, no grande conflito, o gás mostarda (Figura 2). Esse composto começou a ser conhecido no período como o “Rei dos Gases” por causar as baixas (ou mortes) de mais de 100.000 britânicos na Primeira Guerra. Além disso, deve-se citar que na Segunda Guerra Mundial houve uma redução no emprego de agentes químicos para ataque (SILVA, 2012).

Figura 2 – Estrutura química do gás mostarda.

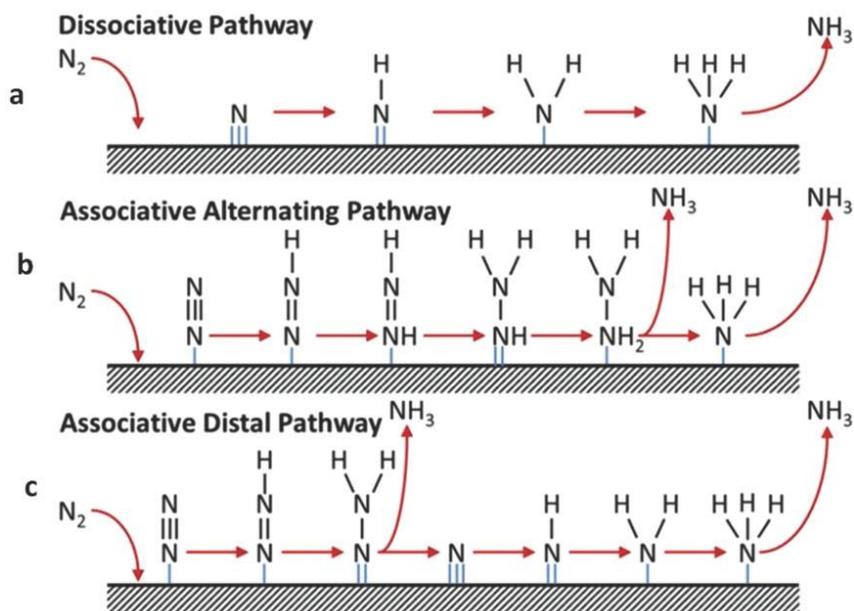


Fonte: Andrade [s. a.].

Além desse aspecto, no final da Primeira Revolução Industrial, muitos agricultores já sabiam da importância do azoto (nitrogênio) na fertilização de terrenos agrícolas. Em 1912, relata-se que foi construída a primeira indústria de produção da amônia, por meio do processo Haber-Bosch, que já produzia uma tonelada por dia de

NH_3 . Anos antes, o químico Fritz Haber já havia testado essa síntese, utilizando ósmio como catalisador, a uma pressão de 175 atm e uma temperatura de 550 °C. Para a área da Química Inorgânica, isso foi considerado um grande avanço. A Figura 3 representa, simplificada, a síntese do NH_3 . Posteriormente, tal processo influenciou na conversão do NH_3 em ácido nítrico, precursor da pólvora e de outros explosivos (exemplos: TNT, nitroglicerina). Tais processos, na Primeira Guerra Mundial, foram muito explorados (RIBEIRO, 2013).

Figura 3 – Mecanismos simplificados da síntese do $\text{NH}_3(\text{g})$.

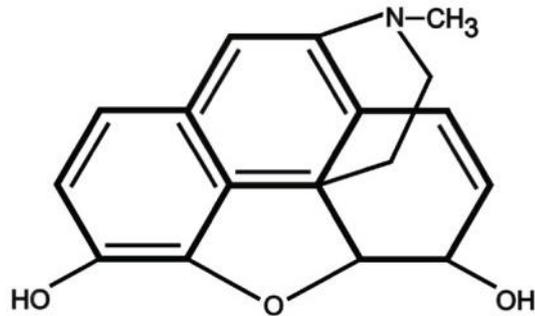


Fonte: Yan *et al.* (2018).

