

A síntese de amônia: uma proposta de estudo histórico para a formação de professores de química vinculada ao Prêmio Nobel de Fritz Haber

Mariana Corrêa Araújo
José Otavio Baldinato

Resumo

Estudos de caso pautados pela nova historiografia da ciência compõem uma enriquecedora gama de recursos a serem utilizados na formação de professores.¹ Ao favorecerem estratégias que integram o aprender ciência ao aprender sobre ciência, eles instrumentalizam professores na busca por muitos dos objetivos atuais do ensino preconizados nos parâmetros curriculares oficiais. Neste trabalho, abordamos o prêmio Nobel do químico Fritz Haber (1868-1934), conferido em 1918 pela síntese da amônia. Partindo da tradução da palestra de Haber para o português, buscamos facilitar o acesso a este documento histórico original, dirigindo o olhar de licenciandos a um texto que favorece a percepção de como os desenvolvimentos da química se conectam diretamente às questões de um contexto histórico mais amplo. Nossa análise dos aspectos didáticos da conferência dialoga com os estudos de Gil Pérez e colaboradores² ao explorar detalhes do episódio que permitem contrapor visões distorcidas de ciência. Na fala de Haber, encontramos uma química que entrelaça questões tecnocientíficas e sociais de maneira rica, e que permite considerar: a demanda por fertilizantes em resposta ao crescimento da população e às mudanças nos seus modos de vida; dificuldades metodológicas no alcance das condições termodinâmicas ideais à síntese; aspectos do contexto da Europa no período imediatamente anterior à Primeira Guerra; e as próprias inclinações políticas e filosóficas do pesquisador. Concluímos que o texto histórico apresentado pode servir aos professores, incentivando-os a trabalharem mais com os problemas que levam ao conhecimento científico em cada contexto e não apenas com os conceitos finais desenvolvidos.

Palavras-chave: Fritz Haber; Amônia; Prêmio Nobel.

Abstract

Case studies oriented by the new historiography of science are helpful in science teachers' training. Such studies may facilitate the achievement of certain teaching objectives, especially those related to pulling together learning science and learning about science. In this paper we approach the historical case of Fritz Haber (1868-1934) and his Nobel Prize, awarded for the synthesis of ammonia. By translating Haber's speech into Portuguese, we tried to enable access to teachers and undergraduates to a text that facilitates the closer appreciation of a wide historical context. Our analysis dialogues with Gil Pérez et al. and tries to make

¹ Ana M. Alfonso-Goldfarb, Marcia H. M. Ferraz, & Maria H. R. Beltran, "A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços," in *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*, org. Ana M. Alfonso-Goldfarb & Maria H. R. Beltran, 49-74 (São Paulo: Livraria da Física, EDUC, Fapesp, 2004).

² Daniel Gil Pérez et al., "Para uma imagem não deformada do trabalho científico," *Ciência & Educação* 7 (2, 2001): 125-153.

explicit how the speech may help students to avoid inadequate perspectives about the nature of science. The Nobel Lecture evidences interesting relations between science and social issues such as: the great demand for nitrogen sources resulting from a denser population; methodological difficulties in reaching ideal thermodynamic conditions for the synthesis; the context in Europe prior to WWI; and Haber's own political and philosophical inclinations. Calling teachers' attention to these details might contribute to the formation of more complex perceptions of science, encouraging them to make teaching deal more with the problems that led to the scientific knowledge in any particular time instead of dealing only with science final concepts.

Keywords: Fritz Haber; Ammonia; Nobel Lecture.

INTRODUÇÃO

O Prêmio Nobel possui um grande prestígio perante a sociedade, sendo que os pesquisadores laureados ganham fama e renome em escala mundial, influenciando uma série de outros estudos e pesquisas.³ Quando uma pessoa é laureada, ela oferece uma conferência ao público como parte do protocolo cerimonial. A transcrição destas palestras é de acesso livre no site da Fundação Nobel, usualmente em inglês. Algumas são acompanhadas de slides e pode-se, inclusive, assistir às gravações em vídeo das premiações mais recentes.⁴

Diferentes dos artigos e comunicações acadêmicas que são pautados por uma linguagem técnica, objetiva e impessoal,⁵ as palestras de prêmio Nobel se mostram muito mais acessíveis ao público não especializado e, embora apresentem um ponto de vista bastante peculiar – o do ganhador –, elas costumam trazer detalhes do contexto e de motivações que nos permitem observar a ciência de um modo humanizado.

Por conter tais características, cada palestra de prêmio Nobel se torna um objeto de interesse no âmbito do ensino, e endossa o argumento de que a inserção de textos históricos originais pode trazer contribuições ao aprendizado de ciências e à formação de professores.⁶ Sob este viés,

³ Ático Chassot, "A ciência é masculina? É, sim senhora!" *Contexto e Educação* 71-72 (2004): 9-28.

⁴ Nobelprize.org, *The official website of the Nobel Prize*, <http://www.nobelprize.org/> (acessado em 20 de outubro de 2012).

⁵ Maurício Pietrocola, "Linguagem e estruturação do pensamento na ciência e no ensino de ciências," in *Filosofia, Ciência e História*, org. Maurício Pietrocola, 467-485 (São Paulo: Discurso editorial, 2005).

⁶ Paulo. H. O. Vidal, & Paulo A. Porto, "Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da ureia para o ensino de química," *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces* 4 (2011):

Cordeiro e Peduzzi já exploraram o potencial didático das conferências proferidas pelo casal Curie, referentes aos prêmios Nobel de Física de 1903 e de Química, de 1911.⁷ Além de destacar aspectos históricos do desenvolvimento da radioatividade, enfatizando seu apelo interdisciplinar, os autores também dialogam com Gil Pérez e seus colaboradores ao sugerirem enfoques históricos no ensino como ferramenta no combate às chamadas visões deformadas de ciência. No presente trabalho, reafirmamos esses ideais a partir de um novo caso que, embora se dirija mais diretamente a professores de química, propõe um olhar que valoriza o estudo dessa disciplina de modo vinculado a questões históricas, geopolíticas e sociais.

Com o objetivo de facilitar o acesso de professores brasileiros ao texto original, traduzimos para o português a conferência proferida por Fritz Haber (1868-1934) após receber o prêmio Nobel de Química de 1918.⁸ Na sequência, traçaremos breves considerações sobre a importância da síntese da amônia e as motivações que levaram vários grupos de pesquisadores a se dedicarem a este problema. Seguiremos com a tradução da palestra e, ao final, com uma análise do seu potencial didático. Tentaremos explicitar como alguns aspectos do discurso de Haber podem contribuir para que a compreensão da ciência se dê de acordo com os objetivos descritos nas Diretrizes Nacionais Brasileiras para o ensino de Ciências e para as licenciaturas em química.⁹ Em particular, destacaremos como o estudo deste documento histórico também possibilita a desconstrução de visões

13-23; Karina A. F. D. Souza & Paulo A. Porto, "History and Epistemology of Science in the Classroom: The Synthesis of Quinine as a Proposal," *Journal of Chemical Education* 89 (2012): 58-63.

⁷ Marinês D. Cordeiro & Luiz O. Q. Peduzzi, "As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: A Gênese da radioatividade no ensino," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 27 (3, 2010): 473-514.

⁸ Fritz Haber, "The synthesis of ammonia from its elements," *Nobel Lecture, Chemistry (1920)*, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1918/haber-lecture.pdf (acessado em 25 de novembro de 2011); Mariana C. Araújo, "O Nobel de Fritz Haber e suas contribuições ao ensino de ciências," (monografia de conclusão de curso, IFSP, São Paulo, 2012).

⁹ Brasil, MEC, *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – Bases legais (PCNEM)* (Brasília: MEC/SEMTEC, 1999); Brasil, MEC/CES, *Parecer 1.303/2001 – Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Química* (2001); Brasil, MEC, *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+ Ensino Médio)* (Brasília: MEC/SEMTEC, 2002).

deformadas de ciência bastante comuns, conforme descritas por Gil Pérez e seus colaboradores.¹⁰

Assim, buscamos reforçar a noção de que a história da ciência pode contribuir de diversas formas com o ensino. Em particular, acreditamos que as reflexões sugeridas neste trabalho sejam úteis à formação de professores de química, possibilitando uma multiplicidade de olhares que inclui a contextualização dos temas e a humanização das ciências.¹¹

A SÍNTESE DA AMÔNIA E O NOBEL DE FRITZ HABER

Todo estudante de química logo deve aprender que a ligação de dois átomos de nitrogênio requer muita energia para ser rompida, representando uma substância quase inerte. Quando o nitrogênio se encontra ligado a outros elementos como oxigênio ou hidrogênio, formando óxidos ou amônia, têm-se, então, compostos mais reativos, que podem ser facilmente utilizados em outros processos. O nitrogênio é um elemento químico essencial para todos os vegetais, mas estes só são capazes de assimilá-lo na forma de compostos, como nitratos, e não a partir da substância molecular simples, $N_{2(g)}$, que é abundante no ar atmosférico.¹²

A síntese de amônia é muito relevante para a sociedade em nível global por se tratar da produção de uma das matérias-primas mais requisitadas pela fabricação de diversos compostos, conforme ilustra a Figura 1, retirada de um livro didático de nível médio.¹³ Desta versatilidade

¹⁰ Daniel Gil Pérez et al., "Superação das visões deformadas da ciência e tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica," in *A necessária renovação do ensino das ciências*, org. António Cachapuz et al. (São Paulo: Cortez, 2005), 35-68.

¹¹ Paulo A. Porto, "História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade," in *Ensino de Química em Foco*, org. Wildson L. P. Santos & Otávio A. Maldaner (Ijuí: Unijuí, 2010), 159-180; Michael. R. Matthews, "História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação," *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 12 (3, 1995): 164-214; Roberto. A. Martins, "Introdução: A História das Ciências e seus usos na educação," in *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*, org. Cibelle C. Silva (São Paulo: Livraria da Física, 2006), 17-30.

