

## O Ensino de Equilíbrio Químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial

**Aroldo N. Silva e Ermelinda M. Pataca**

Neste artigo relatamos uma experiência didática, realizada com estudantes da 3ª série do ensino médio de uma escola da cidade de São Paulo (SP), que apresenta uma perspectiva de inserção de aspectos da História das Ciências no ensino de Química, na intenção de promover reflexões acerca dos aspectos sociais, políticos e econômicos da prática científica. A abordagem histórica concentrou-se nos trabalhos realizados pelo químico alemão Fritz Haber, na busca por uma solução que aumentasse o rendimento da reação de síntese da amônia e de sua participação, no decorrer da 1ª Guerra Mundial, no desenvolvimento de armas químicas.

► história da química, ensino de química, Fritz Haber, equilíbrio químico ◀

Recebido em 07/03/2017, aceito em 19/06/2017

33

**A** inserção de aspectos da História e Filosofia da Ciência no Ensino tem sido objeto de análise de inúmeros pesquisadores, que desde meados da década de 1980 discutem reformas curriculares e formas de abordagem que promovam a construção do conhecimento científico em seu contexto cultural, de modo a reduzir a fragmentação com que geralmente é apresentado em sala de aula. Esta construção é tida por inúmeros pesquisadores da área de ensino de química como importante componente na formação tanto dos estudantes quanto dos professores (Schnetzler, 2002; Mortimer; Santos, 2008; Zanon; Maldaner, 2007).

Mathews (1995) destaca que o uso da História da Ciência (HC) humaniza as ciências, aproxima dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade e possibilita que a aula se torne mais dialogada e desafiadora, culminando num entendimento integral da matéria a ser ensinada.

*A inserção de aspectos da História e Filosofia da Ciência no Ensino tem sido objeto de análise de inúmeros pesquisadores, que desde meados da década de 1980 discutem reformas curriculares e formas de abordagem que promovam a construção do conhecimento científico em seu contexto cultural, de modo a reduzir a fragmentação com que geralmente é apresentado em sala de aula.*

Esta colocação vem ao encontro de inúmeros estudos que apresentam constatações e tendências em relação às práticas de ensino e às políticas públicas desenvolvidas na área de Educação (Campos; Cachapuz, 1997; Gooday; Lynch; Wilson; Barsky, 2008; Porto, 2010).

Assim, como alternativa para o Ensino de Ciências, a HC contribui para o desenvolvimento de habilidades de análise, interpretação e crítica. O professor cria condições para que os estudantes conheçam os contextos históricos e sociais em que determinados conhecimentos foram desenvolvidos (Chassot, 2000), o que rompe com uma visão dogmática da ciência.

Os próprios documentos oficiais brasileiros, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação, enfatizam a necessidade de uma formação mais humanística na área de ciências (Brasil, 2001, 2002). Pode-se observar, a seguir, especificamente no caso da Química, que nos PCN+

algumas competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes do Ensino Médio envolvem a História da Ciência:

*É fundamental que se mostre através da história, as transformações das ideias sobre a constituição da matéria, contextualizando-as. A simples cronologia sobre essas ideias, como é geralmente apresentada no ensino, é insuficiente, pois pode dar uma ideia equivocada da ciência e da atividade científica, segundo a qual a ciência se desenvolve de maneira neutra, objetiva e sem conflitos, graças a descobertas de cientistas, isoladas do contexto social, econômico ou político da época (Brasil, 2002, p. 96).*

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC – (2016), que vem sendo discutida no Brasil com seus avanços e retrocessos, reafirma a necessidade de um ensino de química com uma perspectiva sócio histórica, para que o estudante compreenda o nascimento das teorias e suas controvérsias. Apesar dessa perspectiva, o documento enfatiza a seleção e o ensino de determinados conteúdos, sem refletir na forma como este conjunto de saberes se relaciona com os diferentes contextos regionais que encontramos em nosso país.

Ao considerar o ensino como um conjunto de saberes estanques e fechados a serem transmitidos, desconsidera-se a vivência do estudante, sua cultura e os saberes que carrega consigo e que são gerados por suas experiências. Isto torna o ensino pragmático, a serviço de um programa escolar questionável, que pode resultar na manutenção do *status quo*. A ideia de “humanização” da ciência e, conseqüentemente, da formação humanística do indivíduo, está fortemente atrelada à forma como o conhecimento é abordado em sala de aula.

Este artigo refere-se a uma experiência didática, realizada com estudantes da 3ª série do ensino médio de uma escola da cidade de São Paulo (SP), entre os anos de 2014 e 2015, e tem a intenção de socializar um possível caminho metodológico para realização da abordagem histórica em sala de aula. O trabalho realizado envolveu a participação de três turmas da 3ª série, com uma média de 25 estudantes por sala. A construção de um percurso que contemple a interface entre HC e ensino não é algo simples, uma vez que a realidade escolar coloca o educador diante da necessidade de desenvolver um programa de ensino muitas vezes extenso, pré-determinado em função de exames externos e pautado na transferência de conteúdo.

A busca por um Ensino de Ciências que contemple esta perspectiva mais humanista, passa pelo rompimento com o modelo tradicional de ensino – assentado de modo geral na memorização, repetição e resolução padronizada de exercícios. Neste sentido, Derek Hodson (1985) afirma que

um ensino tradicional pode resultar em ideias equivocadas sobre o desenvolvimento científico. Dentre essas visões equivocadas sobre ciências, o autor destaca aquela na qual o conhecimento científico é tido como o meio pelo qual se acessa a verdade a respeito do mundo natural; que o conhecimento científico resulta da observação direta de um fenômeno; que é uma atividade neutra, à margem de fatores sócio históricos e econômicos.

Utilizamos como mote as contribuições do químico alemão Fritz Haber (1868-1934) na síntese da amônia e sua participação no programa de armas químicas na Alemanha no decorrer da 1ª Guerra Mundial para abordarmos a temática do equilíbrio químico no ensino médio e abriremos uma janela para discutir alguns aspectos da atividade científica, como as escolhas de natureza ética, cuja compreensão passa por um olhar que abarque o contexto histórico no qual o personagem que conduz esta narrativa se insere.