As três partes destacadas em cinza da Figura 3 significam uma representação da superfície catalítica. É pertinente destacar que, concomitante ao gás nitrogênio, o gás hidrogênio também interage com a superfície catalítica e, com o tempo, os átomos de hidrogênio ligam-se ao nitrogênio ocorrendo a liberação do NH_3 .

Ademais, médicos e cirurgiões começaram a utilizar compostos de ocorrência natural e sintéticos para tratar dores e ferimentos dos soldados doentes em batalha. Um dos exemplos mais marcantes foi a morfina (Figura 4) que é extraída do ópio (Figura 5) (FREEMANTLE, 2016).

Figura 4 – Estrutura química da morfina.



Fonte: Skrabalova, Drastichova, Novotny (2013).

Figura 5 – Plantação de ópio.



Fonte: Petruzzello (2023).

Cabe, ainda, salientar que a Primeira Guerra Mundial introduziu os primeiros aviões militares e seus respectivos submarinos mais desenvolvidos, além de um dos símbolos de violência da mesma Guerra (as máscaras de gás – Figura 6), que era recorrentemente utilizada nos campos de batalha. As primeiras máscaras eram rudimentares e foram evoluindo no decorrer do tempo. Nesse sentido, os principais efeitos das armas químicas, em especial os gases, causavam danos mais psicológicos (baixa significativa da moral dos soldados, estado de choque, dentre outros, por exemplo) (VILCHES; ALBURQUERQUE; RAMIREZ-TAGLE, 2016).

Figura 6 – Máscaras de gás na Primeira Guerra Mundial.

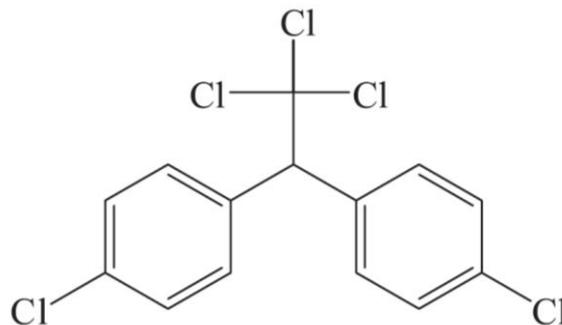


Fonte: Schenfeld (2018).

2.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

No ano de 1939, houve um marco muito pertinente para Química: foi produzido o inseticida 1,1,1-tricloro-2,2-di(*p*-clorofenil)etano (mais conhecido como DDT, classificado como um organoclorado) (Figura 7). Ele foi fundamental para o uso no ano de 1943, na Segunda Guerra Mundial, para combater piolhos que afetavam as tropas norte-americanas, na Europa, uma vez que eles transmitiam uma doença chamada tifo exantemático (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

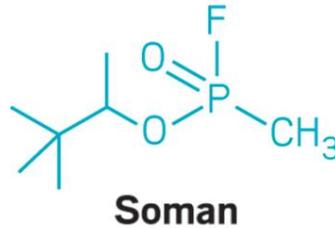
Figura 7 – Estrutura química do DDT.



Fonte: Braibante e Zappe (2012).

No ano de 1944, Richard Kuhn, químico alemão, sintetizou o soman (um poderoso agente neurotóxico), cujo nome oficial é 2-(flúormetilfosforil)oxi-3,3-dimetilbutano (Figura 8). Isso ocorreu devido ao aumento dos interesses dos alemães em utilizar substâncias químicas como armas (SILVA *et al.*, 2012).

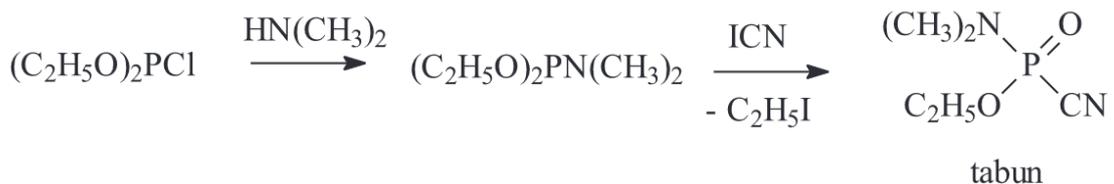
Figura 8 – Estrutura química do gás soman.