¹² Vaclav Smil, *Enriching the earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production* (Cambridge: The MIT Press, 2001).

¹³ Maria E. R. Marcondes et al., *Interações e Transformações II - reelaborando conceitos sobre Transformações Químicas (cinética e equilíbrio)*, 3ª. ed., vol. 2 (São Paulo: EDUSP, 2001), 15.

deriva sua grande importância econômica, social e ambiental, além de ser um tema bastante recorrente no ensino de química.¹⁴

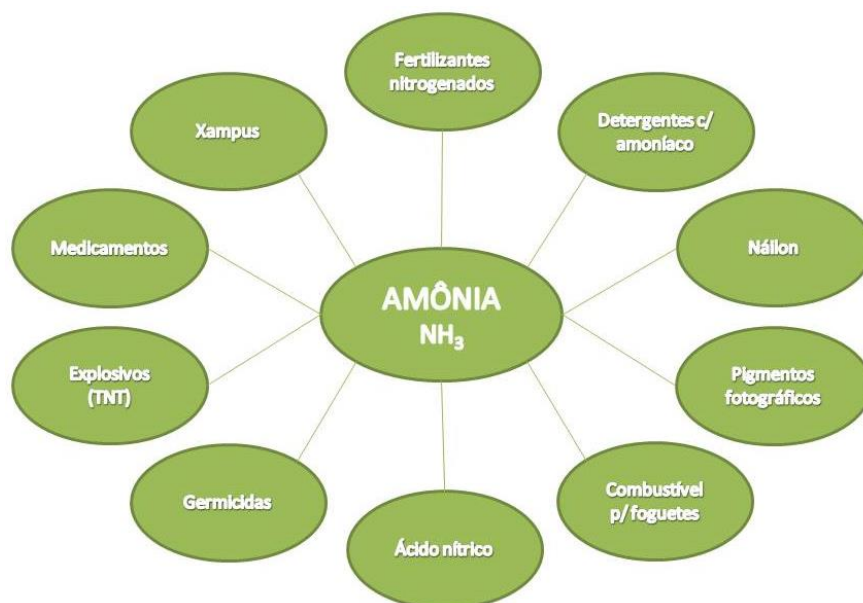


Figura 1. Artigos que envolvem amônia em sua produção (adaptado de Marcondes *et al.*, 2001)

Se pensarmos na equação química que descreve a síntese da amônia, deparamo-nos com um fenômeno de aparência enganosamente simples, no qual duas substâncias simples interagem na formação de um produto composto. Contudo, por trás dessa equação se esconde uma enorme complexidade de condições necessárias para que o processo ocorra com rendimento apreciável. Alta pressão e temperatura, constantes de equilíbrio, entalpias de formação e catalisadores específicos são muitas vezes ignorados, bem como a importância econômica do processo.



¹⁴ Aécio P. Chagas, "A síntese da amônia: Alguns aspectos históricos," *Química Nova* 30 (1, 2007): 240-247.

Até o início do século XX, as principais fontes de nitrogênio ligado eram o salitre extraído dos desertos montanhosos do Chile, o guano e os compostos obtidos como subprodutos da destilação do carvão ou da síntese de cianamida por carbeto de cálcio. Havia também estudos que buscavam a fixação do nitrogênio atmosférico por descarga elétrica. Porém, ao comparar a quantidade de compostos nitrogenados obtidos por essas diferentes fontes com a demanda crescente da época, sabia-se que as necessidades vigentes estavam longe de serem supridas.¹⁵

Somado à previsão do esgotamento dos depósitos de salitre, o aumento da demanda por alimentos e outros insumos industriais, em especial na Alemanha, que detinha a maior densidade populacional da época, evidenciava a necessidade de pesquisas e tecnologias que propiciassem novos métodos de fixação de nitrogênio, ou que, ao menos, aprimorassem as técnicas já existentes. Este contexto fez pesquisadores como Ostwald (1853-1932), Nernst (1864-1941), Le Chatelier (1850-1936) e Haber direcionarem esforços para realização de pesquisas sobre fixação de nitrogênio.

Em julho de 1909, depois de muitos fracassos técnicos decorrentes desses esforços, Haber e seu assistente, Robert le Rossignol (1884-1976), demonstraram uma rota laboratorial viável para síntese de amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio. Por essa contribuição, Haber foi laureado com o prêmio Nobel de Química de 1918 pela síntese da amônia a partir dos seus elementos. Devido às tensões resultantes da Primeira Guerra Mundial, a cerimônia de premiação só ocorreu em 1920.¹⁶

Na sequência, apresentamos a tradução da palestra proferida por Haber na ocasião da sua premiação. Optamos por numerar os parágrafos para facilitar a posterior referência a recortes da fala de Haber.

¹⁵ Smil, *Enriching the earth*.

¹⁶ Dietrich Stöltzenberg, *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew: A Biography* (Philadelphia: Heritage Press, 2004).

TRADUÇÃO DA PALESTRA

Fritz Haber

A síntese da amônia a partir dos seus elementos¹⁷Conferência Nobel, 2 de junho de 1920¹⁸

1. A Academia Sueca de Ciências julgou apropriado honrar o método de produção da amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio com a concessão do Prêmio Nobel. Esta ilustre distinção me impõe a obrigação de explicar a posição ocupada por essa reação dentre os temas da química como um todo, e delinear o caminho que levou a ela.
2. Nos referimos a um fenômeno químico do tipo mais simples possível. Nitrogênio gasoso se combina com hidrogênio gasoso em proporções simples e quantitativas, produzindo gás amônia. As três substâncias envolvidas são bem conhecidas dos químicos há mais de cem anos. Durante a segunda metade do último século, o comportamento de cada uma delas foi estudado centenas de vezes, sob várias condições, num período em que uma enxurrada de novos conhecimentos químicos se tornou disponível. Se a produção de amônia a partir das substâncias simples não foi descoberta até o século atual, isto se deve ao fato de que é preciso utilizar equipamento muito especial, e em condições específicas, para que se obtenha sucesso na combinação espontânea de nitrogênio e hidrogênio numa escala substancial, e que uma combinação de sucesso experimental com considerações termodinâmicas era necessária.
3. Foi particularmente importante considerar que tentativas anteriores não obtiveram sucesso, mesmo que passageiro, em alcançar com absoluta certeza uma união espontânea de nitrogênio e hidrogênio para formar

¹⁷ Preservamos o termo “elementos” no título da palestra com a intenção de manter o impacto e a concisão do original. No entanto, ao longo do texto, optamos pela substituição desta expressão por “substâncias simples”, em favor do correto entendimento do conceito químico em português.

¹⁸ Tradução de Mariana Corrêa Araújo.

amônia. Isso gerou o preconceito de que tal produção de amônia era impossível, e gradualmente essa concepção desfrutou de considerável apoio em círculos químicos. Tal preconceito faz com que se espere por armadilhas, as quais, muito mais que dificuldades claramente definidas, desencorajam que alguém se envolva muito profundamente com o tema.

4. Um interesse estritamente profissional pela preparação da amônia a partir das substâncias simples se baseou na conquista de um resultado simplório, obtido com equipamento especial. Um interesse mais amplo se devia ao fato de que a síntese de amônia a partir dos seus componentes na forma simples, se conduzida em larga escala, seria uma forma útil, talvez a mais útil no presente, de satisfazer importantes necessidades econômicas nacionais. Estas aplicações práticas não eram o motivo principal das minhas investigações. Eu nunca duvidei que meu trabalho de laboratório traria, no máximo, uma confirmação científica de princípios básicos e um padrão de recursos experimentais, e que muito precisaria ser acrescentado a qualquer êxito meu para assegurar sucesso econômico em escala industrial. Por outro lado, eu dificilmente me concentraria tanto neste problema se não estivesse convencido da necessidade econômica de progresso químico neste campo, ou se não partilhasse plenamente da convicção de Fichte, de que embora o propósito imediato da ciência repouse em seu próprio desenvolvimento, sua meta final deve estar associada à influência modeladora que ela exerce, no tempo certo, sobre a vida em geral e sobre todo o manejo humano das coisas à nossa volta.
5. Desde a metade do século passado tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não são capazes de absorver o nitrogênio em sua forma de substância simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado com oxigênio, sob a forma de nitrato, para poderem assimilá-lo. Essa ligação com oxigênio pode começar pela

- combinação com hidrogênio, formando amônia, já que no solo o nitrogênio da amônia se converte em nitrogênio de salitre.
6. Em condições naturais, o solo não perde o nitrogênio que tem fixado. Plantas verdes o utilizam para sintetizar substâncias complicadas sem convertê-lo em nitrogênio elementar. Animais e humanos ingerem este nitrogênio com as plantas e o devolvem ao solo, na forma fixada, em suas excreções e, ao final, com seus restos mortais. A combustão e a putrefação destroem certa quantidade de nitrogênio fixado, mas a Natureza compensa as perdas quando, durante as tempestades, raios combinam nitrogênio e oxigênio nas camadas altas da atmosfera, que são então trazidos para baixo pela chuva. A este processo de fixação de nitrogênio por descarga elétrica como uma fonte de nitrogênio ligado, acrescenta-se a atividade de bactérias no solo, algumas das quais vivem livres enquanto outras são encontradas nos nódulos das raízes de muitas plantas, convertendo nitrogênio livre em nitrogênio ligado.
 7. Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.
 8. Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. Essa necessidade é ampliada por considerações da economia nacional [alemã] que, com a maior densidade populacional dentre os países industrializados, demanda maior produtividade agrícola local, e a questão se amplia ainda mais pelo fato de que a expansão industrial requer nitrogênio fixado para muitos de seus próprios usos químicos. A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.
 9. Agricultura, sempre a principal consumidora, não se satisfaz apenas com um suprimento de nitrogênio – potássio e fósforo são igualmente indispensáveis – mas o mundo possui muito menos recursos naturais

para prover o nitrogênio necessário. Assim, naturalmente, a preocupação com provisões de nitrogênio se tornou o primeiro dos grandes obstáculos que se colocam no caminho do comércio mundial que temos trilhado nas últimas décadas.