A escolha da reação química de síntese da amônia, a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio, é interessante por ser uma reação que produz uma substância de relevante importância econômica e social, com aplicações na produção de fertilizantes, explosivos, plásticos e pigmentos. Além disto, foi protagonista no começo do século XX em virtude do crescimento populacional, que exigia uma maior produção de alimentos. Por se tratar de uma reação química reversível, cujo rendimento depende de fatores cinéticos e termodinâmicos, o seu uso na discussão da temática do

equilíbrio químico se tornou intrínseco, inclusive pelo fato de Haber e seus colaboradores terem contribuído de forma decisiva na viabilização de sua síntese em larga escala.

O ensino do equilíbrio químico tem sido objeto de investigação por educadores da área, dado o caráter abstrato de seus conceitos

como: sua natureza dinâmica, a caracterização do estado de equilíbrio, os limites de aplicação do Princípio de Le Chatelier, o significado da expressão matemática da constante de equilíbrio ( $K_c$ ), dentre outros.

Optamos por abordar o equilíbrio químico a partir da termodinâmica, discutindo a ideia de que um sistema reacional caminha para a estabilidade, ou seja, para um patamar de menor energia potencial. Este caminho só foi possível pelo fato dos estudantes terem vivenciado, em temáticas anteriores, como Termoquímica, conceitos de espontaneidade, entropia e energia livre. Desta forma, a caracterização do estado de equilíbrio não foi realizada a partir da igualdade das velocidades das reações direta e inversa, artifício amplamente presente em livros didáticos e que tem sido objeto de questionamento e reflexão por pesquisadores da área de ensino (Machado; Aragão, 1996; Justi; Milagres, 2001; Sabadini; Bianchi, 2007).

Por se tratar de um conceito abstrato, estabelecemos uma analogia, no caso, um jogo didático,<sup>1</sup> no intuito de

**A Base Nacional Comum Curricular – BNCC – (2016), que vem sendo discutida no Brasil com seus avanços e retrocessos, reafirma a necessidade de um ensino de química com uma perspectiva sócio histórica, para que o estudante compreenda o nascimento das teorias e suas controvérsias.**

facilitar o entendimento do conceito de equilíbrio químico. Apesar de algumas limitações e diferenças em relação ao sistema químico real, como o fato de apresentar uma visão compartimentada do sistema e de transmitir a ideia de que a reação química inversa ocorre a partir de um determinado instante e não desde o início do processo, o seu uso se mostrou pertinente para elaboração conceitual, ao discutir as limitações de um modelo explicativo e sobretudo para construção de tabelas e gráficos que contribuem na discussão do rendimento de uma reação química e no cálculo da razão entre as quantidades de produtos e reagentes, em analogia à constante de equilíbrio (Raviolo; Garritz, 2008; Soares; Okumura; Cavalheiro, 2003).

A ideia de abordar a HC vinculada ao ensino do Equilíbrio Químico surgiu a partir do trabalho de Aécio Pereira Chagas (2007), que discute o processo de síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio. Além de apresentar alguns aspectos químicos do gás nitrogênio, o autor discute o impacto que a síntese da amônia exerceu sobre a atividade industrial e sua aplicação na produção de fertilizantes em larga escala. Ao discutir sobre Fritz Haber, Chagas destaca sua trajetória pessoal, acadêmica e sua participação durante a Primeira Guerra Mundial como assessor do exército alemão na chamada “guerra química”, sendo um dos responsáveis pela utilização de gases irritantes ou venenosos como arma de guerra. *Seria ético um cientista utilizar o seu conhecimento no desenvolvimento de armas letais? O que se espera de um cientista em tempos de guerra?* São questionamentos de natureza ética que norteiam a sequência de ensino que será apresentada adiante.

*Seria ético um cientista utilizar o seu conhecimento no desenvolvimento de armas letais? O que se espera de um cientista em tempos de guerra? São questionamentos de natureza ética que norteiam a sequência de ensino que será apresentada adiante.*

## A Sequência Didática (SD)

O processo de síntese da amônia desenvolvido por Fritz Haber possibilitou realizar a produção de fertilizantes em larga escala. O processo conhecido como Haber-Bosch foi fundamental para a Alemanha, que devido ao bloqueio marítimo britânico, viu a importação de salitre ser interrompida, o que comprometeu a produção agrícola e a fabricação de explosivos. Até a atualidade, o método Haber-Bosch é utilizado na síntese de fertilizantes e outros produtos derivados da amônia (Chagas, 2007).

O feito de Haber contrasta com a sua decisão de participar do programa de armas químicas na 1ª Guerra Mundial. *O que levou Haber a realizar uma atividade tão passível de questionamento? Quais argumentos e interesses políticos que sustentaram suas ações? Quais seriam os possíveis desdobramentos de suas ações?*

A escolha desse cientista e sua contribuição na síntese da amônia em larga escala, abre uma janela para discussão de inúmeros aspectos sobre a importância da atividade

científica. No entanto, sua participação durante a 1ª Guerra Mundial, no desenvolvimento de armas químicas, traz à tona também, e de forma não menos importante para o debate, as questões éticas, políticas e econômicas que interferem na prática científica. A SD foi desenvolvida no decorrer de dez aulas, sendo que cada aula teve a duração de sessenta e cinco minutos. O quadro 1 contém informações sobre as atividades desenvolvidas na sequência de ensino.

Para iniciar a discussão sobre a reversibilidade das transformações químicas (Aula 1), optamos por uma sequência na qual ficasse claro aos estudantes a relação de um conhecimento produzido no interior do laboratório com todo o contexto vigente no momento de seu desenvolvimento. Como início de conversa houve uma sensibilização sobre o tema, a partir de um *teaser*, o qual apresentava de forma sucinta, o processo de Haber e seus colaboradores na produção de fertilizantes por meio da síntese da amônia. Esta sensibilização gerou uma discussão acerca dos fatores que interferem em uma reação química, além de mobilizar os conhecimentos dos estudantes a respeito dos aspectos físico-químicos que interferem no rendimento de uma reação que envolve gases (pressão, temperatura e concentração).