Fonte: Everts (2016).

Também foi utilizado na Segunda Guerra o tabun ou também conhecido como gás do nervo. Ele age no sistema nervoso, neurotxicamente, e sua preparação (Figura 9) segue com base na reação de fosforilcloridretos de dialquila com aminas (SANTOS *et al.*, 2007).

Figura 9 – Rota reacional do gás tabun.



Fonte: Santos *et al.* (2007).

Logo no início da Segunda Guerra, houve muitos aprimoramentos militares, conferindo destaques nas áreas da Física e da Química. Cientistas e engenheiros, por meio de subsídios da Ciência, tornaram possível a produção das duas grandes Bombas Atômicas, a *Fat Man* e a *Little Boy* (Figura 10) (RIGUE; CORRÊA, 2018).

Figura 10 – *Little Boy* e *Fat Man*.



Fonte: <<https://www.sutori.com/en/story/the-little-boy-and-fat-man--VGuybmQ1wtqYoepGoPfEKW4>>.

Nesse sentido, o Projeto Manhattan, liderado por Robert Oppenheimer (Físico Teórico – Figura 11), possibilitou a construção das Bombas Atômicas. Este projeto se desenvolveu na cidade do Novo México, sendo a Química Atômica responsável pela liberação de grande quantidade de energia, por meio do rompimento do átomo da Bomba Atômica (RIGUE; CORRÊA, 2018). Vale destacar também que “as investigações sobre cinética e mecanismos de reações inorgânicas tornaram-se possíveis graças ao uso de isótopos, como ^2H , ^{18}O e ^{36}Cl ”, como consequência de vários estudos, durante a Segunda Guerra Mundial, envolvendo Fissão Nuclear (BERALDO, 2011, p. 29).

Figura 11 – Robert Oppenheimer.



Fonte: adaptado de <<https://www.history.co.uk/articles/robert-oppenheimer-father-of-the-atomic-bomb>>.

Quanto à detonação da bomba, na Segunda Guerra em si, começou

“Na manhã de 6 de agosto de 1945, em Hiroshima, Japão, um avião americano B-29, chamado Enola Gay [Figura 12], soltou uma bomba atômica denominada “Little Boy”, que detonou 580 m acima do centro da cidade. “Little Boy” [...] pesava 4,3 t e tinha uma potência equivalente a 12,5 mil t de TNT, provido de uma bala de 2,26 kg de ^{235}U , disparada em um alvo de 7,71 kg de ^{235}U . Quando as duas peças se encontram, ocorre uma reação em cadeia. Como resultado do ataque, pela liberação intensa de calor e ocorrência de incêndios, a cidade de Hiroshima foi destruída e 90 mil pessoas morreram naquele mesmo dia.” (XAVIER *et al.*, 2007, p. 85)

O segundo ataque ocorreu três dias depois, em Nagasaki, pela *Fat Man*. No final de 1945, mais de 200 mil pessoas morreram por conta dos dois ataques massivos. Assim, danos severos foram causados não só em humanos, mas também no próprio meio ambiente (XAVIER *et al.*, 2007).

Figura 12 – Avião B-29 *Enola Gay*.



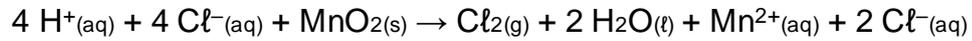
Fonte: Tikkanen (2023).

Antes dessas detonações, foi criada outra bomba atômica. A primeira bomba, conhecida como *Gadget*, foi detonada experimentalmente no estado do Novo México, nos Estados Unidos, em 16 de julho de 1945. Oppenheimer foi quem conduziu o projeto, assim que convidou um grupo de cientistas americanos. A bomba era composta por duas bolas de plutônio recobertas por níquel, cujo centro havia um núcleo de berílio e urânio (XAVIER *et al.*, 2007).

