

Bernardo Jerosch Herold

Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico  
Universidade de Lisboa

e

Academia das Ciências de Lisboa

# A GRANDE GUERRA DE 1914-1918

  

## E A INDÚSTRIA QUÍMICA

3.º COLÓQUIO

SOBRE

A GRANDE GUERRA

DE 1914-1918

11 DE NOVEMBRO DE 2017



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS  
DE LISBOA



## **FICHA TÉCNICA**

### **TÍTULO**

**A GRANDE GUERRA DE 1914-1918 E A INDÚSTRIA QUÍMICA**

### **AUTOR**

Bernardo Jerosch Herold

### **EDITOR**

ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA

### **EDIÇÃO E REVISÃO**

Ana de Castro Salgado

### **ISBN**

978-972-623-358-9

### **ORGANIZAÇÃO**



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS  
DE LISBOA

Academia das Ciências de Lisboa

R. Academia das Ciências, 19

1249-122 LISBOA

Telefone: 213219730

Correio eletrónico: [geral@acad-ciencias.pt](mailto:geral@acad-ciencias.pt)

Internet: [www.acad-ciencias.pt](http://www.acad-ciencias.pt)

Copyright © Academia das Ciências de Lisboa (ACL), 2018

Proibida a reprodução, no todo ou em parte, por qualquer meio, sem autorização do Editor.

# A Grande Guerra de 1914-1918 e a Indústria

## Química<sup>1</sup>

Bernardo Jerosch Herold  
Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico  
Universidade de Lisboa  
e Academia das Ciências de Lisboa

A Grande Guerra de 1914-1918 foi acompanhada de uma transformação profunda da indústria química na Europa e nos Estados Unidos. A guerra não só obrigou a um aumento de escala e modernização da produção de armamento, mas também de materiais mais diversos, como explosivos, propelentes, materiais sanitários, fármacos, têxteis, substitutos artificiais de curtumes, matérias corantes e outros. Para movimentar todo o pessoal, materiais e armas, foram também necessários combustíveis (carvão e petróleo) em quantidades nunca antes imaginadas. Além disso, o uso de produtos químicos tóxicos e vesicantes (lesivos da pele e olhos) nas operações militares também apresentou desafios à indústria química, não só na produção dos agentes químicos de combate, mas também dos destinados à proteção da ação dos mesmos sobre as pessoas, tanto nos filtros das máscaras de gás, como em fármacos necessários para tratamento dos gaseados. Este conjunto de materiais só podia ser produzido com o auxílio de matérias-primas que, em vários casos de excepcional importância, só estavam disponíveis em territórios que ou se situavam em território inimigo, ou eram inacessíveis através dum bloqueio das vias de comunicação, particularmente do bloqueio naval.

### Introdução

Ao pronunciar a palavra Química em ligação com a Grande Guerra, a maioria das pessoas pensa em primeiro lugar no sofrimento e na morte dos soldados gaseados e toda a desumanidade daquilo a que se passou a chamar «guerra química». No entanto, além do desenvolvimento e produção de agentes químicos tóxicos ou vesicantes, houve muitos outros sectores da química que foram desenvolvidos no âmbito do esforço de guerra. Uma vez terminada a guerra, felizmente muitos dos conhecimentos sobre produtos e processos novos assim adquiridos puderam ser utilizados para fins civis pacíficos. Estas inovações

---

<sup>1</sup> Comunicação proferida no 3.º Colóquio sobre a Grande Guerra de 1914-1918, na Academia das Ciências de Lisboa, realizado a 11 de novembro de 2017.

marcaram decisivamente o desenvolvimento da indústria química nos anos subsequentes à I Guerra Mundial.

Comparando a indústria química antes e depois da Grande Guerra de 1914-1918, depara-se efetivamente com paisagens industriais e comerciais completamente alteradas. Isso não teve como única razão o abandono das fabricações de bens que só serviam para fins bélicos, mas também a substituição de processos obsoletos de antes da guerra por processos mais eficientes. Muitos produtos antigos, que deixaram de ter interesse, puderam ser substituídos por outros melhores. Além disso, devido à queda dos impérios alemão, austro-húngaro, russo e otomano e a conseqüente alteração do desenho das fronteiras aduaneiras, as regiões industriais dos países mais desenvolvidos passaram a recorrer a fontes de matérias-primas situadas em zonas geográficas diferentes das anteriores à guerra e a abastecer mercados também diferentes. O desenvolvimento de processos químicos novos no âmbito do esforço de guerra também permitiu a certas indústrias fabricarem os seus produtos sem terem de recorrer às mesmas matérias-primas antes da guerra. Por isso, para se estudar o desenvolvimento da indústria química no século XX, é indispensável conhecerem-se as transformações que esta indústria sofreu por ação das solicitações resultantes da necessidade de abastecer as forças militares com tudo o que precisavam para manterem os combates, sem ao mesmo tempo prejudicar o abastecimento das populações civis com os bens de consumo essenciais para a sua sobrevivência.