10. Tão acostumado a interpretar eventos históricos no contexto da natureza imutável do homem, nosso modo de pensar facilmente nos ilude e faz passar despercebida a enorme reviravolta na história da humanidade que os últimos cem anos representam. Em períodos anteriores, a necessidade de energia era satisfeita pelo trabalho físico de homens e pelo uso do vento e do sol, que já existiam antes de nós e ainda sobreviverão às nossas condições de vida. O século passado abriu as comportas para a energia armazenada no carvão e introduziu modos de vida nos países industrializados, em que o trabalho físico de homens apenas opera um relê para liberar a energia cem vezes mais poderosa do carvão no fluxo de vida do comércio internacional. Surgiram necessidades técnicas para as quais facilmente nos encontramos despreparados pela falta de desenvolvimento científico adequado. A situação atual dos negócios no mundo torna isso evidente, com os efeitos do pós-guerra na Europa Central impondo um fardo esmagador sobre nosso trabalho científico.
11. A necessidade de viabilizar novas fontes de nitrogênio se tornou claramente visível na virada do século. Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a Natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seriíssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída.
12. O problema não era novo para os químicos. Quando começaram a destilar carvão, eles se depararam com a amônia entre os produtos da destilação, e esta, na forma de sulfato de amônio, teve aplicação na agricultura. Enquanto em 1870 a amônia era um desagradável

subproduto da indústria de gás¹⁹, em 1900, ela havia se tornado um valorizado produto associada aos gases combustíveis, e a indústria de coque estava a pleno ritmo, em todos os lugares, adaptando fornalhas para a sua subprodução. Sua origem a partir do nitrogênio fixo do carvão era entendida; uma melhoria no seu rendimento, que pelo processo normal era dificilmente maior que 1/5 do nitrogênio contido no carvão, tinha sido amplamente estudada. Mas nenhuma solução satisfatória parecia promissora neste sentido.

13. Com um teor médio por volta de 1% de nitrogênio fixado, o carvão não poderia ser processado para obtenção apenas de nitrogênio. O fornecimento de nitrogênio como um subproduto impunha limites à produção que tornavam impossível compensar a futura deficiência de salitre por esta fonte. Era claro que a demanda por nitrogênio fixado, que no início desse século podia ser satisfeita com algumas centenas de milhares de toneladas por ano, deveria aumentar para milhões de toneladas. Uma demanda dessa ordem só poderia ser suprida por uma fonte - o imenso estoque de gás nitrogênio disponível em nossa atmosfera - e se a solução era corresponder à demanda, a combinação do nitrogênio teria que ser alcançada por vias químicas, e com as substâncias mais simples e abundantes. Assim como a condição de matéria-prima do nosso planeta indica o gás nitrogênio como material de partida, as necessidades das plantas indicam amônia ou ácido nítrico como produtos finais requeridos. Deste modo, a tarefa passou a ser combinar nitrogênio gasoso com oxigênio ou água.
14. Novamente, esse não era um problema químico novo ou não ensaiado. A combinação de nitrogênio com hidrogênio para formar amônia ou com oxigênio para produzir nitratos já havia mobilizado a ciência e a tecnologia em certa medida.

19 Trata-se da indústria de coqueamento baseada na destilação do carvão. A mistura de gases que deriva do processo inclui hidrogênio, monóxido de carbono, metano e impurezas como o dióxido de carbono e a amônia. [N.T.]

15. A combinação com hidrogênio diretamente a partir das substâncias simples havia sido induzida por várias formas de descarga elétrica, o que obviamente resultou em um consumo de energia em proporções alarmantes. A combinação indireta, por outro lado, tinha sido desenvolvida com resultados técnicos notáveis; o nitrogênio era combinado com outras substâncias e essas combinações eram então hidrolisadas com água, separando a amônia. Apenas a junção espontânea das substâncias simples era desconhecida quando, em 1904, eu comecei a me ocupar do assunto; o processo foi dado como impossível depois de se verificar que pressão, calor e a ação catalítica de esponjas de platina eram incapazes de produzir o efeito.
16. O método indireto concentrava a atenção de cientistas e tecnólogos desde que Margueritte e Sourdeval, baseados no trabalho anterior de Bunsen e Playfair, desenvolveram o processo até o estágio de produção de amostras em 1860. Barita cáustica e carvão, misturados com nitrogênio a altas temperaturas, produziam cianeto de bário. Sob temperaturas menores, essa combinação se decompunha na presença de vapor de água, formando amônia e hidróxido de bário, que retornava ao processo. Assim, alternando entre a formação e a quebra do cianeto de bário obtinha-se uma contínua formação de amônia e dióxido de carbono a partir de carvão, água e gás nitrogênio. No meio-século seguinte à publicação de Margueritte e Sourdeval, este método indireto, cuja realização técnica inicial gerou demandas excessivas sobre os frascos de reação, foi reestudado em diversas formas adaptadas.
17. Baritas podiam ser substituídas por óxidos de outros metais ou semi-metais que fossem resistentes a calor. O processo de fixação do nitrogênio podia ser dividido em etapas, começando pela formação do metal, semi-metal ou carbeto metálico, por redução, que numa reação subsequente fixaria o nitrogênio. O resultado nunca foi inteiramente satisfatório como solução para o problema da síntese da amônia.
18. Se a redução do óxido e a fixação do nitrogênio ocorriam num processo único, isso exigia uma temperatura extremamente elevada. Já se o

- processo fosse dividido, obtinham-se produtos intermediários que reagem mais facilmente com nitrogênio. Contudo, o produto intermediário – metal, semi-metal ou carvão – então, demandava, para sua própria produção a partir de massivas reservas de produtos naturais, justamente aquelas condições que levavam a um consumo não econômico de energia elétrica, fosse por via eletrolítica ou eletrotérmica.
19. A molécula de nitrogênio, mais compacta e coesa, não se quebra facilmente como a de oxigênio, que é o elemento vizinho no sistema periódico. A abundância de exemplos disponíveis de auto-oxidações contrasta com uma completa ausência de reações espontâneas do nitrogênio molecular no mundo natural sob temperaturas normais. A inacessibilidade do nitrogênio anulou todos os esforços empenhados no sentido de desenvolver um processo técnico para obtenção de amônia.
 20. O estudo de métodos indiretos de síntese da amônia a partir das substâncias simples foi capaz de contornar as dificuldades em apenas uma frente. Frank e Caro obtiveram a importante cianamida de cálcio pela ação do nitrogênio sobre o carvão de cálcio, obtido da cal e do carvão sob a ação de arcos elétricos. A quebra da cianamida de cálcio com água produz amônia, e esse processo ocorre no solo sem qualquer intervenção nossa, tão logo a cianamida tenha sido adicionada ao solo como fertilizante. A economia em processos industriais alcançada por isso, mais o fato de que as únicas matérias-primas requisitadas são cal, carvão e nitrogênio, foram fatores importantes para o estabelecimento do processo.
 21. Esforços para combinar nitrogênio com oxigênio remontam a tempos mais antigos que aqueles focados na combinação com hidrogênio. A constatação da combinação de nitrogênio com oxigênio por meio de faíscas elétricas já havia sido feita por Cavendish e Priestley. Nesse caso, o primeiro produto é o óxido nítrico, que se converte em ácido nítrico numa reação espontânea com oxigênio e água. A síntese do óxido nítrico é um processo que requer calor, e por razões termodinâmicas, só pode ocorrer espontaneamente em extensão apreciável a

temperaturas extremamente altas, a menos que se forneça energia. Entretanto, a quantidade de energia requisitada a temperaturas normais é tão pequena que a desvantagem de ter que fornecê-la é compensada pela vantagem de se precisar de apenas de ar e água como matéria-prima. Assim, não se poderia imaginar um processo melhor e mais econômico para a fixação de nitrogênio se encontrássemos meios de converter energia elétrica neste tipo de energia química sem desperdício.

22. O exemplo da Natureza, que produz a reação por meio de raios, e a antiga e bem sucedida imitação de Cavendish com faíscas elétricas, aliados ao impressionante desenvolvimento eletrotécnico alcançado nas décadas finais do século passado, trouxeram esse método de resolver o problema do nitrogênio cada vez mais à tona. Isso ocorreu à medida que os círculos [de químicos] profissionais se tornavam cada vez menos satisfeitos com o progresso alcançado pela combinação de nitrogênio com hidrogênio. Os brilhantes desenvolvimentos produzidos por esses esforços nos anos iniciais desse século são de conhecimento geral. As linhas gerais do design técnico, particularmente vinculadas aos nomes de Birkeland e Eyde, de Schoenherr e de Pauling, têm sido por anos objeto de um grande interesse entre especialistas.
23. Instalações em uma escala considerável foram construídas em vários locais e o método era evidentemente adequado ao aproveitamento do vasto suprimento de energia derivada de quedas d'água para fins químicos; mas esse método de síntese de nitrogênio ainda não alcançou os níveis de produção que parecia prometer. Seu progresso é limitado pelo fato de que, com o consumo de um quilowatt-hora, não são convertidos mais que 16 gramas de nitrogênio em ácido nítrico, enquanto uma conversão completa de energia elétrica em energia química deveria render 30 vezes mais. Uma explicação para isso foi dada por Muthmann e Hofer, que demonstraram que o arco de alta-tensão utilizado neste processo atua como uma câmara de evaporação a calor de Deville.