Neste instante, os estudantes começam a perceber que falaríamos sobre um cientista específico, sobre uma reação química que possibilita a produção de fertilizantes e sobre os fatores que interferem em seu rendimento.

Este momento se mostrou oportuno para discutir os aspectos conceituais de uma reação em equilíbrio.

Partimos de um jogo didático (Aula 2) que tem como proposta discutir os aspectos conceituais de uma reação que atinge o estado de equilíbrio. Os resultados obtidos no jogo possibilitam discutir a questão da reversibilidade de uma reação química e realizar a construção de gráficos para reações genéricas que apresentam diferença de rendimento. Este é um momento interessante para retomar a síntese da amônia e as contribuições de Haber na tentativa de melhorar o rendimento de sua síntese (Soares; Okumura; Cavalheiro, 2002).

Na aula 3, no intuito de realizar um aprofundamento dessa discussão e também ampliar repertório para a construção do debate que marcará o fechamento deste trabalho, realizamos em sala de aula a leitura do texto, produzido pelo educador, *Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial* (ANEXO I), que traz conceitos sobre a temática, a vida do cientista e assuntos referentes ao contexto histórico, como por exemplo, o bloqueio marítimo sofrido pela Alemanha, que obrigou o país a buscar uma solução para a produção dos fertilizantes dentro de seu próprio território. A partir dessa leitura, iniciou-se a discussão dos fatores que interferem na síntese da amônia e também o quanto o trabalho de um cientista está atrelado às necessidades de natureza social, política e econômica. A busca por soluções técnicas

Quadro 1: Sequência Didática com as três turmas da 3ª série do Ensino Médio

Aula	Objetivo de Aprendizagem	Atividade	Recurso utilizado
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evidenciar que a busca por uma solução técnica para um determinado problema, em alguns casos, vincula-se a uma demanda social e econômica.</li> <li>- Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação).</li> <li>- Levantar o conhecimento prévio dos estudantes acerca dos fatores que interferem em uma transformação química.</li> </ul>	<p><i>Aula dialogada</i></p> <p>I) Apresentar algumas invenções e descobertas realizadas pelo ser humano, como o carro, o computador, a eletricidade e o átomo. Questionar qual delas os estudantes consideram a mais importante.</p> <p>II) Colocar, como contraponto, a reação de síntese da amônia, a partir do <i>teaser</i> sobre o processo Haber-Bosch.</p> <p>III) Discussão sobre a extensão de uma reação química e sobre os fatores que interferem em uma transformação química.</p>	<p>Vídeo - <i>teaser</i> sobre o processo Haber-Bosch (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=o1_D4FscMnU">https://www.youtube.com/watch?v=o1_D4FscMnU</a>)</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender o conceito de Equilíbrio Químico.</li> <li>- Elaborar a construção de tabelas e gráficos para caracterização do estado de equilíbrio.</li> <li>- Representar, por meio da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química.</li> </ul>	<p><i>Estudantes organizados em grupos</i></p> <p>I) Realização de um Jogo Didático para o ensino do estado de equilíbrio. O jogo consiste em dois sistemas (caixas) que trocam elementos entre si, em intervalos de tempo pré-determinados. A partir de determinado instante a troca é realizada ao mesmo tempo, o que configura o estado de equilíbrio.</p> <p>II) Construção de gráficos para reações genéricas reversíveis.</p> <p><i>Aula dialogada</i></p> <p>III) Discutir os aspectos conceituais que caracterizam o estado de equilíbrio.</p>	<p>Artigo – QNESC (<a href="http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A03.PDF">http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A03.PDF</a>)</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analisar como a pressão e a temperatura influenciam no rendimento de uma reação química em equilíbrio químico.</li> <li>- Conhecer os trabalhos realizados por Haber na síntese da amônia e no programa de guerra.</li> <li>- Perceber o processo histórico, político e social como determinantes nas escolhas de um cientista.</li> </ul>	<p><i>Professor e estudantes realizam a leitura do texto</i></p> <p>I) Leitura compartilhada de texto (15 minutos). Em seguida, os estudantes conduzem a discussão pontuando o entendimento e dúvidas sobre as ideias apresentadas pelo texto. Professor atua apenas como mediador da discussão.</p> <p><i>Aula dialogada</i></p> <p>II) Discussão conceitual sobre os fatores que interferem em uma reação em equilíbrio.</p>	<p>Texto produzido pelo educador: Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial (ANEXO I)</p>
4 e 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar modelo explicativo sobre os fatores que interferem no equilíbrio químico.</li> <li>- Refletir sobre as limitações do Princípio de Le Chatelier.</li> <li>- Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico.</li> </ul>	<p><i>Estudantes organizados em grupos</i></p> <p>I) Realização de atividade experimental sobre deslocamento de equilíbrio, proposta por Ferreira; Hartwig; Rocha-Filho, 1997).</p> <p>II) Socialização dos resultados obtidos e discussão dos conceitos envolvidos.</p> <p><i>Aula dialogada</i></p> <p>III) Elaboração conceitual sobre como a pressão, temperatura e concentração podem interferir em uma reação em equilíbrio.</p> <p>IV) Discutir as limitações do Princípio de Le Chatelier com base no trabalho de Canzian e Maximiano (2010).</p>	<p>Artigo - QNESC (<a href="http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/exper1.pdf">http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc05/exper1.pdf</a>)</p>



Quadro 1: Sequência Didática com as três turmas da 3ª série do Ensino Médio (cont)