Uma das necessidades mais prementes do poder militar das nações beligerantes foi a de aumentar dramaticamente a escala de produção, não só de aço, mas de muitos outros materiais e produtos. O exemplo mais óbvio é o dos explosivos e propelentes. Uma tentativa para apresentar dados estatísticos globais na presente palestra deparar-se-ia, no entanto, com dificuldades consideráveis de os pesquisar, uma vez que as fontes estão muito dispersas. Em alguns casos, os registos existentes eram secretos e, quando o deixaram de ser, perderam-se. Mesmo obras bastante recentes especializadas na história da Química no contexto da Grande Guerra<sup>2</sup> são cautelosas nas suas estimativas e preferem tratar deste assunto, ilustrando-o com exemplificações variadas: na tristemente célebre batalha de Verdun, por exemplo, ao longo de 10 meses, ambos os lados juntos dispararam 23 milhões de obuses, isto é, 100 obuses por minuto – causando cerca de 500 000 mortos. Na última das terríveis batalhas, a de Ypres na Flandres, a artilharia britânica disparou 3,5 milhões de obuses em 10 dias.

Por meio destes exemplos, é fácil imaginar o aumento da escala de produção de explosivos e propelentes, mesmo não se dispondo de dados estatísticos globais referentes a toda a duração da guerra e a todas as forças armadas envolvidas. Mas, além de explosivos e propelentes, foram necessárias quantidades nunca antes imaginadas de materiais, como

---

<sup>2</sup> FREEMANTLE, 2015.

sejam os artigos sanitários, fármacos, têxteis, substitutos artificiais de curtumes, matérias corantes e outros.

## **As limitações ao aumento de escala da fabricação de explosivos e propelentes**

Os principais explosivos e propelentes que tiveram de ser produzidos em massa foram o TNT (1,3,5-trinitrotolueno), ácido pícrico (2,4,6-trinitrofenol), nitroglicerina (trinitrato de glicerilo), nitrocelulose (nitrato de celulose) e nitrato de amónio. A síntese de qualquer destas substâncias e de uma série de outras também usadas em munições exigem o ácido nítrico como agente nitrante do tolueno, da glicerina, da celulose, etc. Aquele, por sua vez, era obtido a partir do nitrato de sódio por reação com ácido sulfúrico. As maiores jazidas do mundo de nitrato de sódio encontram-se no deserto de Atacama no Chile e no Peru, de onde resultava um quase monopólio do Chile. Durante todo século que precedeu a I Guerra Mundial, esses nitratos constituíram a principal matéria-prima para a fabricação de explosivos, a começar pela pólvora negra cujo componente oxidante, o nitrato de potássio era obtido pela conversão do nitrato de sódio. Já pouco era usada no início do século XX porque foi substituída rapidamente pelos explosivos acima enumerados. A principal aplicação dos nitratos era, no entanto, como fertilizante químico. Durante a Grande Guerra, os poderes centrais – império alemão e austro-húngaro, bem como o reino da Itália – não tinham acesso aos portos chilenos, devido ao bloqueio naval imposto pela Grã-Bretanha. Ficavam assim numa posição de inferioridade em relação aos Aliados por não conseguirem abastecer a sua agricultura com fertilizantes e as suas fábricas de munições com explosivos e propelentes. A Alemanha, no início da guerra, tinha uma reserva estratégica de nitrato do Chile, que ainda conseguiu aumentar, ao apoderar-se das reservas de nitratos que encontrou na Bélgica depois de a invadir. Após o primeiro ano de guerra, tornou-se evidente que, sem o acesso ao nitrato do Chile, a Alemanha seria vencida por falta de munições. Perante esta perspectiva, o estado-maior alemão convocou o químico Carl Bosch (1874-1940), dirigente da empresa BASF [Badische Anilin und Soda Fabrik] em Ludwigshafen, para discutir a possibilidade de a indústria química resolver este dilema. Ora Fritz Haber (1868-1934) tinha inventado, em 1913, o processo que permitia fixar o nitrogénio do ar por meio da sua hidrogenação catalítica que dava origem ao amoníaco. O hidrogénio necessário podia ser produzido através da gasificação do carvão. Este chamado processo Haber-Bosch é usado, até aos dias de hoje, na produção industrial de amoníaco. Os fertilizantes à base do amoníaco tornaram-se tão essenciais para a agricultura que hoje, em média, quase metade dos átomos de nitrogénio em qualquer ser vivo passaram pelo menos uma vez por um reator Haber-Bosch. Sem a síntese de Haber-Bosch, hoje só seria, portanto, possível alimentar pouco mais de metade da população mundial. Em 1908, o químico alemão Wilhelm Ostwald (1853-1932) tinha inventado o processo de oxidação catalítica do amoníaco em que se forma ácido nítrico. Assim estava

aberto o caminho de a Alemanha poder abastecer-se de fertilizantes e explosivos, mesmo estando impossibilitado de usar o acesso marítimo ao Chile. Foi isso que comunicou Carl Bosch, em 1914, ao General Erich von Falkenhayn (1861-1922), ministro prussiano da guerra, prometendo-lhe que ia desenvolver e aumentar a escala destes dois processos para suprir a míngua de nitratos – *Salpeterversprechen*, promessa de salitre – causada pelo bloqueio continental. Dadas certas dificuldades que não permitiram um aumento tão acelerado da escala de produção como tinha prometido, a BASF, mesmo assim, só conseguiu, no final da Grande Guerra, cobrir cerca de um terço das necessidades da Alemanha para continuar a guerra e alimentar a sua população. Estima-se em 750 000 o número de mortes causadas na população alemã pela fome durante a guerra. A síntese do amoníaco e as suas transformações causaram uma mudança radical da indústria química pesada que continuou depois de finda a guerra, sobretudo pelos benefícios para o abastecimento alimentar da população de todo o mundo.