24. A formação de óxido nítrico é determinada, e limitada, por condições térmicas no arco e em seus arredores. A determinação feita por Nernst do equilíbrio termodinâmico de síntese do óxido nítrico confirmou essa explicação. Uma extrapolação dos seus resultados experimentais e os melhores cálculos para o calor específico dos gases envolvidos, sob temperaturas de até 3000 °C ou 4000 °C, levou à notável conclusão de que não se poderia atingir mais que 1,5 vezes ou o dobro do rendimento técnico por quilowatt-hora, mesmo quando não ocorresse nenhuma reformação de óxido nítrico no circuito de resfriamento. A causa do baixo rendimento está no fato de que o aquecimento de uma grande massa de ar a temperaturas muito elevadas habilitava apenas uma pequena fração a se converter, termodinamicamente, em óxido nítrico. Embora esse cálculo não possa ser tomado como exato por uma variedade de razões, seu resultado obviamente se aproxima da realidade. A experiência prática demonstrou que não se consegue economizar energia significativamente com recuperação de calor, obviamente, porque a ação de resfriamento envolvida se opõe a isso. É impossível abrir mão do arco de descarga sem desviar dos processos básicos que correspondem aos requisitos da produção em massa.
25. Entretanto, talvez não fosse completamente impossível evitar o intervalo de temperatura em que mudanças repentinas do balanço termodinâmico encobriam todas as possibilidades mais favoráveis de transformar energia elétrica em energia química com um arco de descarga. Afinal, o arco existia por conta da constante produção de unidades de alta energia, na forma de íons gasosos gerados pela energia elétrica de impactos eletrônicos, e não era evidente, à priori, que a subsequente dissipação da energia na forma de calor impedia tudo menos o efeito térmico da síntese do óxido nítrico, particularmente porque Warburg e Leithaeuser haviam demonstrado uma síntese do óxido independente de temperatura, por meio de descarga corona²⁰.

20 Descarga corona é uma descarga elétrica que ocorre a partir da ionização de um fluido próximo a um condutor, com gradiente de energia insuficiente para formar um arco elétrico. [N.T.]

26. Essa possibilidade despertou muito interesse nos primeiros dez anos desse século, e a partir de 1907 me levou a iniciar investigações às quais me dediquei por vários anos. O progresso mudou tanto os conceitos nesses curtos dez anos que hoje já é difícil pensar em voltar às visões geralmente defendidas até então; ademais, é significativo que um juiz de potencialidades técnico-químicas tão experiente e profissional quanto a "*Badische Anilin und Soda Fabrik*" [indústria alemã, BASF] tenha se interessado tanto pelos meus esforços para aumentar a eficiência da energia elétrica na combinação de nitrogênio e oxigênio, ao ponto de me contatar em 1908 e – colocando seus recursos à disposição - facilitar meu trabalho sobre o tema; ao passo que eles também concordaram, mas com muitas ressalvas, com a proposta de me apoiar na síntese da amônia em alta pressão, aprovando o projeto com hesitação.
27. Na verdade, mesmo em minhas considerações posteriores, a questão se as pesquisas técnicas deveriam ou não ser concentradas na síntese direta da amônia a partir das substâncias simples realmente dependia de sabermos se o consumo de energia durante a combinação de nitrogênio e oxigênio poderia ser consideravelmente reduzido. Em questões técnicas, nas quais a balança oscila entre sucesso e fracasso, o limite entre os dois extremos é normalmente definido por modestas diferenças no consumo de energia e de materiais, e variações nesses valores que se limitam a uma potência de dez determinarão o resultado.
28. Com diversos e excelentes assistentes, eu então estudei por um longo tempo a síntese de óxido nítrico por descargas elétricas. Eu pesquisei em uma faixa de pressão de 12 atm até 25 mm de mercúrio, resfriei o arco tanto da parede como a partir do ânodo e estudei a relação entre o consumo de energia e a frequência até cerca de 50.000 ciclos por segundo. Nós obtivemos concentrações de óxido nítrico de 10% no ar sob pressão reduzida, o que indicou um desvio do equilíbrio termodinâmico. Também foram observados rendimentos de nitrogênio ligado, para o mesmo consumo em quilowatt-hora, que superavam o já mencionado valor de 16 gramas em 10-15%. Mas essas vantagens não

eram conclusivas por si, sendo, além disso, obtidas por métodos que dificilmente seriam adaptáveis à grande escala. Essa série de investigações levou, conseqüentemente, a um fortalecimento da visão de que a solução técnica deveria ser buscada na combinação direta de nitrogênio com hidrogênio.

29. Um estudo na síntese de óxido nítrico em chamas pressurizadas levou ao mesmo resultado. É sabido, desde os dias de Bunsen, que a explosão de gás combustível com nitrogênio e oxigênio dá origem à formação de produtos nitrogenados, e Liveing e Dewar tinham descrito a formação de ácido nítrico numa chama de hidrogênio sob pressão. Pareceu-me desejável que eu também me familiarizasse com essa fonte de óxido nítrico, na qual calor era usado como a fonte de energia sob condições facilmente disponíveis na indústria.
30. Houve propostas de utilizar as reações explosivas simultaneamente em um motor e como fonte para a síntese de óxido nítrico. Eu, de minha parte, não pus fé na união de duas funções tão distintas. Contudo, a utilização do calor de chamas gasosas me pareceu não ser incompatível com a formação de óxido nítrico, justificando investigações mais detalhadas. Isso foi feito para as chamas de monóxido de carbono, hidrogênio e acetileno. Verificou-se que era possível obter de 3 a 6 moléculas de ácido nítrico para cada 100 moléculas dos produtos principais da combustão, dióxido de carbono e hidrogênio. No caso do monóxido de carbono e do hidrogênio isso requeria alta pressão. O monóxido de carbono levava vantagem sobre os gases hydrogenados, uma vez que a presença de vapor de água nos produtos quentes da combustão favorecia a reversão do óxido nítrico de volta aos seus constituintes simples ao longo do circuito de resfriamento. Com esse gás, a proporção de óxido nítrico molecular: monóxido de carbono poderia ser facilmente levada, com ar, a 3: 100, e podia-se dobrar essa razão com uma mistura rica em oxigênio. Entretanto, para uso técnico, esses valores não eram incentivo suficiente; o peso [dos materiais

- utilizados], que decaía na combinação direta do nitrogênio com hidrogênio, conseqüentemente sofreu um novo aumento.
31. Eu não insisti na combinação de nitrogênio e hidrogênio por descarga corona e por faíscas. Parecia-me certo que esse método não se provaria o mais vantajoso. Em última análise a avaliação de cada método se apoia na razão entre a energia consumida e o rendimento, em outras palavras, entre o consumo de carvão e a produção de nitrogênio (calcula-se o consumo do poder hidráulico como equivalente ao consumo de carvão).
 32. Nada parecia menos esperançoso, porém, que a ideia de que a combinação forçada de nitrogênio com hidrogênio poderia ser realizada com tão pouca energia que haveria sobra para a obtenção de hidrogênio. Restava apenas a possibilidade de se encontrar os requisitos para a formação espontânea de amônia a partir das substâncias simples. O calor de formação positivo da amônia indicava que tal síntese poderia ser alcançada sem o auxílio de energia elétrica. Contra isso, havia o fato de que nem Deville, nem Ramsay e Young obtiveram amônia ao aquecer nitrogênio e hidrogênio.
 33. Ramsey e Young, que em 1884, durante seus estudos sobre a decomposição do gás na faixa de 800°C, tinham observado de modo constante um traço de amônia não decomposta, dedicaram grande esforço para obter esse traço a partir das substâncias simples, nesta temperatura, usando ferro como veículo. Mas o experimento foi mal sucedido com gases puros. Havia um ponto de incerteza aqui, e se pudesse ser esclarecido, isso indicaria a possibilidade de uma síntese direta da amônia a partir dos seus constituintes simples.
 34. Eu, portanto, comecei a determinar de modo tentativo a posição aproximada do equilíbrio da amônia em torno de 1000 °C. Pareceu então que testes anteriores se provaram negativos apenas por acidente; próximo de 1000 °C e utilizando ferro como catalisador, era fácil obter o mesmo teor de amônia por ambos os métodos. Os resultados de experimentos individuais flutuavam entre 1/200% e 1/80%, e alguns

valores discrepantes me pareceram indicar o limite superior como valor mais provável; posteriormente, dados mais precisos evidenciaram que o limite inferior era o valor correto, e mostraram que a origem dos valores mais altos estava nas propriedades dos catalisadores, que quando novos ocasionam a síntese de amônia em excesso por algum tempo.