Aula	Objetivo de Aprendizagem	Atividade	Recurso utilizado
6	- Refletir acerca do papel desempenhado por Fritz Haber no desenvolvimento de armas químicas durante a 1ª Guerra Mundial.	<i>Estudantes assistem ao filme</i> I) Filme: Haber, o Pai da Guerra Química. <i>Pesquisa na biblioteca</i> II) Mobilizar os estudantes para realização de um debate que discuta o papel de Haber no desenvolvimento de armas químicas. III) Organização dos grupos favoráveis e contrários ao recebimento do prêmio Nobel a Fritz Haber por seus trabalhos na síntese da amônia. IV) Estudantes devem registrar os argumentos para realização do debate.	Filme ( <a href="http://www.haberfilm.com/education.html">http://www.haberfilm.com/education.html</a> )
7	- Mobilizar os aspectos conceituais do equilíbrio químico. - Possibilitar o uso da retórica entre os estudantes na defesa de um determinado ponto de vista.	<i>Estudantes realizam debate</i> I) Professor realiza uma síntese dos trabalhos de Haber e explica as regras do debate (tempo para questionamento, resposta e réplica). II) Sorteio para escolha do grupo que irá iniciar o debate.	Gravador e bloco de anotações para registrar as ideias/argumentos dos estudantes.
8 e 9		- Realizar fechamento da sequência didática a partir de uma aula dialogada, pautada na sistematização e exercício dos conceitos fundamentais do equilíbrio químico.	Lista de Exercícios
10	- Ler e interpretar informações e dados apresentados na forma de equações químicas, tabelas, gráficos e esquemas. - Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação). - Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico. - Representar, por meio da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química. - Utilizar modelos explicativos para compreender o equilíbrio químico.	Avaliação dissertativa de Química estruturada em quatro partes: a) questões objetivas (teste); b) produção textual; c) questões analíticas; d) análise de tabelas e gráficos.	Instrumento avaliativo por escrito

que permitissem um aumento da produtividade da amônia favoreceu as discussões dos conceitos, das ideias vigentes no período e dos conflitos éticos entre os personagens envolvidos. Tal abordagem se mostrou importante na construção de uma imagem de ciência menos simplista e mais condizente com a realidade.

Além do texto, sugerimos o trabalho de Araújo e Baldinato (2015), que apresenta a tradução para o português da palestra proferida por Haber ao receber o prêmio Nobel pela síntese da amônia, em 1920. É interessante discutir com os estudantes alguns aspectos da fala de Haber, como,

por exemplo, o conhecimento que detinha de tentativas anteriores para produção de amônia, como a via que utilizava a destilação do carvão, a síntese por cianamida e a indução da reação entre nitrogênio e oxigênio por descargas elétricas para produzir nitrato. Os cientistas que trabalharam na busca por uma solução viável para o processo são destacados nominalmente no decorrer do discurso. Além de realizar um levantamento dos trabalhos realizados na síntese da amônia, o cientista alemão discute os problemas envolvidos na busca por um catalisador ideal para a reação, os fatores termodinâmicos que interferem no rendimento da reação e na

viabilidade econômica do processo. Este viés dialoga com os trabalhos de Gil Pérez e colaboradores (2001), ao evidenciar que os resultados obtidos por Haber derivam, em parte, do conhecimento já adquirido por outros cientistas, de que as tentativas, os erros e a busca por soluções são intrínsecas à atividade científica.

Na sequência, realizamos uma atividade experimental (Aula 4) relacionada ao Princípio de Le Chatelier, a partir de quatro experimentos que abarcam efeitos de variação da concentração e da temperatura sobre equilíbrios químicos específicos. Esta atividade, realizada em grupo pelos estudantes, foi pensada a partir do artigo publicado por Ferreira, Hartwig e Rocha-Filho (1997). Inicialmente os estudantes investigaram o *efeito do íon comum*, a partir do equilíbrio de ionização da amônia. Neste sistema, eles realizaram a adição de bicarbonato de amônio para analisar a variação de coloração do sistema, que depende da concentração do íon amônio. Em seguida, investigaram como o *efeito da concentração* interfere no equilíbrio de hidrólise do íon bicarbonato, por meio do borbulhamento de gás carbônico em uma solução de bicarbonato de amônio. Por fim, investigaram o efeito do íon comum a partir do equilíbrio de ionização do ácido acético. Uma adaptação realizada em relação à proposta original foi solicitar que os estudantes registrassem por escrito uma previsão do que eles imaginavam que poderia ocorrer em cada sistema antes de adicionar a substância sugerida.

Na aula seguinte (Aula 5), a atividade experimental foi retomada em sala de aula, no intuito de discutir os aspectos conceituais, responder aos questionamentos propostos e sistematizar as principais ideias que foram abordadas desde o início desta sequência didática.

Em seguida (Aula 6), já com algumas ideias e questões levantadas, assistimos ao filme *Haber, o pai da guerra química* (35 minutos). O filme traça o perfil de Haber, um judeu que se converteu ao cristianismo para continuar sua carreira na sociedade alemã. Traz como narrativa paralela ao enredo principal, a sua relação com a esposa Clara Immerwahr (1870-1915), doutora em química pela Universidade de Breslau. Ela coloca sua carreira de lado para se dedicar aos cuidados com o filho do casal e a carreira do marido. Trabalha com Haber sem crédito, traduzindo suas publicações para o inglês. Haber tenta levá-la a lecionar na universidade, porém não obteve sucesso nessa tentativa. Clara se opunha ao envolvimento de Haber nos projetos de armas químicas, e tenta convencê-lo a parar. Na ausência de Haber, Clara usa seu revólver de serviço e comete suicídio. O enredo principal aborda a participação de Haber no primeiro teste de gás cloro em grande escala na Primeira Guerra Mundial, em abril de 1915, na cidade de Ypres, na Bélgica. Posteriormente, um dos primeiros decretos de Hitler, após a tomada do poder pelos nazistas em 1933, foi excluir os “não-arianos” do serviço público,

fato que atingiria Haber devido a sua origem judaica. No entanto, devido a sua participação no programa de guerra, Haber poderia continuar, porém sem os seus colaboradores. Haber não aceita esta condição, se demite e vai embora da Alemanha. Após uma breve passagem pela Inglaterra e pela Palestina, Haber morre na Suíça, em 1934.

Nessa etapa da sequência didática, os estudantes se organizaram para a realização de um debate. Este desempenha um papel fundamental, pois mobiliza a capacidade dos estudantes em defender oralmente um ponto de vista, uma escolha ou um procedimento de descoberta.