### **Outras consequências do bloqueio naval britânico**

O encerramento dos portos marítimos alemães não só causou problemas ao abastecimento da Alemanha com matérias-primas necessárias à condução das operações militares e à sobrevivência da população, como também prejudicou as suas relações comerciais com outros países. Como sempre, os obstáculos às trocas comerciais afetaram ambos os parceiros, neste caso a Alemanha e os Estados Unidos num período em que estes ainda não tinham entrado na guerra. O exemplo escolhido é o dos corantes sintéticos. A Alemanha, ao virar para o século XX, tinha-se tornado hegemónica na fabricação e exportação de corantes sintéticos, isto é, daquilo que se chamava «as anilinas». Os esforços de fomentar a investigação científica e as artes tintureiras na Alemanha, desde o último quartel do século XIX, tinham dado assim amplos frutos. As indústrias têxteis nos países europeus e nos Estados Unidos tinham-se tornado assim muito dependentes das exportações da Alemanha. Embora a necessidade de corantes sintéticos para fins bélicos não pareça muito óbvia à primeira vista, na realidade, a necessidade de aumentar imensamente a produção de fardamentos criou gargantas no abastecimento com corantes. Como exemplo, a Grã-Bretanha não conseguiu inicialmente suprir a carência de *khaki* causada pela impossibilidade de importar esse corante da Alemanha. Como consequência, foi forçada a distribuir aos seus soldados fardamentos ainda armazenados com as cores vivas características das fardas dos séculos anteriores em que não havia a preocupação de camuflar os combatentes. Houve assim a necessidade de ativar a síntese industrial de corantes que tinha decaído na Grã-Bretanha, apesar da obra pioneira de William Perkin (1856-1906).<sup>3</sup> No que se refere ao comércio com países neutros, a gigantesca indústria têxtil americana entrou em crise, quando começaram a faltar as importações de corantes da Alemanha. Milhões de trabalhadores passaram a ter os seus empregos ameaçados. Uma

---

<sup>3</sup> GARFIELD, 2000.

delegação de industriais americanos, para evitar o colapso das suas empresas, atravessaram o Atlântico e pediram para serem recebidos pelo First Lord of the Admiralty, que, na época, era Winston Churchill (1874-1965). Persuadiram-no a ordenar uma trégua no bloqueio naval para deixar passar uns carregamentos de corantes alemães em navios de bandeira holandesa, com destino aos Estados Unidos. Diz-se que um dos argumentos para convencer Churchill foi o de os Estados Unidos já nem sequer terem corantes suficientes para tingir os panos das bandeiras, tão necessárias aos seus navios para poderem sinalizar a sua pertença a uma potência neutral. O recente afundamento, por um submarino alemão, do navio mercante *Lusitania*, com muitos passageiros americanos a bordo, devia estar na mente da delegação. Os navios holandeses com os corantes puderam assim atravessar o Atlântico em janeiro de 1916. Em julho do mesmo ano, os alemães conseguiram que o submarino *Deutschland*, construído especialmente para esse fim (*Fig. 1*), iludisse o bloqueio naval e descarregasse, entre outras mercadorias 125 toneladas de corantes alemães no porto de Baltimore, perante os aplausos da imprensa local e da população dessa cidade. A exportação de corantes para os Estados Unidos cessou em 1917 com a entrada dos Estados Unidos na guerra. Os Estados Unidos tiveram de criar rapidamente a sua própria indústria de corantes sintéticos, e a Alemanha ficou sem a correspondente entrada de divisas estrangeiras, de que estava cada vez mais necessitada para poder importar bens necessários à continuação da guerra.



*Fig. 1* – O submarino mercante *Deutschland* carregado de corantes sintéticos alemães a ser rebocado à chegada a Baltimore a 10 de julho de 1916.



## **Carências de outras matérias-primas, além dos nitratos**

Para se fabricarem as matérias nitradas usadas como explosivos e propelentes também foi necessário reforçar as capacidades de produção de outras matérias-primas. A própria síntese de amoníaco a partir do azoto do ar exigia grandes quantidades de hidrogénio que eram produzidas pela gasificação do carvão, em que se produzia o chamado gás de água constituído por hidrogénio e monóxido de carbono, através da reação do vapor de água com o carbono. Isso obrigou a um aumento da exploração das minas de carvão e ao aperfeiçoamento dos processos de gasificação e da transformação de monóxido de carbono em hidrogénio e dióxido de carbono. O carvão também era importante na destilação seca da hulha que, entre muitos outros produtos, permitia obter o tolueno necessário à fabricação do TNT.

Para produzir nitrocelulose, a pólvora sem fumo, foi necessário aumentar muito a capacidade das fábricas de celulose, o que ameaçou a sustentabilidade dos recursos florestais dos países em guerra.