35. Verificou-se ainda que os mesmos resultados poderiam ser obtidos tanto com níquel quanto com ferro, e se descobriu que o cálcio e, em particular, o manganês eram catalisadores que permitiriam a combinação das substâncias simples mesmo em temperaturas mais baixas. A 1000°C a velocidade de reação era adequada para, com pequena quantidade, produzir continuamente uma quantidade de amônia comparativamente grande. Por trabalharmos com um sistema de circulação que alternadamente colocava o gás a alta temperatura em contato com o metal e em seguida removia a amônia a temperatura normal, a conversão de certa massa de gás em amônia podia proceder etapa por etapa.
36. Averiguando os resultados a uma dada condição de pressão, temperatura e a mistura inicial de nitrogênio e hidrogênio, o conhecimento da época permitia que os resultados alcançáveis fossem previstos, de modo aproximado, para condições ótimas de temperatura, pressão e mistura de nitrogênio e hidrogênio. Sob a luz da fórmula, era possível anteciper, de uma só vez, o máximo teor alcançável com a diminuição da temperatura, sua dependência com a pressão do gás, e o fato de que uma mistura de 3 partes de hidrogênio para 1 parte de nitrogênio deverá resultar no maior teor de amônia.
37. A questão mais importante, percebida naquele momento, foi que nenhum catalisador produzirá mais que um traço de amônia quando aquecido ao rubro ou acima desta temperatura, mesmo partindo da mistura gasosa mais favorável a pressão normal, e mesmo com grande aumento da pressão, o ponto de equilíbrio deve continuar muito desfavorável. Caso se deseje obter resultados úteis com um catalisador

- à pressão normal, então não se deve permitir que a temperatura vá muito além de 300°.
38. Naquele momento, em 1905, me pareceu inútil continuar investigando o problema. A combinação das substâncias simples tinha sido alcançada com certeza, e os requisitos para a síntese em larga escala haviam sido traçados; mas esses requisitos pareciam tão desfavoráveis que impediam o estudo mais aprofundado do problema. A descoberta de catalisadores que promoveriam uma repentina correção do ponto de equilíbrio na vizinhança de 300° e sob pressão normal me parecia bastante improvável: e eles não foram encontrados em nenhum lugar nestes 15 anos que se passaram deste então.
 39. A síntese de amônia, que fora demonstrada a pressão normal, poderia ser realizada a alta pressão em escala laboratorial sem maiores dificuldades. Só seria necessária uma pequena modificação no vaso de pressão, tal como o utilizado por Hempel, 15 anos antes, para dar conta da assimilação de nitrogênio no caso da síntese indireta da amônia sob pressões de até 66 atmosferas. Mas, eu não julguei que valesse a pena; naquele tempo eu sustentava a opinião amplamente aceita de que era impossível a realização técnica de uma reação gasosa sob alta pressão em temperaturas próximas ao rubro. Assim permaneceu a questão pelos três anos seguintes.
 40. Já em 1906, por outro lado, mostrou-se necessária uma nova determinação do equilíbrio da amônia. No decorrer de suas investigações sobre o teorema do calor que posteriormente recebeu o seu nome, Nernst conseguiu desenvolver uma fórmula aproximada que permitia a previsão do equilíbrio baseada em valores do efeito térmico e das chamadas constantes químicas. No caso da amônia, isso mostrou um desvio nos valores obtidos em minhas primeiras medições que, como depois se tornou evidente, foi causado pelo valor original da constante química convencional do hidrogênio então utilizado. Esse desvio nos conduziu a novas determinações do equilíbrio que Nernst havia determinado em seu Instituto em um forno de pressão sugerido

por ele, enquanto eu, em colaboração com Robert Le Rossignol, repetia as determinações à pressão normal com maior cuidado.

41. Mais trabalho se seguiu, dedicado à determinação do equilíbrio sob pressão normal e a 30 atmosferas, cobrindo uma grande faixa de temperaturas, para calcular o calor de formação da amônia a partir das substâncias simples a temperatura normal e no limiar do rubro, e, finalmente, para adquirirmos conhecimento sobre o seu calor específico a alta temperatura.

t (°C)	T (<i>graus</i> <i>abs.</i>)	$\frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}}P_{H_2}^{\frac{3}{2}}}$	$-\log \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}}P_{H_2}^{\frac{3}{2}}}$	Porcentagem de NH_3 no equilíbrio			
				a 1 atm	a 30 atm	a 100 atm	a 200 atm
200	473	0.1807	0.660	15.3	67.6	80.6	85.8
300	573	1.1543	0.070	2.18	31.8	52.1	62.8
400	673	1.8608	0.0138	0.44	10.7	25.1	36.3
500	773	2.3983	0.0040	0.129	3.62	10.4	17.6
600	873	2.8211	0.00151	0.049	1.43	4.47	8.25
700	973	3.1621	0.00069	0.0223	0.66	2.14	4.11
800	1,073	3.4417	0.00036	0.0117	0.35	1.15	2.24
900	1,173	3.6736	0.000212	0.0069	0.21	0.68	1.34
1,000	1,273	3.8679	0.000136	0.0044	0.13	0.44	0.87

42. No decurso dessas investigações, junto ao meu jovem amigo e colaborador Robert le Rossignol, cujo trabalho eu gostaria de lembrar aqui com particular sinceridade e gratidão, eu retomei, em 1908, o problema da síntese da amônia que fora abandonado três anos antes. Imediatamente antes disso, eu havia me familiarizado com o processo técnico de liquefação do ar, e também tinha olhado rapidamente para a indústria de formiatos, que trabalhava com fluxos de monóxido de carbono agindo sobre álcalis sob calor e elevadas pressões, e eu não considerava mais impossível a produção de amônia em uma escala técnica sob alta pressão e alta temperatura. Mas a opinião desfavorável de colegas me mostrava que um enorme avanço seria necessário para despertar o interesse técnico sobre o tema.

43. Para começar, estava claro que uma mudança para o uso de máxima pressão seria vantajosa. Isso melhoraria o ponto de equilíbrio e, provavelmente, também a velocidade de reação. O compressor que possuíamos então permitia comprimir gases até 200 atmosferas e assim determinava nossa pressão de trabalho, que não poderia ser facilmente excedida para qualquer série muito longa de experimentos. Próximo dessa pressão, os catalisadores com os quais nos familiarizamos no período das nossas determinações de equilíbrio, proporcionavam uma rápida combinação de nitrogênio e hidrogênio, com muita facilidade, acima de 700°C; isso se aplicava notavelmente ao manganês, seguido pelo ferro.
44. Entretanto, para alcançar resultados expressivos, precisávamos descobrir catalisadores que induzissem uma rápida conversão entre 500° e 600°C. Ocorreu-nos a ideia de procurar no sexto, sétimo e oitavo grupo do Sistema Periódico por metais que agissem de modo mais favorável que o cromo, manganês, ferro e níquel, que são os principais metais destes grupos e que já tinham suas propriedades catalíticas bem definidas; assim encontramos o urânio e o ósmio. Ao mesmo tempo, descobrimos no ósmio um excelente exemplo do quanto o desempenho de um catalisador depende da sua composição. Quando usado a 200 atmosferas, foram alcançados ambos os requisitos que julgávamos necessários para uma condução tecnicamente convincente do experimento; o primeiro considerava o teor de amônia, e o segundo, a quantidade de amônia produzida por centímetro cúbico de área de contato por hora.
45. Com um teor de aproximadamente 5%, o método de circulação descrito em 1905 já não era mais a descrição de um método de síntese, era uma via de produção. Com um rendimento de vários gramas de amônia por hora, por centímetro cúbico de câmara aquecida sob alta pressão, as dimensões da câmara poderiam ser tão reduzidas que sentimos que as objeções da indústria deveriam desaparecer.

46. Finalmente, nós precisávamos de uma melhora no sistema de circulação que pudesse servir de modelo para a realização técnica; separar a síntese da amônia e sua remoção do fluxo de gás reduzindo a pressão não era um método apropriado. O ciclo de produção e remoção de amônia deve claramente ser alcançado pelo meio mais simples possível, a uma pressão alta e constante. Parecia essencial que o calor produzido na síntese da amônia deveria ser retirado dos gases de exaustão, onde ele tinha apenas um efeito deletério, e ser levado para o novo gás de entrada, de modo que o processo gerasse o calor necessário para sua própria operação. A construção e a operação (realizadas em colaboração com Robert le Rossignol) de uma planta em pequena escala que cobria esses requisitos, em conjunto com a atuação dos novos catalisadores mencionados, foi, de fato, suficiente para persuadir a “Badische Anilin und Soda Fabrik” [BASF], que até então voltava sua atenção ao método indireto de produção de amônia por meio de nitretos de alumínio, silício e titânio, a empreender a síntese em alta pressão a partir das substâncias simples.
47. A companhia, então, estudou os catalisadores em larga escala usando de meios muito mais vultosos, e descobriu mecanismos para melhorar o desempenho de catalisadores inferiores ao nível do ósmio e urânio em função da temperatura empregada em sua planta de produção e, particularmente, do deliberado uso de materiais inertes. Seus resultados foram, de fato, importantes no caso do catalisador clássico para amônia empregado por Ramsey e Young, isto é, ferro. Eles também inventaram um aprimoramento no projeto do forno que superou o efeito do hidrogênio sobre o carbono do aço que tinham observado em um longo período de operação.
48. Todavia, o trabalho principal da empresa estava na substituição do hidrogênio eletrolítico, com o qual nós conduzimos nossos experimentos, pelo hidrogênio proveniente do gás d’água, que introduzia impurezas. As dificuldades encontradas pelo Diretor Técnico, Dr. Bosch, se assemelhavam às que seu predecessor, Knietsch, havia

- superado com igual sucesso no decorrer da sua aplicação técnica do método para produção de ácido sulfúrico por contato. O Dr. Bosch construiu uma indústria de síntese de amônia em larga escala.
49. As pressões de trabalho próximas de 200 atmosferas que se usam atualmente nas indústrias, com temperatura de trabalho na faixa de 500-600°C, circulação sob pressão elevada e constante, e o método de troca de calor dos gases de exaustão para os de entrada, são, todos, aspectos essenciais do trabalho laboratorial que foram mantidos.
 50. Recentemente, Claude anunciou uma melhora do processo na aplicação de pressões mais altas. A faixa de pressão em torno de 200 atmosferas foi escolhida originalmente porque esta representava o limite dos níveis alcançáveis com facilidade no estágio de desenvolvimento das técnicas de compressão naquele tempo. Em experimentos subsequentes, o Sr. Greenwood e eu alcançamos até 370 atmosferas. Basicamente, um aumento na pressão só é de interesse se reduzir consideravelmente a temperatura de conversão rápida, sem criar novas dificuldades técnicas.
 51. A partir dos equilíbrios tabelados, verifica-se que a mudança de pressão normal para 200 atmosferas cria condições favoráveis ao equilíbrio – existente entre 200° e 300°C – numa temperatura 300°C mais elevada, que estimula a atividade do catalisador de modo mais pronunciado. Por que é necessária uma temperatura mais alta é uma questão que devemos deixar para que um período mais esclarecido da ciência responda. A catálise heterogênea das reações gasosas é um processo que, na fase inicial, aparentemente, representa uma distorção eletrodinâmica da molécula pelos campos atômicos na fronteira entre do material catalítico sólido e o gás; trata-se, portanto, de um fenômeno de um campo da física molecular sobre o qual a descoberta de Stark nos deu apenas um primeiro vislumbre.
 52. A síntese da amônia a partir das substâncias simples que a compõem é um resultado que a físico-química estava fadada a alcançar. A noção da reversibilidade da decomposição da amônia já fora defendida por Deville, Ramsey e Young e, em 1901, Le Chatelier já tinha pensado nos

efeitos da temperatura e pressão. O fracasso das primeiras tentativas de síntese o levou a abandonar o tema e a publicar suas deliberações apenas na obscuridade de uma patente francesa registrada sob um nome desconhecido. Isso só veio ao meu conhecimento muito tempo depois da conclusão bem sucedida dos meus experimentos.