2.3 EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO DE GÁS CLORO

As armas químicas ganharam relevância na Primeira Guerra Mundial, com o descarregamento de 180 toneladas de gás cloro (Cl_2) contra tropas aliadas, na

Bélgica, pelo exército alemão, em abril de 1915, conforme Silva *et al.* (2012). Nesse viés, faz-se pertinente entender melhor esta parte da guerra com um experimento, simplificado, de produção de gás cloro. Uma de suas formas de obtenção é a partir do ácido clorídrico e do dióxido de manganês:

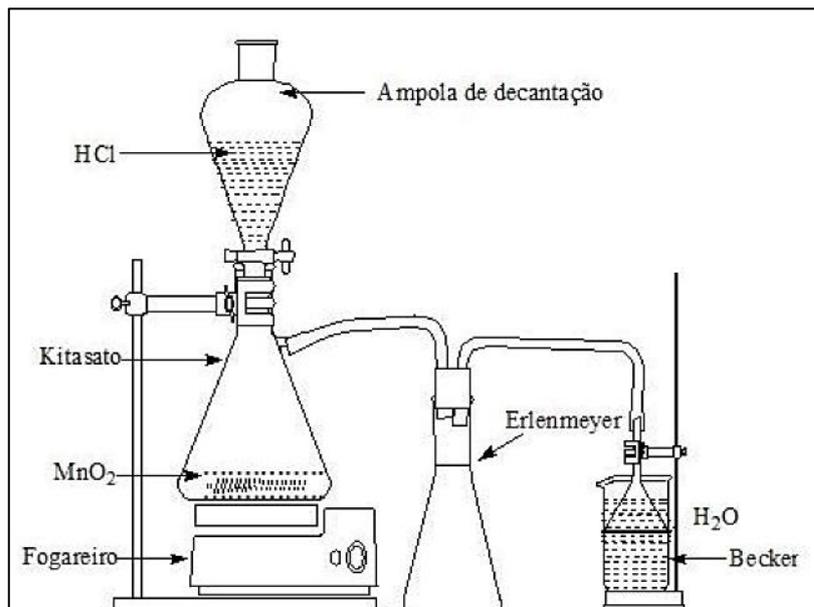


O procedimento experimental descrito por Sussuchi e Santos (2017, p. 2) baseia-se em:

- Gotejar ácido clorídrico concentrado em 5,0 g de dióxido de manganês sólido, contido no kitassato;
- Aquecer o sistema e observar o desprendimento de um gás de cor amarela-esverdeado e de cheiro característico, que deve ser recolhido num béquer contendo água.

O procedimento é melhor representado pela Figura 13, a qual mostra os aparatos e os reagentes propostos.

Figura 13 – Esquema para a reação do $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ concentrado e $\text{MnO}_{2(\text{s})}$.

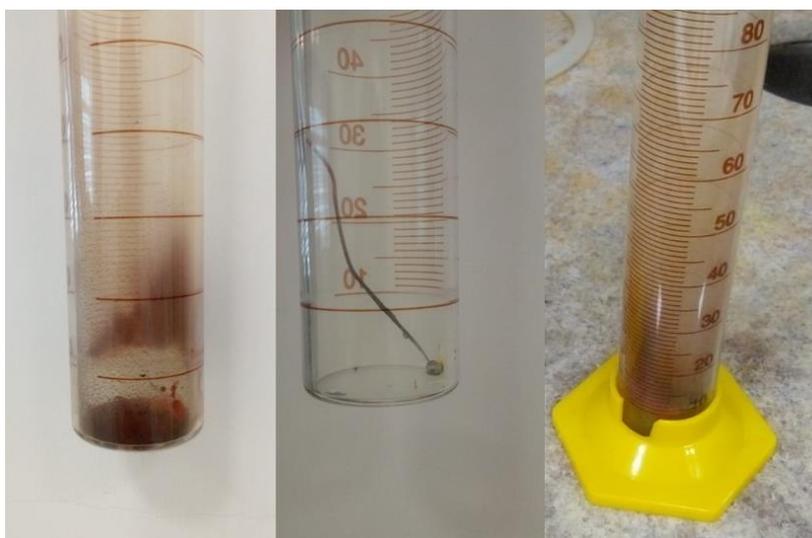


Fonte: adaptado de Sussuchi e Santos (2017).