A glicerina para fabricar nitroglicerina era obtida a partir da saponificação de gorduras que assim eram retiradas da produção de alimentos, pondo em perigo o abastecimento da população com gorduras alimentares. A escassez de gorduras na dieta das populações afetou mais a Alemanha e as outras potências centrais do que os Aliados, por estes disporem duma fonte de gorduras com origem no mar. A Grã-Bretanha e outros países com acesso livre ao Atlântico intensificaram a caça à baleia, para poderem saponificar o óleo de baleia a fim de obter glicerina, além de usar o óleo de baleia para outras aplicações. Estima-se que durante a «guerra das baleias» se abateram 80 000 baleias, prejudicando assim a sustentabilidade dos recursos marítimos no Atlântico Norte.

Os processos de saponificação das gorduras para obter glicerina e a fabricação de celulose exigiram aumentos da produção inauditos de soda pelos processos já conhecidos antes da guerra.

Como já se mencionou antes, a aplicação de ácido nítrico nas nitrações dentro da cadeia de produção de explosivos e propelentes exigiu grandes quantidades de ácido sulfúrico que na sua grande maioria era produzido a partir da ustulação das pirites.

Todos estes aumentos espetaculares de escala nas indústrias químicas «pesadas» conseguiram-se à custa de grandes investimentos em fábricas químicas nos principais países beligerantes. A esmagadora maioria dessas fábricas não foram desmanteladas depois da guerra, dado que quase todos seus produtos também tinham aplicações pacíficas, particularmente em fertilizantes químicos que permitiram garantir a alimentação da povoação do planeta que, em virtude da disponibilidade de alimentos assim conseguida, aumentou exponencialmente durante o século XX.

## O problema da acetona

Um dos explosivos mais usados que muitas vezes também servia de propelente era a cordite. Inventada ainda no século XIX, a sua composição sofreu vários melhoramentos sucessivos. Na altura da Grande Guerra era, na maior parte dos casos, constituída por 30 % de nitroglicerina, 65 % de algodão-pólvora (nitrocelulose) e 5 % de vaselina. A sua fabricação exigia o uso de acetona adicionada à mistura dos três componentes para produzir uma matéria plástica moldável. Esta, ao ser extrudida numa prensa, tomava a forma de cordões – daí o nome –, que seguidamente eram secados por evaporação da acetona. Não se sabia ainda reciclar devidamente o vapor de acetona de onde resultava um elevado consumo desse diluente. Além disso, a acetona também era usada como diluente do verniz de nitrocelulose com que se impermeabilizava o pano usado na construção dos primeiros aviões. Os processos de produção existentes no início da guerra eram insuficientes para se produzirem quantidades tão avultadas de acetona. O método ainda assim melhor envolvia um número grande de passos: primeiro obtinha-se álcool etílico obtido por fermentação dos hidratos de carbono do amido. Após retificação por destilação, o álcool era oxidado a ácido acético por fermentação, este transformado em acetato de cálcio, que, por sua vez, produzia por pirólise acetona e carbonato de cálcio com um rendimento baixo. O problema foi resolvido para a Grã-Bretanha através dum novo método de fermentação de hidratos de carbono, tal como amido ou glucose, com o auxílio da bactéria *Chlostridium acetobutylicum*, recentemente isolada por Chaim Weizmann, em que se produz simultaneamente acetona, álcool butílico e álcool etílico.

Foi assim que se resolveu um problema que ameaçava ser um estrangulamento da produção de munições de artilharia para os aliados.

## Outros desenvolvimentos

Com a crescente motorização dos exércitos, tornou-se necessário fabricar pneus em larga escala. Dada a impossibilidade da Alemanha aceder por via marítima às zonas tropicais onde se cultivava a árvore-da-borracha, houve tentativas de produzir borracha sintética. Os primeiros inventos nessa área usavam o gás *butadieno* que era polimerizado por catálise com sódio (*Na*), o que originou a designação *buna* para essa primeira borracha sintética. As suas propriedades, porém, não eram as melhores, e a sua aplicação foi muito limitada e apenas quase no fim da guerra.

Os processos catalíticos adquiriram durante a guerra uma importância crescente. Além de se usarem catalisadores de platina no processo Haber-Bosch de síntese do amoníaco e no processo de Ostwald da sua transformação em ácido nítrico, também eram necessários para o processo «de contacto» de produção de ácido sulfúrico. Por isso, a procura de platina aumentou imenso durante a guerra. A Rússia era detentora das maiores

reservas e tinha por isso um quase monopólio. Nos Estados Unidos, em 1917, houve um apelo ao patriotismo das senhoras exortando-as a não aceitarem ofertas de joias de platina e de entregarem as que tivessem às autoridades.

Os cuidados médicos para os combatentes conduziram também a progressos na área de produtos farmacêuticos e, além disso, obrigaram a expandir, por exemplo, a produção de cloro para se dispor de lixívia clorada (hipoclorito de sódio) em quantidades inéditas para desinfecção dos hospitais de sangue e sobretudo das trincheiras.