O debate (Aula 7) coloca em jogo capacidades fundamentais, tanto do ponto de vista linguístico (técnicas de retomada do discurso do outro, marcas de refutação, etc.), cognitivo (capacidade crítica) e social (escuta e respeito pelo outro), como do ponto de vista individual (capacidade de se situar, de tomar posição, construção de identidade). Além disso, trata-se de um gênero relativamente bem definido, do qual os estudantes apresentam certo conhecimento sobre o qual podem se apoiar. Dentre as diferentes modalidades de debates, optamos pela realização de um debate de opinião de fundo controverso, que diz respeito às crenças e opiniões, não visando a uma decisão, mas a uma colocação em comum das diversas posições, com a finalidade de influenciar a posição do outro, assim como de precisar ou mesmo modificar a sua própria (Dolz; Schneuwly; Pietro, 2004).

Cada etapa desse processo cumpriu a essencial função de articular aqueles saberes individuais, próprios do indivíduo, com saberes sociais, oriundos do aprendizado coletivo, num contexto cultural próprio.

As aulas 8 e 9, realizadas de forma dialogada com os estudantes, tiveram a intenção de resgatar

os conceitos elaborados, as principais ideias apresentadas pelos estudantes nos diferentes momentos da SD e na resolução de exercícios que envolveram cálculo da constante de equilíbrio ( $K_c$ ), a interpretação de seu valor e sobre deslocamento de equilíbrios.

Ao final do processo (Aula 10), na avaliação de Química, os estudantes foram incentivados a mobilizar seus saberes próprios e articulá-los com os conhecimentos construídos no coletivo sobre esta temática, para a elaboração de uma produção textual, a qual apresentamos a seguir, juntamente com alguns aspectos levantados no debate.

### O debate e a produção escrita na avaliação de química

Para a realização do debate, os estudantes foram divididos em dois grupos: dos favoráveis a que Haber recebesse o Prêmio Nobel, devido ao seu trabalho na síntese da amônia; e dos contrários à premiação, por julgarem que seu papel no desenvolvimento de armas químicas mostra um desprezo

**Nessa etapa da sequência didática, os estudantes se organizaram para a realização de um debate. Este desempenha um papel fundamental, pois mobiliza a capacidade dos estudantes em defender oralmente um ponto de vista, uma escolha ou um procedimento de descoberta.**

Quadro 2: Principais argumentos utilizados pelos estudantes no debate.

Argumentos discutidos pelos estudantes favoráveis à premiação de Haber
Invenção de um método que revolucionou a produção de alimentos.
Por ter pensado em uma forma de aumentar o rendimento da produção de amônia.
Por ser o pai da maior descoberta da humanidade.
Pelo seu espírito nacionalista, usou sua descoberta e seu conhecimento para o seu país.
Pelo fato de encontrar um catalisador e as condições ideais de pressão e temperatura para produção de amônia.
Argumentos discutidos pelos estudantes contrários à premiação
A amônia é matéria-prima para a produção de explosivos.
Participação no programa de gases de guerra da Alemanha na Primeira Guerra Mundial.
Por ferir acordos internacionais de não uso de armas químicas em guerra.
Por ferir a ética não respeitando a vida humana.

pela vida, algo que não pode estar vinculado à atividade científica. O quadro 2 sistematiza os principais argumentos discutidos pelos estudantes de ambos os grupos.

É válido destacar a presença, no texto dos estudantes, de ideias discutidas no decorrer do debate, o que demonstra que as discussões realizadas no coletivo contribuíram para o processo de aprendizagem do indivíduo.

Na avaliação de Química, foi solicitado aos estudantes que elaborassem um texto que abordasse os seguintes aspectos:

- I) *A importância da síntese da amônia no contexto mencionado, tendo em vista o seu uso como matéria-prima na produção de explosivos e fertilizantes;*
- II) *O papel de Fritz Haber no desenvolvimento do processo para a síntese da amônia, otimizando a sua rentabilidade e velocidade a partir do estudo das variáveis que interferem no processo, como pressão, temperatura e catalisador;*
- III) *A questão ética que envolveu Haber, ganhador do prêmio Nobel de 1918 pelo seu trabalho na síntese da amônia, relativa à sua participação no programa de guerra de gases da Alemanha na Primeira Guerra Mundial.*

Abaixo, apresentamos a produção de dois estudantes (Dora e Gabriel – nomes fictícios), com as correções linguísticas. Optamos por numerar os parágrafos para facilitar a posterior referência a recortes da fala dos estudantes.

*Texto elaborado por Dora*

1. A síntese da amônia, desenvolvida pelo cientista alemão Fritz Haber no século XX, teve um papel decisivo

para a Europa, tanto na questão da demanda por alimentos e eficácia na produção agrícola da região, quanto militar, da demanda de armamento bélico pelos Estados Nacionais europeus por conta da Primeira Grande Guerra.

2. A amônia, no setor da agricultura, é um importante fertilizante, que permite uma produção mais eficaz das plantações, já que é uma substância facilmente assimilada pelas plantas.

3. Entretanto, antes das descobertas de Haber, sua síntese era muito lenta e as reações para sua obtenção eram ineficazes e de baixo rendimento. Haber revoluciona este setor da ciência, pois consegue desenvolver a reação da síntese da amônia, de maneira que esta seja eficaz e rentável, por meio do uso de altas temperaturas durante a reação, pressões altas e de um catalisador, diminuindo a energia necessária de ativação da reação e aumentando a velocidade de produção da amônia, que sem estes recursos e variáveis, se dava em um processo muito lento.

4. Fritz Haber acaba ganhando um prêmio Nobel em seu nome pela descoberta, mas é criticado pela comunidade científica, pois utilizou a reação descoberta de síntese da amônia para a produção de explosivos, utilizados pela Alemanha durante a guerra, além de ter usado a sua descoberta do gás cloro para a demanda militar de seu país na guerra, num programa de “guerra de gases”. Por muitos cientistas, esse feito foi considerado antiético, já que Haber estaria usando seus conhecimentos para interesses militares de destruição e não de ajuda ao ser humano.

*Texto elaborado por Gabriel*

5. A Europa é um local no qual a área disponível para a agricultura é reduzida. Deste modo, eram enviados, do Chile, minérios para serem usados como fertilizantes para tornar o processo de produção de alimentos eficiente. No entanto, com o bloqueio naval britânico, estes minérios não eram mais levados à Europa, e foi Fritz Haber que resolveu o problema.