53. A solução encontrada para o problema deriva sua importância do fato de não empregar níveis de temperatura muito elevados, pois isso faz com que a taxa de consumo de carvão para a produção de nitrogênio seja favorável em relação a outros processos. Os resultados são suficientes para demonstrar que, combinados a outros métodos de fixação de nitrogênio que mencionei, eles nos livram de preocupações futuras causadas pela exaustão dos depósitos de salitre que nos ameaçou nestes 20 anos.
54. Talvez essa não seja a solução final. Bactérias fixadoras de nitrogênio nos ensinam que a Natureza, com suas sofisticadas formas de química da matéria viva, ainda entende e utiliza métodos que nós, até agora, não sabemos imitar. Basta-nos que, enquanto isso, a fertilização aprimorada do solo com nitrogênio traga novas riquezas nutritivas à humanidade, e que a atividade química venha em auxílio do agricultor que, na boa terra, transforma pedras em pão.

Os resultados, em resumo, foram os seguintes:

(a) Calor específico efetivo C_p do gás amônia por mol a pressão constante entre 309°C e 523°C é:

$$C_p = 8.92 + 3.5 \times 10^{-3}t + 5.1 \times 10^{-6}t^2$$

(b) Calor de formação Q do gás amônia a pressão constante em gramacalorias por mol das substâncias a t °C é:

$$Q = 10,950 + 4.85t - 0.93 \times 10^{-3}t^2 - 1.7 \times 10^{-6}t^3$$

(c) Teor em porcentagem de amônia em equilíbrio com a mistura nitrogênio-hidrogênio (3 Vol. H₂ + 1 Vol. N₂):

A expressão seguinte foi usada para o cálculo:

$${}^{10}\log \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}}P_{H_2}^{\frac{3}{2}}} = \frac{9,591}{4,571 T} - \frac{498}{1,985} \log T - \frac{0,00046 T}{4,571} + \frac{0,85 \times 10^{-6}}{4,571} T^2 + 2,10$$

Expressões ligadas às temperaturas mais altas também podem ser adaptadas às observações. Portanto, uma expressão racional só pode ser postulada quando se verifica uma relação razoável para os calores específicos dos três gases participantes.

CONTRIBUIÇÕES DA CONFERÊNCIA AO ENSINO E À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

A palestra transcrita reúne diversos aspectos históricos, metodológicos, conceituais e, de algum modo, didáticos, que podem contribuir com o ensino por apresentarem o conhecimento científico como uma construção humana, histórica e contextual. Essa leitura vai ao encontro dos objetivos educacionais traçados tanto nos Parâmetros Curriculares Nacionais dirigidos ao ensino de ciências em nível médio²¹ quanto das diretrizes para a formação de professores de química.²² No caso dos cursos de química em nível superior, o Conselho Nacional de Educação é bastante claro ao elencar, dentre os requisitos para a formação pessoal e para o entendimento da química, as intenções de que todo licenciado da área deve:

Ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção.

²¹ Brasil, MEC, *Orientações Educacionais Complementares*.

²² Brasil, MEC/CES, *Parecer 1.303/2001*.

Reconhecer a Química como uma construção humana e compreender os aspectos históricos de sua produção e suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político.²³

A análise crítica que apresentaremos na sequência tenta evidenciar paralelos entre o conteúdo da palestra e essa demanda pelo reconhecimento da ciência como uma prática inserida em contextos históricos específicos.²⁴ Sempre que possível, buscaremos caracterizar como alguns trechos podem motivar reflexões entre professores para a formação de olhares mais abrangentes sobre a atividade científica, que se opõem às visões distorcidas de ciência, tão comuns entre estudantes e professores, conforme descrito por Gil Pérez e seus colaboradores.²⁵

Alguns trechos da conferência deixam clara a visão de Haber sobre os aspectos que motivaram seu trabalho. O pesquisador considera um contexto que ressaltava a necessidade alemã por nitrogênio fixo, uma vez que o adensamento populacional, a crescente industrialização e a grande migração de pessoas do campo para as cidades interferiram no ciclo deste elemento, comprometendo suas reservas e fontes usuais com a ameaça de gerarem drásticas consequências à agricultura, indústria e demais consumidores. Por toda essa rede de relações e interdependências, evidencia-se que o trabalho científico se desenvolveu da limitação de uma matéria-prima em contraste com necessidades econômicas em nível local e também global.

Haber inicia seu texto indicando a problemática que o motivou e a importância da química na busca por um processo direto de síntese que atendesse às necessidades alemãs. Essa introdução possibilita a discussão sobre o papel social e econômico da pesquisa no contexto, e enfraquece a visão da ciência como atividade “socialmente neutra”, não ignorando as

²³ Ibid., 6-7.

²⁴ Em meio à análise, as referências a trechos específicos da palestra serão indicadas pelo símbolo §, entre parêntesis, seguido da numeração de parágrafos adotada.

²⁵ Gil Pérez et al., “Para uma imagem não deformada do trabalho científico.”

complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade.²⁶ O trabalho científico a ser desenvolvido surgia em função de demandas econômicas e sociais descritas já nas primeiras páginas da palestra, até que, no parágrafo 8, Haber trata especificamente da economia nacional alemã, cujo componente industrial vivia forte desenvolvimento antes da Primeira Guerra Mundial; e que requeria compostos de nitrogênio “para muitos de seus próprios fins químicos”. Ressaltando as rápidas transformações sociais que marcaram o século XIX e início do XX, Haber compara a demanda contemporânea por nitrogênio com aquela que se deu pelo carvão no contexto da Revolução Industrial (§8, 10).

Com a demonstração enfática da situação que motivava esforços sobre a síntese, a conferência contribui na desconstrução da visão “aprobématica e ahistórica” descrita por Gil Pérez e seus colaboradores.²⁷ A ciência aqui não se apresenta como um repositório de conhecimentos prontos (ou dados), mas sim como resposta originada de um problema e caracterizada por tentativas de trabalho, sem omitir as limitações e dificuldades encontradas no processo empreendido pelo cientista. Haber deixa claro que já se previa que as reservas de salitre do Chile não seriam suficientes para atender à crescente demanda por fertilizantes na Europa, e que era possível calcular quando essa fonte estaria esgotada, lançando à química a tarefa de buscar uma alternativa (§11).

Essa problemática também pode contribuir com a formação de professores de química no que diz respeito à consciência sobre a importância social de sua profissão, como possibilidade de desenvolvimento social e coletivo, uma vez que o conhecimento químico transita desde o cotidiano das pessoas até os centros de pesquisas aplicadas.

Em diferentes trechos de sua fala, Haber demonstra conhecimento do trabalho de pesquisadores de épocas passadas e também dos seus contemporâneos, e utiliza essas investigações para fundamentar sua pesquisa. Diversos nomes são vinculados aos estudos sobre a fixação de

²⁶ Gil Pérez et al., “Para uma imagem não deformada do trabalho científico,” 133-134.

²⁷ *Ibid.*, 131.

nitrogênio. Essa lista se inicia no trabalho de Joseph Priestley (1733-1804) e Henry Cavendish (1731-1810) sobre o efeito de faíscas elétricas na combinação de gases atmosféricos (§21). Já no século XIX, são enfatizadas as tentativas de síntese indireta da amônia conduzidas por Alfred L. De Sourdeval (1826-1886) e Louis J. F. Margueritte (1822-1891), a partir da barita cáustica, e por Adolph Frank (1834-1916) e Nikodem Caro (1871-1935), pela rota da cianamida de cálcio, que trazia a imensa vantagem de tomar apenas carvão e calcário como reagentes de partida (§16-20). Haber também menciona o processo desenvolvido pela parceria dos noruegueses Kristian Birkeland (1867-1917) e Samuel Eyde (1866-1840), que aproveitaram o potencial hídrico de seu país na geração de eletricidade com fins de reproduzir o processo de combinação dos gases nitrogênio e oxigênio por arco elétrico, tal qual ocorre na atmosfera durante as tempestades de raios. Embora tenha sido recebida com otimismo na Europa, esta via não chegou a pagar suas promessas, pois, como conta Haber, o grande consumo de energia elétrica não compensava o baixo rendimento na produção de óxidos de nitrogênio obtidos por esta via (§22-23).