## **As armas químicas**

Um capítulo dos mais negros do papel da química na Grande Guerra é o das armas químicas. Em maior ou menor grau, as principais potências em guerra já tinham considerado e feito estudos sobre a possibilidade de utilizar gases tóxicos como armas de combate. Tendo em vista esta ameaça, foram assinadas em 1899 e 1907 as convenções de Haia, proibindo aos países de usar projéteis que libertassem gases asfixiantes ou prejudiciais. Estas convenções foram desrespeitadas à medida que a violência da guerra se foi escalando. Esta proibição, além disso, não cobria a possibilidade de libertar gases guardados em contentores sob pressão, que seriam arrastados pelo vento em direção às linhas inimigas. O exército alemão lançou assim, em 1915, na região de Ypres, um ataque com cloro contra as linhas inimigas. Este teve algum sucesso, sobretudo devido ao efeito de surpresa. Também foram investigadas as possibilidades de usar muitos outros agentes químicos letais. Muitos já se conheciam na altura e foram estudados de novo com vista à sua aplicação em ações de combate. Alguns outros novos foram inventados nessa altura, mas a maioria foi posta de parte por uma variedade de razões. Os principais agentes químicos usados em grande escala foram primeiro o cloro ao qual se sucedeu o fosgênio (dicloreto de carbonilo  $\text{COCl}_2$ ) e o mais temido de todos, o gás de mostarda (1-cloro-2-[(2-cloroetil)sulfanil]etano ( $\text{ClCH}_2\text{CH}_2$ ) $_2\text{S}$ ), o último dos quais, além de ser tóxico para a respiração, é vesicante, isto é, causa bolhas cutâneas dolorosas, úlceras e cegueira.

Os efeitos destes agentes já eram conhecidos antes da guerra, desde há muitos anos. Foi fácil de produzi-los a partir de produtos intermediários da síntese de corantes, que a indústria já se encontrava a produzir de qualquer maneira. Por isso, apenas foi solicitado à indústria química que os fabricasse em maior escala através destes processos químicos já bastante bem conhecidos. Assim, esta atividade não apelou muito à capacidade de investigação dos químicos, e, pela mesma razão, não contribuiu para nenhum desenvolvimento estruturante da indústria química, que tivesse um efeito positivo sustentável, uma vez terminada a guerra. O assunto das armas químicas não vai ser desenvolvido nesta palestra, uma vez que o foco da mesma é pôr em destaque a forma como as solicitações expostas à indústria química pela guerra levaram a moldar o futuro pós-guerra desta indústria.

Há uma única exceção que costuma ser apontada. Trata-se dos estudos sobre a acroleína. Dado que os vapores libertados por este líquido são lacrimejantes, foi considerada a possibilidade de o usar como meio de combate, mas por várias razões práticas, essa possibilidade foi descartada. Os químicos franceses Charles Moureu (1863-1929) e Charles Dufraisse (1858-1969), ao estudar este composto, observaram que, quando abandonado ao ar, ele se transforma numa pasta. Verificaram que isso se devia à sua reação com o dióxigênio existente no ar (autoxidação) e descobriram que essa autoxidação podia ser inibida por certas substâncias a que chamaram em francês *anti-oxygènes*, termo que, entretanto, foi substituído por «antioxidantes». Hoje conhecem-se imensos antioxidantes que são utilizados quer como fármacos, quer como conservantes. Ainda mais importantes são os conhecimentos sobre as propriedades antioxidantes de certas vitaminas contidas nos nossos alimentos.

## O papel dos investigadores de química

Dada a importância da química como área científica que mais contribuiu para o desenvolvimento da economia industrial na viragem do século XIX para o século XX, o número de investigadores, que cada país dispunha nesta área, traduzia bem o seu potencial científico. Os estados-maiores das Forças Armadas aperceberam-se bem desta correlação e recorreram aos serviços de muitos químicos para lhes resolverem problemas de natureza militar. A grande maioria dos membros destas elites científicas não se fizeram rogar e ofereceram os seus serviços voluntariamente, dado o entusiasmo patriótico arrasador com que os cidadãos dos vários países acorreram às armas no início da Grande Guerra.

Usando como bitola o número de laureados Nobel a cujos serviços se recorreu e comparando as várias potências beligerantes, temos os seguintes dados (na primeira coluna, figura o ano de atribuição do prémio Nobel da química, enquanto na segunda, o nome do laureado seguido das datas de nascimento e morte):

Potências centrais – impérios alemão e austro-húngaro:

- 1902 – Emil Fischer (1852-1919)
- 1907 – Eduard Buchner (1860-1917)
- 1909 – Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932)
- 1914 – Richard Willstätter (1872-1942)
- 1918 – Fritz Haber (1868-1934)
- 1925 – James Franck (1882-1964) e Gustav Hertz (1887-1957)
- 1927 – Heinrich Wieland (1877-1957)
- 1931 – Carl Bosch (1874-1940)
- 1937 – Albert Szent-Györgyi (1893-1986)
- 1944 – Otto Hahn (1879-1968)

- 1959 – Jaroslav Heyrovský (1890-1967)

Dos Aliados:

França:

- 1902, 1911 – Marie Curie (1867-1934)
- 1912 – Victor Grignard (1871-1935) e Paul Sabatier (1854-1941)

Grã-Bretanha:

- 1904 – William Ramsay (1852-1916)
- 1904 – John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919)
- 1937 – Walter Norman Haworth (1883-1950)
- 1956 – Cyril Norman Hinshelwood (1897-1967)

Idem não laureados:

- Grã-Bretanha: Chaim Weizmann (1874-1952)
- Estados Unidos: James Conant (1893-1978)