A síntese de gás cloro foi realizada em um dos laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, mediada pelo professor orientador.

Posteriormente, foram testadas diferentes propriedades envolvendo o cloro, em diferentes reações químicas. Primeiro, foi sintetizado o gás cloro, coletado em três provetas, e, depois, feita a síntese do FeCl_3 , CuCl_2 e NaCl (Figura 14 e Anexo A). O béquer com água é apenas uma representação da Figura 13, sendo uma das possibilidades de produção de água clorada.

Figura 14 – Síntese dos compostos à base de cloretos.



Fonte: o autor (2023).

Reagentes e materiais utilizados (após síntese do Cl_2):

- Pedaco pequeno de sódio metálico;
- Pequena palha de aço incandescente;
- Fio de cobre incandescente;
- Três provetas;
- Três pedaços de filme plástico.

Nesse sentido, pode-se entender melhor algumas propriedades envolvendo reações com a molécula de cloro, sendo todas muito exotérmicas, mesmo com pequena quantidade de reagente utilizado. Outrossim, por serem experimentos relativamente simples e pertinentes, podem ser aplicados como uma proposta experimental para a Educação Básica, no primeiro ano do Ensino Médio, por exemplo, entendendo um pouco da relevância que o gás cloro teve na Primeira Guerra Mundial.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todos os tópicos discorridos, é perceptível que a Química teve um papel extremamente marcante no desenvolvimento e conclusão das Grandes Guerras Mundiais. Ela teve relevância não só em ataques com produtos químicos, mas também em formas de remediação, proteção e curas de ferimentos em geral, principalmente, em se tratando da Primeira Guerra. É notável também que muitas partes da Química foram determinantes para estes grandes conflitos, como a Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química. Nesse viés, as pesquisas dos cientistas foram fundamentais em todas as etapas de síntese e aplicação dos compostos utilizados para as guerras.

É indubitável também as grandes consequências que a Segunda Guerra Mundial causou para a humanidade naquele período, na disputa final das grandes potências mundiais, destacando-se, como ícones desta guerra as bombas nucleares (em especial a *Fat Man* e a *Little Boy*). Ainda, milhares de pessoas mortas no final do ano de 1945 foi uma das maiores tragédias resultantes. Por outro lado, vale lembrar que vários outros compostos químicos continuaram sendo produzidos nessa guerra (compostos orgânicos, por exemplo, em especial o gás tabun e o soman).