Essa característica da fala de Haber nos permite tomar a síntese como exemplo claro de como uma investigação científica não se constrói pela atuação de um gênio isolado, dependendo do trabalho coletivo e cooperativo entre equipes de pesquisadores. Essa leitura se contrapõe à falsa impressão “individualista e elitista” da ciência, que induz os estudantes a pensarem que cientistas trabalham sozinhos e que um pesquisador, muitas vezes tido como gênio, seria suficiente para determinar uma teoria e validá-la perante a comunidade científica.²⁸ Os movimentos da narrativa de Haber, com tentativas sucessivas e abandono de ideias, também evidenciam a ciência como construção humana, marcada por relações complexas de continuidade e de ruptura, como seria desejável no ensino.²⁹

Em vários trechos, Haber destaca a relevância do fato de que muitas tentativas de síntese da amônia foram frustradas no passado, pois estas

²⁸ *Ibid.*, 133.

²⁹ Porto, “História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química”.

ajudaram a compor uma fundamentação teórica sobre os caminhos técnicos com maior potencial de sucesso a serem seguidos por ele em sua parceria com Robert Le Rossignol (§3, 21, 42). Ao valorizar esta análise dos trabalhos de outros pesquisadores, Haber explicita como essas diferentes iniciativas caracterizavam um conjunto de teorias e hipóteses, além de dados empíricos e observações disponíveis sobre o tema que exerceram influência no delineamento e em toda a condução da sua pesquisa.

Sob essa perspectiva, verifica-se como o texto se contrapõe à concepção “empírico-indutivista e ateórica”, descrita por Gil Pérez e colaboradores.³⁰ De acordo com essa visão distorcida, minimiza-se o papel das hipóteses e teorias que orientam o curso da investigação, fomentando a ingênua ideia de que a observação e os experimentos em ciências se iniciam sem que algum pressuposto teórico dirija o olhar do cientista.

Outra discussão de grande interesse no ensino surge ao questionarmos por que as tentativas anteriores não foram suficientes para suprir a demanda por nitrogênio fixo. No decorrer da conferência, Haber apresenta diferentes métodos de fixação, como: a destilação do carvão, que gerava amônia como subproduto em baixa proporção (§12-13); a síntese por cianamida, que requeria massivas reservas de carvão e calcário e alto consumo de energia atrelado a baixo rendimento (§20); e a síntese de ácido nítrico pelo processo de arco elétrico, que também demandava altíssimas quantidades de energia sem a necessária compensação no rendimento (§22-24).

Esses métodos foram amplamente estudados e, cada qual ao seu momento, também se apresentaram como alternativas potenciais para a resolução do problema. Contudo, nenhum deles se provou realmente viável, o que pode demonstrar como a inadequação de processos às demandas econômicas e industriais pode motivar novas pesquisas para desenvolver metodologias e equipamentos que caracterizem melhor relação entre custos e benefícios. No decorrer do discurso, Haber faz várias considerações sobre

³⁰ Gil Pérez et al., “Para uma imagem não deformada do trabalho científico,” 129.

o consumo de energia e de materiais que pautavam a viabilidade do processo. Em suas palavras, qualquer economia no uso destes insumos seria crucial no estabelecimento de uma produção em larga escala (§27).

Uma boa relação entre o consumo de energia e materiais, segundo a narração de Haber, parecia ser tão improvável que ele julgou ser impossível realizar a síntese direta de amônia e abandonou a pesquisa por anos, uma vez que os requisitos à síntese direta, como elevada temperatura e pressão, demonstravam-se incompatíveis com as tecnologias da época. Em seu relato, Haber descreve que essa pesquisa foi retomada somente três anos depois, após a revisão de dados das constantes químicas propostas por Nernst que, no caso da amônia, admitiam novas previsões da condição de equilíbrio em diferentes pressões e temperaturas (§39-40).

Vários trechos da conferência demonstram que alguns entraves da pesquisa se relacionavam tanto a procedimentos previamente testados e sem sucesso, quanto à aceitação de medidas previstas teoricamente. Interpretações determinantes sobre algumas decisões do pesquisador foram posteriormente contestadas e vários impasses técnicos influenciaram o andamento do processo. Essas idas e vindas da pesquisa ilustram como a ciência não é, e nem se faz, de forma rígida, exata, algorítmica ou infalível, demonstrando a natureza essencialmente incerta do trabalho científico.³¹ Se existisse de fato um “método científico” rígido sobre o qual todo pesquisador pudesse sustentar suas interpretações, talvez não houvesse lugar para grandes revisões teóricas, para o abandono de teorias bem aceitas num período ou para interpretações divergentes de resultados experimentais. Mas, talvez para complicar a difusão da ciência como algo absolutamente exato e confiável, a história nos mostra que esses momentos de contradição são bastante comuns no fazer científico.³²

No que tange às dificuldades para realização da síntese, quando se discutem as condições termodinâmicas que determinam o rendimento do

³¹ *Ibid.*, 130.

³² Harry Collins & Trevor Pinch, *O Golem: o que você deveria saber sobre ciência*, (São Paulo: Ed. UNESP, 2003); Allan F. Chalmers, *O que é ciência afinal?* Trad. Raul Fiker, 3ª ed. (São Paulo: Brasiliense, 1993).

processo, é de grande valia o estudo mais detalhado da única tabela apresentada junto à transcrição (Figura 2). Esse quadro permite explorar e discutir as possíveis combinações de temperatura e pressão associadas à previsão do rendimento do processo medido em função do teor de amônia no equilíbrio. Essa discussão fundamenta e justifica os critérios básicos da escolha pelas condições ideais de síntese, ilustrando a integração dos conhecimentos químicos que determinavam as características da síntese.

t (°C)	T (<i>graus</i> <i>abs.</i>)	$\frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}}P_{H_2}^{\frac{3}{2}}}$	$-\log \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}}P_{H_2}^{\frac{3}{2}}}$	Porcentagem de NH_3 no equilíbrio			
				a 1 atm	a 30 atm	a 100 atm	a 200 atm
200	473	0.1807	0.660	15.3	67.6	80.6	85.8
300	573	1.1543	0.070	2.18	31.8	52.1	62.8
400	673	1.8608	0.0138	0.44	10.7	25.1	36.3
500	773	2.3983	0.0040	0.129	3.62	10.4	17.6
600	873	2.8211	0.00151	0.049	1.43	4.47	8.25
700	973	3.1621	0.00069	0.0223	0.66	2.14	4.11
800	1,073	3.4417	0.00036	0.0117	0.35	1.15	2.24
900	1,173	3.6736	0.000212	0.0069	0.21	0.68	1.34
1,000	1,273	3.8679	0.000136	0.0044	0.13	0.44	0.87

Figura 2. Condições termodinâmicas previstas para a síntese.
(adaptado de Haber, 1920)

O conhecimento químico da época permitia que Haber e seus colaboradores antecipassem resultados teóricos, prevendo rendimentos aproximados para cada condição de síntese. Parecia claro que o aumento da pressão para valores da ordem de 200 atm favoreceria o processo, e o ideal seria que a temperatura não excedesse em muito os 300°C. Pela fala de Haber, tais condições pareciam tão desfavoráveis que desencorajavam qualquer iniciativa de estudo mais aprofundado do problema. O próprio Haber abandonou o projeto da síntese, em 1905, por considera-lo irremediavelmente restrito à escala laboratorial (§36-39).

Foi somente em 1908, após a revisão de constantes de equilíbrio fundamentadas no trabalho recente de Nernst, que Haber e Le Rossignol

retomaram o projeto. Àquela altura, admitia-se que o trabalho sob alta pressão era essencial à viabilidade da síntese, e os pesquisadores precisaram unir esforços ao ramo da metalurgia para desenvolver um vaso de pressão que suportasse essa condição combinada a altas temperaturas (§42-43).

Ao consultar a tabela nota-se que, sob temperatura de 200°C e pressão 200atm, o equilíbrio poderia atingir o rendimento de 85,6% em teor de amônia (ponto A, Figura 2). Entretanto, nos parágrafos seguintes Haber indica a condição entre 500 e 600°C e 200atm como ponto ótimo da síntese, ainda que o cruzamento destes dados na tabela apresente rendimento consideravelmente menor, da ordem de 8,25% (ponto B) (§43-44).

Tal escolha é justificada no texto por fatores cinéticos, que não podem ser estimados unicamente a partir dos dados da tabela. O fato é que o equilíbrio nas temperaturas mais baixas levaria muito tempo para ser alcançado, devido à inatividade dos catalisadores empregados. Em contrapartida, sob temperaturas elevadas, por mais que o rendimento seja pouco favorável, o catalisador atua de modo efetivo, melhorando a condição cinética ao propiciar um fluxo contínuo e controlado da produção.

Aqui encontramos dois importantes pontos a serem comentados. O primeiro nos exemplifica como a decomposição de um problema em áreas especializadas da ciência química pode não ser suficiente para a sua resolução. Na síntese da amônia, a consideração de fatores termodinâmicos ou cinéticos, em separado, é incapaz de justificar a escolha das condições de temperatura e pressão ótimas. Tal determinação só se justifica quando essas duas vertentes de estudo se harmonizam num ponto médio comum, aliando as situações de rendimento termodinâmico favorável às condições necessárias para o funcionamento a contento do catalisador. De modo sutil, verifica-se, neste trecho, um argumento que pode ser explorado na prevenção de mais uma visão distorcida de ciência – a que toma o trabalho dos cientistas sob uma perspectiva “exclusivamente analítica” ao destacar um pretensível hábito científico de decompor os estudos em áreas, com vistas

na separação de partes estruturalmente mais simples, sem considerar os posteriores esforços de unificação dessas interpretações.³³

O segundo ponto a destacar seria a questão dos catalisadores, que Haber deixa em aberto no texto, admitindo não saber por que o seu funcionamento estava condicionado às altas temperaturas no caso da síntese (§51). Os modelos teóricos para a interpretação deste fato só alcançaram consenso muitas décadas depois de a amônia já ser produzida industrialmente. O trabalho de Gerhard Ertl (1936-) e seus colaboradores sobre mecanismos de catálise heterogênea foi laureado com o Prêmio Nobel em Química em 2007, por seus “estudos de processos químicos em superfícies sólidas”.³⁴ Novamente, verifica-se como a ciência não se dá de forma rígida, absoluta e infalível, e que também se caracteriza pela criatividade, caráter tentativo e a dúvida do ser pesquisador.