O manifesto predomínio científico da Alemanha levou os seus militares a confiar na superioridade do seu potencial. Já se mencionou o papel de Haber, Bosch e Ostwald ao assegurarem o abastecimento da indústria de explosivos com nitratos e da agricultura com adubos químicos azotados necessários à alimentação das populações, desafiando assim o bloqueio continental. Haber teve, além disso, um papel crucial no desenvolvimento da guerra química, o que lhe valeu a ostracização por uma parte da comunidade científica internacional após a guerra. Fischer era a personalidade mais proeminente da química na Alemanha, também devido ao seu papel de dirigente na Sociedade Kaiser-Wilhelm para o Avanço das Ciências – que deu origem, após a II Guerra Mundial à atual Sociedade Max Planck. Com o início da guerra, Fischer, perante os apelos patrióticos que lhe foram dirigidos, abandonou completamente a sua investigação científica nos domínios dos hidratos de carbono, das purinas e dos enzimas, e transformou-se no interlocutor da química alemã junto às autoridades militares. Foi ele quem estabeleceu os contactos entre o general Erich von Falkenhayn (1861-1922), chefe do estado-maior do Exército, para a colaboração de Haber na química do nitrogénio e no desenvolvimento de gases tóxicos, «para fazer sair o inimigo das trincheiras». Também coordenou as relações com muitos outros químicos alemães para conseguir a sua colaboração em múltiplos domínios da química que se relacionavam com as solicitações do esforço de guerra. Na sua esfera familiar, acabou por sofrer as consequências da guerra: dois filhos jovens que serviam como oficiais-médicos perderam a vida.

Colaboraram com Haber no desenvolvimento de agentes químicos letais os seguintes futuros laureados Nobel: Otto Hahn que descobriria várias décadas depois a fissão nuclear, James Franck e Gustav Hertz que receberiam em conjunto o prémio Nobel da Física pelos seus estudos da transferência intermolecular de energia. Na sequência das perseguições raciais nazis, emigrariam para os Estados Unidos onde adquiriram a nacionalidade americana. Richard Willstätter, amigo íntimo de Haber, o primeiro a determinar a composição da clorofila, depois de se recusar a colaborar nos estudos de gases tóxicos, acabou por trabalhar no desenvolvimento de máscaras de gás. Conseguiu desenvolver um filtro que retinha todos os gases de combate conhecidos na época, tendo-se fabricado 30 000 000 máscaras equipadas com os mesmos. Também ele acabaria, depois da Grande Guerra, por sofrer as consequências das discriminações raciais, reformando-se antecipadamente, em 1924, do cargo na Universidade de Munique, em protesto contra o crescente antissemitismo na sua instituição, e foi obrigado a exilar-se na Suíça em 1939. Wieland, químico alemão, que receberia o prémio Nobel em 1927, chefiou em 1917/1918 a equipa de gases de combate do Instituto Kaiser Wilhelm, em Berlim, trabalhando sobre o gás de mostarda.

Nem todos os laureados com o prémio Nobel de química das potências centrais foram requisitados para a prestação de serviços dentro da sua área científica. No entanto, acabaram por também serem absorvidos pelas obrigações militares, embora sem terem sido aproveitadas as suas capacidades científicas. O alemão Buchner, que tinha provado a possibilidade de a fermentação alcoólica ocorrer sem a presença de células vivas, e por isso é considerado o pai da enzimologia, deu a vida, em 1917, como comandante de uma unidade de provimento de munições. Dois químicos, o húngaro Szent-Györgyi e o checo Heyrovský, nessa altura súbditos do império austro-húngaro, que viriam receber o prémio Nobel apenas de aí a muitos anos, ainda eram muitos novos e por isso também não eram muito conhecidos, mas mesmo assim foram afetados pela guerra. Szent-Györgyi, que receberia o prémio Nobel da Medicina pelos seus estudos do processo biológico da combustão em ligação com a vitamina C, foi mobilizado, mas sobreviveu ileso. Heyrovský, que viria a receber o prémio Nobel pelos seus trabalhos sobre eletroquímica, apenas foi obrigado a servir como farmacêutico e radiologista num hospital militar; até teve a sorte de poder continuar durante esse período a preparar o seu doutoramento na Universidade de Praga que concluiu em 1918.

Os Aliados estavam menos preparados do que a Alemanha para enfrentar as necessidades de apoiar o esforço militar através dos desenvolvimentos científicos e industriais que a guerra moderna lhes exigiu.

Em França, Grignard foi primeiro mobilizado para a infantaria, mas passado pouco tempo, foi requisitado para estudar o abastecimento com tolueno para se poder sintetizar o TNT (trinitrotolueno). Logo depois do primeiro ataque dos alemães com gás na Flandres, em abril de 1915, foi chamado pelo governo para chefiar uma equipa numerosa de químicos e farmacêuticos, encarregada de estudar os gases de combate e a proteção contra

os mesmos através de antídotos e de filtros de ar. Depois ainda estudou as maneiras de sintetizar um dos gases letais, o fósforo – dicloreto de carbono.