6. A síntese da amônia já era uma reação conhecida, mas era uma reação com baixo rendimento. Deste modo, Haber alterou alguns fatores na reação para que esta se tornasse mais eficiente. O químico percebeu que, por se tratar de uma reação exotérmica, a temperatura ideal seria uma nem tão alta, para não favorecer a produção de reagente, mas também não tão baixa, para não prejudicar a cinética das moléculas.

7. Além disso, percebeu que, se aumentasse a pressão, a produção da amônia também seria favorecida, pois existem mais mols de reagente do que de produto. E, por fim, Haber tirava a amônia pronta, para esta não se transformar em reagente e favorecer a produção da amônia. Por conta disso, Haber resolveu o problema da produção de alimentos e ganhou o prêmio Nobel, algo que foi bastante polêmico, pois a amônia também serve como explosivo, e o químico usou seu conhecimento para a produção de gases que foram usados na guerra e mataram milhares de pessoas, sendo uma das guerras com mais mortes na história.

A inserção da produção de texto na avaliação de química evidencia não apenas como o indivíduo articula seus saberes em determinada situação, mas contribui para o professor refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem. A inserção de um tema amplamente discutido no decorrer de uma sequência didática proporciona realizar um balanço das aquisições dos conceitos por parte dos estudantes. Segundo Hadji (2001), isso traz para avaliação uma dimensão prognóstica, no sentido que conduz a um melhor ajuste do ensino e da aprendizagem.

No caso das produções apresentadas, é interessante observar como os estudantes realizaram a composição do texto, por meio de organizações, reorganizações e categorizações de ideias. Ambos os estudantes mostram uma preocupação em apresentar ao leitor o contexto histórico (*parágrafos 1 e 5*), o que ajuda a introduzir o assunto que será abordado. Em seguida apresentam as contribuições realizadas por Haber na síntese da amônia (*parágrafos 3, 6 e 7*) e, por fim, discutem a participação de Haber no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial (*parágrafos 4 e 7*).

É fundamental problematizar as situações em que os estudantes são colocados a expressar suas ideias no papel, pois o processo de escrita não é a simples tradução de pensamentos em palavras, mas pressupõe modificações essenciais de estruturação, o que é considerado um dos principais desafios com que os estudantes se deparam ao realizar esse tipo de tarefa (Astolfi; Peterfalvi; Vérin, 1998).

### Considerações Finais

A incorporação da perspectiva histórica no ensino, a partir dos feitos de Haber, trouxe a discussão de como os interesses pessoais, políticos, governamentais, humanitários, bélicos e científicos permeiam a prática científica. Trata-se de algo fundamental na formação dos estudantes, por refletir acerca da atividade científica, que poucas vezes é realizada na escola pelo fato de, em muitos momentos, pautarmos nossa prática no ensino de conceitos científicos.

### Referências

- ARAÚJO, M. C.; BALDINATO, J. O. A síntese de amônia: uma proposta de estudo histórico para a formação de professores de química vinculada ao Prêmio Nobel de Fritz Haber. *História da Ciência e Ensino*: construindo interfaces, v. 11, p. 91-129, 2015.
- ASTOLFI, J-P.; PETERFALVI, B.; VÉRIN, A. *Como as crianças aprendem as ciências*. Retz, 1998.
- BELHOSTE, B. Das ciências instituídas às ciências ensinadas, ou como levar em conta a atividade didática na história das ciências. *Revista Brasileira de História da Educação*, v. 11, n. 3 (27), p. 47-61, set./dez. 2011.
- BRASIL, Ministério da Educação (MEC). *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC). 2015. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/BNCC-APRESENTACAO.pdf>>. Acesso em jan. 2017.
- BRASIL, Ministério da Educação (MEC). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Química*.

Em relação ao processo de ensino e aprendizagem é interessante registrar que a construção de uma narrativa a partir dos feitos de Fritz Haber para o ensino do equilíbrio químico contribuiu para tornar a aula mais dialogada, com os estudantes assumindo um maior protagonismo, como no momento da leitura do texto e no debate.

A mobilização de diferentes estratégias (leitura, experimento, filme, debate e produção escrita) contribuiu para alcançar os objetivos de aprendizagem elencados, uma vez que o estudante mobiliza seu intelecto para situações diversas, como sua competência leitora, a oralidade e a escrita.

Procuramos neste trabalho sinalizar um caminho que possa ser utilizado em sala de aula. Porém, acreditamos que existem outras vias para percorrê-lo, como a realização de um trabalho interdisciplinar entre os professores de História e Português, que podem contribuir, respectivamente, na contextualização histórica do período, na organização do debate e na produção textual.

### Agradecimento

Agradeço à Escola da Vila e ao coordenador da área de Ciências Naturais (Ensino Médio), Divino Marroquini, pela disponibilidade e apoio em todas as etapas da execução desta atividade de ensino.

### Nota

<sup>1</sup>Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A03.PDF>> acesso em 04 mar. 2017.

**Aroldo Nascimento Silva** (arosilva32@gmail.com), licenciado em Química pelo IQUSP, mestre em Ensino de Ciências pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências pela USP, doutorando pela FEUSP, é professor na rede particular de ensino de São Paulo. São Paulo, SP – BR. **Ermelinda Moutinho Pataca** (ermelinda.pataca@gmail.com), licenciada em Química pela Unicamp, mestra e doutora na área de Educação Aplicada às Geociências pela Unicamp, é professora da Faculdade de Educação da USP. São Paulo, SP – BR.

Parecer CNE/CES n. 1303/2001, 6 de novembro de 2001.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Resolução CNE/CP1, 18 de fevereiro de 2002.

CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. Imagens de Ciência em Manuais de Química Portugueses. *Química Nova na Escola*, n. 6, p. 24-29, nov. 1997.

CANZIAN, R; MAXIMIANO, F. A. Princípio de Le Chatelier: O que tem sido apresentado em livros didáticos. *Química Nova na Escola*, Vol. 32, n. 2, 107-119, 2009.

CHAGAS, A. P. A Síntese da Amônia: Alguns Aspectos Históricos. *Química Nova*, Vol. 30, n. 1, 240-247, 2007.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Unijuí, 2000.