Mesmo deixando de lado o entendimento dos seus mecanismos de atuação, o pesquisador dá um encaminhamento interessante à questão dos catalisadores na síntese da amônia. Na tentativa de atingir resultados mais expressivos que os obtidos com ferro e manganês, Haber diz ter encaminhado pesquisas para analisar o comportamento dos elementos do sexto, sétimo e oitavo grupo da tabela periódica, entre 500 e 600°C, encontrando resultados promissores com urânio e ósmio.

Para o leitor atento e com formação em química, essa indicação pode gerar estranhamento, já que o elemento urânio não se encontra atualmente em nenhum dos grupos periódicos citados. Verifica-se aí uma boa oportunidade para discutir as muitas versões históricas da tabela periódica. A Figura 3 traz uma classificação periódica usual na década de 1920, e percebe-se que vários dos elementos são classificados em grupos diferentes dos que estamos habituados.³⁵

³³ Gil Pérez et al., “Para uma imagem não deformada do trabalho científico,” 131-132.

³⁴ Nobelprize.org.

³⁵ Frank W. Clarke, *The data of Geochemistry* (Washington: Government Printing Office, 1920), 36-40.

Séries.	Grupo 0.	Grupo 1.	Grupo 2.	Grupo 3.	Grupo 4.	Grupo 5.	Grupo 6.	Grupo 7.	Grupo 8.
1.....		H=1							
2.....	He=4	Li=7	Gl=9.1	B=10.9	C=12	N=14	O=16	F=19	
3.....	Ne=20.2	Na=23	Mg=24.3	Al=27	Si=28.3	P=31	S=32	Cl=35.5	
4.....	A=39.9	K=39.1	Ca=40.1	Sc=44.1	Ti=48.1	V=51	Cr=52.0	Mn=54.9	{Fe=55.8 Ni=58.7 Co=59
5.....		Cu=63.6	Zn=65.4	Ga=70	Ge=72.5	As=75	Se=79.2	Br=79.9	
6.....	Kr=82.9	Rb=85.4	Sr=87.6	Yt=88.9	Zr=91.2	Cb=93	Mo=96		{Ru=101.7 Rh=103 Pd=106.7
7.....		Ag=107.9	Cd=112.4	In=115	Sn=118.7	Sb=120	Te=127.5	I=126.9	
8.....	Xe=130.2	Cs=132.8	Ba=137.3	La=139	Ce=140.25				
9.....									
10.....						Ta=181,3	W=184		{Os=191 Ir=193 Pt=195.2
11.....		Au=197.2	Hg=200.6	Tl=204	Pb=207.2	Bi=208			
12.....	Nt=222		Ra=226		Th=232.2		U=238.2		

Figura 3. Classificação periódica da década de 1920 (adaptado de Clarke, 1920)

Reconhecer e discutir as diferentes versões da tabela periódica nos ajuda a perceber que até mesmo a lógica da classificação dos elementos, que está diretamente ligada às bases do pensamento químico moderno, sofre mudanças e adequações ao longo do desenvolvimento da ciência, reforçando seu caráter dinâmico, e não meramente cumulativo.³⁶ Neste caso particular, quando Haber indica as pesquisas feitas em busca de elementos químicos mais adequados à catalise da síntese, ele também exemplifica, de algum modo, uma aplicação prática da lei periódica em meio ao processo de pesquisa quando se deseja algum material que apresente propriedades semelhantes às de um padrão conhecido.³⁷

Essa discussão nos demonstra, mais uma vez, como a ciência não se dá de forma rígida, absoluta e infalível, e que também se caracteriza pela criatividade, caráter tentativo e a dúvida do ser pesquisador.

Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjecturas a partir de ideias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm ideias preconcebidas ao fazerem suas

³⁶ Martins, "Introdução".

³⁷ Para um outro estudo de caso histórico envolvendo aplicações da lei periódica, ver Hélio E. B. Viana & Paulo A. Porto, "O desenvolvimento de novas substâncias na primeira metade do século XX: o caso de Thomas Midgley, Jr." *Circumscribere* 12 (2012): 16-30.

observações e experiências, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem ideias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas ideias. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a se tornar bem estruturadas e bem fundamentadas, mas jamais podem ser provadas.³⁸

Nos livros didáticos de química, outro nome usualmente ligado à síntese da amônia é o de Carl Bosch (1874-1941). Em sua palestra, Haber também comenta a atuação de Bosch como representante da indústria BASF, que financiou sua pesquisa até a síntese em escala laboratorial (§48). Bosch acompanhou as demonstrações de Haber e Robert Le Rossignol, e adaptou a síntese para escala industrial, fato que lhe rendeu o Prêmio Nobel de 1931.

Ao direcionar o olhar para a relação entre o trabalho desenvolvido por Haber e por Bosch, é possível discutir características próprias da atuação do químico e do engenheiro, o que usualmente constitui um tópico de interesse dos estudantes de nível médio afeiçoados pela área química e contribui com o esclarecimento de carreiras profissionais possíveis aos alunos.

A utilização da conferência de Haber também é interessante ao tratar a contextualização do período em que se desenvolveu a pesquisa, além das condições da premiação. A síntese de amônia foi demonstrada à BASF em 1909; nos anos seguintes, o clima de tensão pré-guerra se instalava na Europa. Em 1914, a Primeira Guerra Mundial se estabelece e Haber concentra seus esforços em pesquisas bélicas, mais especificamente, na produção das armas químicas, chegando a liderar ataques contra frentes inimigas, como no ataque a tropas francesas em Ypres, Bélgica em 1915.³⁹

³⁸ Martins, "Introdução," xix.

³⁹ Stoltzenberg, *Fritz Haber*; Arkan Simaan, "Grandeza e decadência de Fritz Haber," *Boletim da SPQ* 97 (2005): 19-25.

O isolamento político e geográfico, atrelados à condição de guerra, também é fator a ser considerado quando se pensa nas motivações de um país para investir em determinadas frentes de pesquisas. No caso, uma rota industrial viável para a síntese da amônia garantiria insumos para a agricultura e, também, para a indústria de explosivos, contribuindo significativamente para tornar a Alemanha independente de importações, como a do guano e do salitre do Chile. Aspectos tão dicotômicos no histórico da pesquisa e do próprio pesquisador, certamente, gerariam debate em torno da sua possível nomeação para um Prêmio Nobel, principalmente em 1918, num contexto tão marcado pela Guerra.⁴⁰

Em meio à tensão internacional, o Nobel de Haber foi motivo de acentuadas discussões entre governantes, imprensa e cientistas. Para muitos, a postura nacionalista, além da participação ativa de Haber nas frentes de batalha, encobriria suas contribuições em prol do aumento da capacidade agrícola dos povos. Haber podia ser visto tanto como benfeitor da humanidade quanto como criminoso de guerra. Entre muitas considerações divergentes e igualmente plausíveis, Haber recebeu seu prêmio em 1919, demonstrando a importância da síntese, mas nunca destituindo a personagem cientista do seu caráter humano, com todas as coerências e contradições inerentes a esta condição.

Por fim, como tentamos explicitar neste tópico, entendemos que a leitura e análise crítica da conferência de Haber pode compor uma temática atraente ao ensino de química, sendo particularmente relevante na formação de professores. O tema permite explorar diversos aspectos conceituais, além de favorecer que professores e licenciandos em química reflitam sobre os processos de construção da ciência, com suas características humanas e contextuais, diminuindo a ênfase que usualmente recai apenas sobre os produtos teóricos desta atividade.⁴¹

⁴⁰ Chagas, "A síntese da amônia"; Simaan Grandeza e decadência de Fritz Haber".

⁴¹ Matthews, "História, Filosofia e Ensino de Ciências".

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o status atribuído ao prêmio Nobel, o apelo de se trabalhar com textos históricos originais e a demanda evidenciada pelas diretrizes nacionais sobre o fazer e o compreender a ciência como uma produção humana, inserida num processo histórico e social, o estudo da síntese de amônia, através da palestra apresentada e discutida neste trabalho, busca favorecer a condução de discussões pertinentes à formação de profissionais do ensino mais conscientes e críticos sobre o desenvolvimento científico e suas implicações.

Na análise proposta, pontuamos como o texto da palestra possibilita discussões que visam à superação das diferentes visões distorcidas de ciência,⁴² contribuindo potencialmente com a construção do conhecimento de alunos e professores em formação. Tanto aos que ensinam quanto aos que aprendem ciência, buscamos estimular reflexões que permitissem ampliar o número de conexões que se estabelecem entre os diversos conhecimentos químicos que se ocultam sob o título “síntese da amônia” e outras questões de interesse científico, econômico, social, histórico, político e ambiental.

Em termos práticos, todos os argumentos lançados tentam ampliar as possibilidades de abordagem sobre um tema tão relevante na história da ciência e da humanidade. Esperamos que essa análise contribua com a superação da abordagem típica, que apresenta a síntese de amônia nos livros didáticos apenas como exemplo introdutório ao capítulo sobre equilíbrios químicos.

SOBRE OS AUTORES:

Mariana Corrêa Araújo

Universidade de São Paulo. Mestranda no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

⁴² Gil Pérez et al., “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”; Gil Pérez et al., “Superação das visões deformadas da ciência e tecnologia”.

Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

(e-mail: maraujo@usp.br)

José Otavio Baldinato

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

(e-mail: baldinato@ifsp.edu.br)

Artigo recebido em 10 de novembro de 2014
Aceito para publicação em 30 de maio de 2015