Um caso que foi muito comentado foi o de Marie Curie. Os seus estudos sobre a radioatividade permitiram-lhe conceber e construir postos motorizados de radiografia. Como os tubos de Röntgen eram difíceis de transportar e operar fora dum laboratório e num teatro de guerra, lembrou-se de aproveitar, em vez dos raios X, as radiações emitidas pelo rádio – um elemento radioativo gerado pelo decaimento do rádio. Com essa forma pouco convencional de fazer radiografias, foi possível desenvolver esses postos transportáveis, em que podiam ser examinadas as fraturas sofridas pelos combatentes, bem como localizados projéteis nos seus ferimentos. Não só orientou a construção dos postos que ficaram conhecidos como *petite Curies*, mas também deu formação a pessoal militar com o auxílio da sua filha Irène Curie (1897-1956). Essas equipas foram aproveitadas, depois da guerra, para expandir as técnicas de radiografia por toda a França.

O facto de aqui se relatarem apenas alguns casos individuais dos químicos mais conhecidos, que se envolveram em atividades científicas exigidas pela guerra, não deve levar a pensar que não tenha havido inúmeros outros. Muitas das equipas chefiadas por estas celebridades envolveram como colaboradores dezenas, quando não centenas de químicos, físicos e engenheiros.

Em Inglaterra, contrariamente à Alemanha, o governo não se dirigiu diretamente aos investigadores de química mais conhecidos para estes participarem ativamente na resolução dos problemas resultantes da necessidade de abastecer as forças militares de explosivos, de propelentes e de muitos outros materiais que a guerra exigia. As celebridades, como Ramsay e Lord Raleigh, apenas desempenharam funções consultoras em comissões nomeadas pelo governo. Para as ações executivas, os contactos foram estabelecidos sobretudo através dos patrões das empresas de química. Mas Ramsay e outros cientistas já tinham chamado a atenção para o facto de estas empresas não empregarem em número suficiente químicos com formação académica, o que se repercutia negativamente nas suas capacidades de resposta e em geral na sua competitividade face à indústria alemã. Num livro recentemente publicado pela Royal Society of Chemistry, o historiador Michael Freemantle, apoiado numa investigação exaustiva de numerosas fontes, defende a tese de que, enquanto a Alemanha foi capaz de empregar cerca de 2000 químicos em investigações relacionadas com a guerra química, a Grã-Bretanha e a França juntas não alcançaram o mesmo número. Considera que contribuiu para esse facto o atraso crescente, desde a década 1880 da indústria química nos países aliados e em particular na Grã-Bretanha, em relação à Alemanha. Considera que, na Grã-Bretanha, os dirigentes da indústria química, em regra, não tinham nenhuma formação científica e técnica e se guiavam por ideias meramente mercantis. Como consequência, os Aliados tiveram dificuldades enormes em competir com os alemães no apoio industrial à guerra, só o conseguindo incompletamente e com um grande atraso.

## Algumas histórias pessoais

As histórias pessoais de alguns dos mais destacados químicos, que contribuíram decisivamente com as suas investigações nos vários países beligerantes para o esforço de guerra, lançam perspetivas sobre aspetos políticos importantes para a época.

Um dos casos mais notórios foi o do químico alemão Friz Haber. Há muitos que o consideram ainda hoje como o químico mais importante do século XX. De facto, como nenhum outro, contribuiu com numerosas descobertas decisivas para o avanço da ciência química, com destaque para os seus estudos sobre a catálise, de onde resultou o processo Haber-Bosch de síntese do amoníaco. Estima-se que, em média, cerca de metade dos átomos de nitrogénio em qualquer ser vivo no planeta já passou por um reator de Haber-Bosch. Isso quer dizer que sem a utilização de adubos azotados sintéticos na agricultura, só seria possível atualmente alimentar metade da população do planeta. Esta glória, que lhe valeu o prémio Nobel, ficou ensombrada pelo seu empenhamento na organização da guerra química pelas forças alemãs, isto é, da primeira utilização de armas de destruição maciça na história militar. A sua biografia também inclui aspetos trágicos. Tendo nascido judeu, converteu-se ao cristianismo evangélico-luterano em 1892. A sua primeira mulher, Clara Immerwahr (1870-1915), também judia convertida, ativista dos direitos das mulheres, radicalmente oposta ao papel do marido na guerra química, suicidou-se. Casou uma segunda vez (*Fig. 2*), em 1917, com Charlotte Nathan (1889-1978). A conversão de Haber ao cristianismo e o seu fervoroso patriotismo alemão, demonstrado através da dedicação integral às causas nacionais da Alemanha, não o protegeu contra a perseguição pelo nazismo. Demitiu-se em 1933, logo após os primeiros atos discriminatórios contra os cientistas de origem judaica. Foi forçado a abandonar a Alemanha sem meios de subsistência. No estrangeiro, para uma parte da comunidade científica, estava proscrito por ser considerado um criminoso de guerra. Aceitou, entretanto, o convite de Chaim Weizmann para dirigir o Instituto Daniel Sieff de Investigação – hoje Instituto Weizmann de Ciência – em Rehovot. A sua deslocação para o Médio Oriente foi interrompida tragicamente ao ser encontrado morto num quarto de hotel em Basileia em 1934.