PÉREZ, D G., *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, 125-153, 2001.

DOLZ, J.; BERNARD, S.; PIETRO, J. F.; “Relato da elaboração de uma sequência: o debate público.” *Gêneros orais e escritos*



na escola. Tradução e organização: Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004, p. 247-278.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. H.; ROCHA-FILHO, R. C. Algumas Experiências Simples envolvendo o Princípio de Le Chatelier. *Química Nova na Escola*, n. 5, 28-31, maio, 1997.

GOODAY, G.; LYNCH, J. M.; WILSON, K. G.; BARSKY, C. K. Does Science Education Need the History of Science? *Isis*. Chicago, v. 99, n. 2, p. 322-330, 2008.

HADJI, C.; Avaliação Desmistificada. Artmed, 2001.

HODSON, D. Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*. Leeds, v. 12, p. 25027, 1985, p. 27.

JUSTI, R. S.; MILAGRES, V. S. O. Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado nos livros didáticos no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 41-46, 2001.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20, 1996.

MATHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAIA, D. J.; GAZOTTI, W. A.; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. Chuva Ácida: um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no ensino médio. *Química Nova na*

*Escola*, n. 21, p. 44-46, 2005.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Ed.). *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. Campinas: Átomo, 2008. p. 85-103.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: Maldaner, O. A.; SANTOS, W. L. P. (Org.). *Ensino de Química em Foco*. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 159-180.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no Ensino de Equilíbrio Químico. *Química Nova na Escola*, n. 27, p. 13-25, 2008.

SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. Ensino do Conceito de Equilíbrio Químico: uma breve reflexão. *Química Nova na Escola*, n. 25, p. 10-13, 2007.

SCHNETZLER, Roseli P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, p. 14-24, 2002.

SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, E. T. G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 13-17, 2002.

ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (Ed.). *Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. Ijuí: Unijuí, 2007.

**Abstract:** *The Teaching of Chemical Equilibrium from the works of the German scientist Fritz Haber in the ammonia synthesis and the chemical weapons program during the First World War.* In this paper we discuss a didactic experience, carried out with students of the final years of high school in a school in the city of São Paulo (SP), which presents a perspective on the integration of aspects of History of Science in the teaching of Chemistry, with the intention of promoting reflections on the social, political and economic aspects of scientific practice. The historic approach focused on the work of German chemist Fritz Haber in the search for a solution that would increase the yield of ammonia synthesis reaction and his participation in the development of chemical weapons during World War I.

**Keywords:** history of chemistry, chemistry teaching, Fritz Haber, chemical equilibrium

## ANEXO I

### Fritz Haber, notável cientista e diretor de pesquisa, assessor do exército alemão durante a Primeira Guerra Mundial

“O coração tem razões que a própria razão desconhece”

No início do século XX, a questão da produção de alimentos era muito importante para a Europa, onde a área disponível para a agricultura é muito reduzida. Era importante, naquela época, aumentar a eficiência na produção de alimentos com o uso de fertilizantes. O uso de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) para fertilizar os solos era uma prática comum no século XIX. Com a descoberta de que a amônia ( $\text{NH}_3$ ) poderia ser utilizada como matéria-prima para a produção de fertilizantes nitrogenados, alguns cientistas começaram a estudar as possibilidades de transformar o gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) do ar em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) ou  $\text{NH}_3$  assimiláveis pelas plantas.

Atualmente, a aplicação mais importante da amônia é na produção de fertilizantes (80%). Cerca de 10% da amônia produzida anualmente é utilizada na fabricação de plásticos e fibras sintéticas; 5% é utilizada na fabricação de explosivos, como a nitrocelulose, a nitroglicerina, nitrato de amônio e o trinitrotolueno (TNT). Usa-se ainda na produção de

carbonato de sódio, como aditivo em perfumes e corantes. A Figura 1 mostra as diversas aplicações da amônia.

Além da questão que envolve a produção de alimentos, a molécula de amônia ( $\text{NH}_3$ ) tornou-se decisiva na Primeira Guerra Mundial. Como pode ser observado na figura, a amônia é a matéria-prima para a fabricação do ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ , de que se precisa para fazer explosivos.

Não se encontram comumente nitratos na Natureza, porque eles são muito solúveis em água e tendem a se dispersar no ambiente, mas, nos desertos extremamente áridos do norte do Chile, enormes depósitos de nitrato de sódio (chamado salitre do Chile) foram minerados nos dois últimos séculos como fonte de nitrato para a preparação direta de ácido nítrico.

Durante a Primeira Guerra Mundial, um bloqueio naval britânico impediu o envio de salitre do Chile para a Alemanha. Sendo os nitratos substâncias químicas estratégicas, necessárias para a manufatura de explosivos, os alemães precisaram encontrar outra fonte.

Alguns processos foram desenvolvidos para produção de amônia, mas em todos eles o rendimento da produção era baixo e envolvia um grande esforço energético. Desde

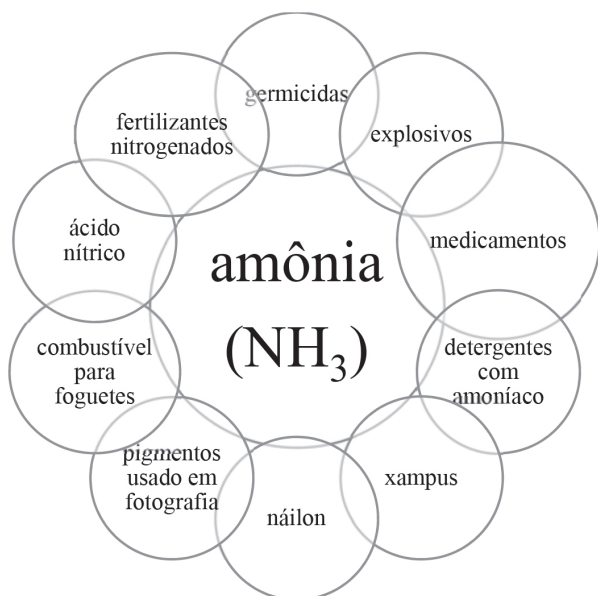
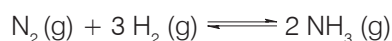


Figura 1. Alguns produtos obtidos a partir da amônia (Marcondes *et al.*, 2001)

1795, já se sintetizava  $\text{NH}_3$  a partir dos gases hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). No entanto, à pressão e temperatura ambientes, a reação produzia uma quantidade muito pequena de  $\text{NH}_3$ , e a elevação da temperatura parecia não contribuir para aumentar significativamente sua produção.