Outrossim, foi possível a síntese de um experimento relativo à Primeira Guerra Mundial (Produção de Cl_2), sendo o mais viável sinteticamente, dos compostos estudados neste trabalho. Com ele, foi possível reconhecer possibilidades de uso alternativo do gás e entender algumas propriedades químicas relativas a ele.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Paula de. **Gás mostarda**. Química Nova Interativa, [s.a.]. Disponível em: <https://qnint.sbq.org.br/sbq_uploads/layers/imagem2238.jpg>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- BERALDO, Heloisa. **Tendências atuais e as perspectivas futuras da química inorgânica**. Ciência e cultura, v. 63, n. 1, p. 29-32, 2011.
- BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; ZAPPE, Janessa Aline. **A química dos agrotóxicos**. Química nova na escola, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.
- EVERTS, Sarah. **The Nazi origins of deadly nerve gas**. c&em, vol. 94, 2016.
- FREEMANTLE, Michael. **Chemistry & War: How Chemistry Underpinned the Great War**. *Chemistry International*, v. 38, n. 1, p. 8-12, 2016.
- LAURING, Max. **Fulminated Mercury**. *Chemistry In The Military!*, 2013. Disponível em: <<http://advchemorange1.blogspot.com/2013/01/fulminated-mercury.html>>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- PETRUZZELLO, Melissa. **Opium poppy**. *Britannica*, 2023. Disponível em: <<https://www.britannica.com/plant/opium-poppy>>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- RIBEIRO, Daniel. **Processo de Haber-Bosch**. Revista de Ciência Elementar, v. 1, n. 1, 2013.
- RIGUE, Fernanda Monteiro; CORRÊA, Guilherme Carlos. O Ensino de Química no período desenvolvimentista Brasileiro: **Enunciações e Discursos**. Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional, v. 13, n. 35, p. 224-234, 2018.
- SANTOS, Viviane Martins Rebello dos *et al.* Compostos organofosforados pentavalentes: **histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais**. Química Nova, v. 30, p. 159-170, 2007.
- SCHENFELD, Murilo Hubert. **Máscaras de Gás na Primeira e Segunda Guerra**. Zheit, 2018. Disponível em: <<https://zheit.com.br/post/mascaras-de-gas-na-primeira-e-segunda-guerra>>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- SILVA, Gustavo Rocha *et al.* Defesa química: **histórico, classificação dos agentes de guerra e ação dos neurotóxicos**. Química Nova, v. 35, p. 2083-2091, 2012.
- SKRABALOVA, Jitka; DRASTICHOVA, Zdenka; NOVOTNY, Jiri. **Morphine as a potential oxidative stress-causing agent**. *Mini-reviews in organic chemistry*, v. 10, n. 4, p. 367-372, 2013.
- SUSSUCHI, Eliana Midori; SANTOS, Danilo Oliveira. **Obtenção dos halogênios e suas propriedades**. UFS, 2017.

TIKKANEN, Amy. **Enola Gay**. *Britannica*, 2023. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/military-aircraft>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

VIEIRA, Paulo. **O Poder da Ação**. São Paulo: Editora Gente, 2015.

VILCHES, Diego; ALBURQUERQUE, Germán; RAMIREZ-TAGLE, Rodrigo. *One hundred and one years after a milestone: **Modern chemical weapons and World War I***. *Educación química*, v. 27, n. 3, p. 233-236, 2016.

XAVIER, Allan Moreira *et al.* **Marcos da história da radioatividade e tendências atuais**. *Química Nova*, v. 30, p. 83-91, 2007.

YAN, Dafeng *et al.* **Defect Engineering Strategies for Nitrogen Reduction Reactions under Ambient Conditions**. *Small Methods*, p. 753-761, 2018.

ANEXO A – OBTENÇÃO E PROPRIEDADES DO CLORO



Universidade Federal da Fronteira Sul - Cerro Largo
Curso de Química Licenciatura - TCC I
Aluno: Lucas Diniz
Prof. Ildemar



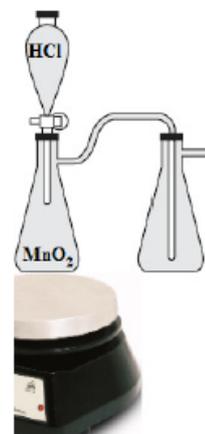
Obtenção e Propriedades do Cloro!

a. Síntese do Cloro Cl_2 : Monte o sistema conforme mostrado na figura ao lado na capela.

Em um funil de adição, coloque 50 mL de HCl concentrado e dentro de um kitassato coloque 5,0 g de MnO_2 . Aqueça.

Inicie lentamente o gotejamento do ácido sobre o sólido, coletando o gás em:

- Três provetas contendo filme plástico. Observe.
- Um béquer contendo 200 mL de água destilada. Observe.



b. Síntese do $NaCl$: Adicione um pequeno pedaço de sódio metálico em uma das provetas contendo gás cloro. Observe.

c. Síntese do $FeCl_3$: Adicione um pequeno pedaço de palha de aço incandescente em uma das provetas contendo gás cloro. Observe.

d. Síntese do $CuCl_2$: Adicione um pedaço de fio de cobre metálico incandescente em uma das provetas contendo gás cloro. Observe.