*Fig. 2 – Depois da cerimónia de casamento com Charlotte Nathan à porta da Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche (hoje ruína) em Berlim com o filho do primeiro casamento Hermann Haber (1902-1946).*

Na Grã-Bretanha, o químico Chaim Weizmann, tal como já se relatou mais acima, teve um papel decisivo na resolução do problema da acetona, ingrediente necessário para a produção do propelente cordite para munições. No entanto, tornar-se-ia muito mais famoso através do seu papel político na criação do Estado de Israel. Weizmann nasceu em 1874 na hoje Bielorrússia e estudou química na Alemanha e na Suíça, doutorando-se em 1899 na Universidade de Friburgo. Iniciou imediatamente a sua carreira docente na Universidade de Genebra. As suas duas grandes paixões foram a Química e o Sionismo. Em 1904, foi contratado pela Universidade de Manchester. No âmbito da sua campanha sionista, foi apresentado, em 1906, ao político conservador Arthur Balfour. As suas relações com políticos britânicos foram alargadas e aprofundadas durante a Grande Guerra, como consequência da sua colaboração científica com o governo. Ficou a conhecer assim, por exemplo, Lloyd George e Winston Churchill. A influência que ganhou sobre estes dirigentes, que tinham ficado muito impressionados com as suas capacidades científicas, esteve na origem da famosa Declaração de Balfour de 1917 em que ficou expresso o desejo de a Grã-Bretanha proporcionar um lar nacional aos judeus na Palestina. Em 1934, promoveu a fundação dum instituto de investigação em Rehovot com fundos doados por Daniel Sieff, dono da cadeia retalhista Marks & Spencer, a que foi atribuído em 1949, o nome Instituto Weizmann de Ciência. O seu contínuo empenhamento no movimento sionista, que se prolongou por todo o período entre as duas guerras, incluindo o da II Guerra Mundial, culminou na sua eleição, em 1949, para primeiro presidente do recém-fundado Estado de Israel. Faleceu, em 1952, em Rehovot.



*Fig. 3 – Vera e Chaim Weizmann (1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> da esquerda com políticos britânicos Herbert Samuel, Lloyd George e Ethel e Philip Snowden) por volta de 1917.*

Muitos dos químicos que se distinguiram, quando ainda jovens, através do seu apoio científico à condução da Grande Guerra de 1914-1918, tiveram carreiras significativas que se prolongaram até ao período posterior ao fim da II Guerra Mundial.

Otto Hahn, que tinha trabalhado sob a direção de Haber sobre gases de combate, voltou a dedicar-se à radioquímica e recebeu o prémio Nobel, em 1944, pela descoberta da fissão nuclear, que abriu a porta ao aproveitamento da energia nuclear, quer nas bombas nucleares, quer na produção de energia elétrica em centrais nucleares.

Numerosos químicos jovens das várias nações em guerra iniciaram as suas carreiras profissionais no âmbito do seu serviço militar durante a mesma. Em retrospectiva, tem de se reconhecer que as unidades especializadas em armas químicas funcionaram como verdadeiras forjas de quadros científicos. Um caso típico é o norte-americano James Bryan Conant (1893-1978). Embora os Estados Unidos só tenham entrado na guerra em 1917, isso não os impediu de iniciarem um grande projeto de desenvolvimento de gases tóxicos. Foi ali que Conant deu os seus primeiros passos da sua carreira profissional. Posteriormente, enquanto lecionava na Universidade de Harvard, teve contribuições muito importantes no desenvolvimento da química orgânica de síntese, que lhe proporcionaram um reconhecimento internacional nessa área. Em 1933, foi eleito presidente da Universidade de Harvard. O seu reitorado foi muito marcante na história dessa universidade, devido às reformas profundas que nela introduziu e que lhe garantiram o lugar que ainda hoje ocupa e fizeram escola noutras instituições do ensino superior dos Estados Unidos. Voltou a estar envolvido no desenvolvimento de armas de destruição maciça durante a II Guerra Mundial.



*Fig. 4 – Conant ao ser condecorado por Harry Truman em 1948.*

Em 1940, passou a integrar o National Defence Research Committee, encarregado da supervisão do projeto Manhattan e prestou serviço no Interim Committee, que aconselhou Truman a usar bombas nucleares no Japão. Em 1952, foi nomeado comissário dos Estados Unidos na Alemanha ocupada e, de 1955 a 1957, foi embaixador dos Estados Unidos na República Federal da Alemanha.

Este exemplo mostra como é que as capacidades científicas relevantes para a defesa nacional criadas durante a guerra de 1914-1918 tiveram a sua repercussão por todo o século XX fora.

## Bibliografia<sup>4</sup>

FREEMANTLE, Michael (2015). *The Chemist's War*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.

GARFIELD, Simon (2000). *Mauve: How One Man Invented a Colour that Changed the World*. London: Faber and Faber Limited.

KAHLERT, Heinrich (2001). *Chemiker unter Hitler: Wirtschaft, Technik und Wissenschaft der deutschen Chemie von 1914 bis 1945*. Grevenbroich: Bernardus-Verlag Langwaden.

STOLTZENBERG, Dietrich (1994). *Fritz Haber: Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude; eine Biographie*. Weinheim et al.: VCH Verlagsgesellschaft mbH.

---

<sup>4</sup> A bibliografia relativa ao tema desta palestra é vastíssima. No entanto, só se citam referências a livros que que o autor utilizou de facto para a preparar. Estes remetem para muitas centenas de fontes.