Foi Fritz Haber (1868-1934), químico alemão, quem resolveu, do ponto de vista da Química, o problema de síntese de  $\text{NH}_3$  a partir de nitrogênio e hidrogênio. Isso lhe valeu o prêmio Nobel de Química de 1918.

A equação da reação de produção de  $\text{NH}_3$  a partir de nitrogênio e hidrogênio pode ser escrita da seguinte forma:



$$\Delta H = - 45,9 \text{ kJ.mol}^{-1} \text{ de amônia, a } 298 \text{ K } (25 \text{ }^\circ\text{C})$$

O exame da equação permite perceber que todas as espécies envolvidas são gasosas, que o número de moléculas gasosas é maior nos reagentes do que nos produtos, e que a reação é exotérmica, portanto libera energia sob a forma de calor para o ambiente.

Haber conseguiu resolver o problema de usar nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) inerte trabalhando com condições de reação que produziam o máximo de amônia com o mínimo custo: pressão alta, temperatura de cerca de 400 a 500° e remoção da amônia assim que ela se formava.

Considere os dados da Tabela 1, que relaciona porcentagens de  $\text{NH}_3$  formada a partir de uma mistura de  $\text{H}_2$  e  $\text{N}_2$  na proporção de 3:1 em diferentes temperaturas e pressões.

Grande parte do trabalho de Haber consistiu em encontrar um catalisador para aumentar a velocidade dessa reação particularmente lenta.

Seus experimentos tinham por objetivo produzir amônia para a indústria de fertilizantes. Na época, os depósitos de salitre do Chile forneciam a matéria-prima para a fabricação

Tabela 1: Porcentagens de amônia formada a partir de uma mistura de  $\text{H}_2(\text{g})$  e  $\text{N}_2(\text{g})$  na proporção de 3:1 (Marcondes *et al.*, 2001).

Temperatura (em $^\circ\text{C}$ )	Pressão (em atm)			
	200	300	400	500
400	38,7	47,8	58,9	60,6
450	27,4	35,9	42,9	48,8
500	18,9	26,0	32,2	37,8
550	12,8	18,4	23,5	28,3
600	8,80	13,0	17,0	20,8

de dois terços dos fertilizantes produzidos no mundo; como eles estavam se esgotando, tornou-se necessário encontrar uma rota sintética para a produção de amoníaco. Em 1913, a primeira fábrica de amoníaco sintético do mundo já havia sido implantada na Alemanha, e quando o bloqueio britânico cortou o fornecimento a partir do Chile, o processo de Haber, como até hoje é conhecido, foi rapidamente expandido para outras fábricas destinadas a fornecer amônia não só para fertilizantes como para munições e explosivos. Em reação com o oxigênio, a amônia produzida forma dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), o precursor do ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). O bloqueio britânico foi, portanto, irrelevante para a Alemanha, que já era capaz de produzir amônia para fertilizantes e ácido nítrico para a fabricação de compostos nitrados explosivos. A fixação do nitrogênio havia se tornado um fator decisivo na guerra.

O Prêmio Nobel de Química de 1918 foi concedido a Fritz Haber por seu papel no desenvolvimento do processo para a síntese do amoníaco, que acabou conduzindo a uma maior produção de fertilizantes e, conseqüentemente, à maior capacidade da agricultura de produzir alimentos para a população mundial. A divulgação do prêmio, porém, suscitou uma tempestade de protestos, em razão do papel que Fritz Haber desempenhara no programa de gases de guerra da Alemanha, na Primeira Guerra Mundial. Em abril de 1915, cilindros de gás cloro haviam sido liberados numa linha de frente de quase cinco quilômetros perto de Ypres, na Bélgica. Cinco mil homens haviam morrido e outros dez mil sofreram efeitos devastadores no pulmão em consequência da exposição ao cloro. Sob a direção de Haber, o programa de gases de guerra testou e usou várias substâncias novas, entre as quais o gás mostarda e o fosgênio. Embora, em última análise, os gases de guerra não tivessem sido um fator decisivo no desfecho do conflito, aos olhos de muitos dos pares de Haber a grande inovação que ele desenvolvera anteriormente – tão decisiva para a agricultura mundial – não contrabalançava o resultado aterrador da exposição de milhares de pessoas a gases venenosos. Para muitos cientistas, conceder o Prêmio Nobel a Haber, nessas circunstâncias, foi uma ironia grotesca. Haber, que via pouca diferença entre a guerra convencional e a de gases, ficou extremamente perturbado com essa controvérsia.

Alguns dias após o ataque em Ypres, Haber estava em Berlim, e sua esposa Clara pediu-lhe que deixasse de trabalhar com gases venenosos. Certamente ele não lhe deu ouvidos, e na madrugada de 2 de maio ela se suicidou com a própria arma de Haber, então Capitão Honorário do Exército Alemão. Dias depois, ele embarcou novamente para a linha de frente (agora na frente leste) e de lá escreveu para um amigo: “Durante um mês, não pensava poder resistir a esse golpe, mas, na presença da guerra, acalmei-me, por força de ver as imagens sinistras e do dever de haurir os últimos recursos que existem em mim.”

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHAGAS, A. P. A Síntese da Amônia: Alguns Aspectos Históricos. *Química Nova*, vol. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.

LE COUTEUR, P.; JAY, B. *Os Botões de Napoleão: 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2006.

MARCONDES, M. E. R. *et al. Interações e Transformações II - reelaborando conceitos sobre transformações químicas (cinética e equilíbrio)*, 3ª. ed., vol. 2. São Paulo: EDUSP, 2001, p. 15 e 26.

PEREIRA, E. D. B. *Passado, presente e futuro da produção industrial do amoníaco: uma investigação documental*. 2009. 292 f. Dissertação (Mestre em Química) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, 2009.