

Algumas interações pessoais de **Niels Bohr** com **J.J. Thomson** e **Ernest Rutherford** no período de seu pós- doutorado: para uma visão mais humana da ciência

.....
Anabel Cardoso Raicik[#] 

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil.
.....

Palavras-chave

Niels Bohr
J.J. Thomson
Ernest Rutherford
natureza da ciência
história da ciência

Resumo

Este artigo explora alguns aspectos da relação que Niels Bohr estabeleceu durante o período de seu pós-doutorado tanto com J.J. Thomson quanto com Ernest Rutherford entre os anos de 1911 e 1912. Tendo em vista a relevância de discussões relativas à natureza da ciência no ensino, em associação à história e à filosofia da ciência, busca-se trazer à tona uma visão mais humana de ciência, evidenciando como aspectos subjetivos, afetivos, sociais, relacionados à biografia e à personalidade individual de um estudioso influenciam na construção de conhecimentos científicos. Nesse sentido, além de publicações de Bohr daquele período e de interlocuções com a literatura secundária, trechos de uma entrevista cedida por ele em 1962 contribuem para o resgate e a contextualização desse recorte histórico em específico.

1. Introdução

Há décadas, o ensino de ciências vem refletindo e desenvolvendo propostas que envolvam não apenas o conteúdo das ciências, mas aspectos de sua natureza. Na atualidade, a inserção de discussões *sobre* a ciência, em consonância com visões filosóficas contemporâneas, tornou-se um dos objetivos da educação científica em seus distintos níveis e modalidades [1]. Embora conceitualizar o que vem a ser natureza da ciência (NdC) não seja trivial, tampouco desejável, face à sua complexidade, pode-se frisar

que ela envolve “um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da ciência” [2, p. 33].

A incorporação dessa temática no ensino pode ser viabilizada por meio de diversas abordagens, sendo a história e filosofia da ciência (HFC) uma delas [1-16]. A relevância e a notoriedade da HFC para o ensino de ciências já vêm sendo

A inserção de discussões sobre a ciência, em consonância com visões filosóficas contemporâneas, tornou-se um dos objetivos da educação científica em seus distintos níveis e modalidades

ênfaticadas há tempos na literatura. Um ensino contextualizado histórica e filosoficamente pode contribuir para: a) a análise de uma ciência subjetiva, mutável, controversa, dependente do

[#]Autor de correspondência. E-mail: anabelaicik@gmail.com.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

contexto sociocultural de seu período, permeada por diversas concepções metodológicas e inerentemente humana; b) uma melhor compreensão e aprendizagem significativa de conceitos; c) tornar as aulas desafiadoras e reflexivas; d) instigar o interesse dos estudantes pela ciência [17, 18]. Em síntese, pesquisas têm defendido e evidenciado que a HFC tem potencial didático, sobretudo para o aprimoramento do senso crítico e criativo de estudantes [9, 19].

Não obstante, a exploração de aspectos relativos à NdC no ensino, seja por meio da HFC ou não, tem se mostrado um desafio. “O tema é difícil, delicado, pois no âmbito das ciências naturais exige respostas a questões que um ensino centrado na resolução de problemas de lápis e papel e em atividades de laboratório pouco reflexivas não pode dar” [1, p. 20]. Não apenas estudantes, mas professores também têm concepções inadequadas *sobre* a ciência e seus processos [20-23]. Alimentando os mal-entendidos, muitos materiais didáticos e paradidáticos, seja em suas entrelinhas ou explicitamente, acabam propagando visões bastante limitadas sobre a natureza da ciência e do trabalho científico. Afinal, “saber a ciência (o conteúdo científico) é condição necessária, e indispensável, mas não suficiente para saber *sobre* a ciência, sobre a natureza do empreendimento científico” [1, p. 20].

Uma das concepções equivocadas que se tem sobre a ciência é a de que ela é formada sem pressupostos e influências subjetivas e sociais. A afirmação de que “opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência” [24, p. 23] é comum, e, junto a ela, associam-se outras, como a de que os conhecimentos científicos são “obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes...” [21, p. 133]. Uma visão descontextualizada, neutra e elitista da ciência acaba afastando estudantes dessa área do conhecimento.

Aspectos afetivos, crenças, valores não-epistêmicos e interações mais “humanas” entre sujeitos, fatores considerados idiossincráticos e subjetivos, foram banidos de análises epistemológicas da ciência, sobretudo com o positivismo lógico [25-27]. Na década de 1930, a dicotomia entre como o conhecimento científico se desenvolve e o produto deste processo fundamentava e legitimava a filosofia da ciência como um campo autônomo em relação a outras áreas do conhecimento, como a história, a sociologia e a psicologia. A epistemologia, nessa perspectiva estritamente empirista lógica, não considerava “os processos do pensamento na sua ocorrência real; essa tarefa era deixada inteiramente à psicologia” [28, p. 5-6]. O que ela fazia era, justamente, “construir os processos de pensamento na forma do qual eles deveriam ocorrer se

a ciência passou a ser vista como uma atividade humana, construída por homens e mulheres, que influencia e é influenciada pela sociedade, passível de aspectos idiossincráticos

fossem classificados em um sistema consistente [logicamente] (...)” [28]. Assim, a epistemologia considerava um substituto lógico em vez dos processos reais.

Todavia, em meados do século passado, por volta da década de 1960, correntes de pensamento começaram a trazer um novo olhar para a ciência. Questões como as ponderadas por Thomas Kuhn (1922-1996), a saber: “Como os filósofos da ciência puderam ignorar por tanto tempo os elementos subjetivos (...)?” e “Por que tais elementos lhes parecem um sinal apenas da fraqueza humana, e não da natureza do conhecimento científico?” [29, p. 345], implicaram em admitir que diferentes elementos faziam parte da atividade científica e que deveriam ser devidamente ponderados filosófica, histórica, psicológica e sociologicamente, como os erros, a casualidade, a interação humana, as ideias e as hipóteses. Dessa forma, em uma nova perspectiva filosófica, a ciência passou a ser vista como uma atividade humana, construída por homens e mulheres, que influencia e é influenciada pela sociedade, passível de aspectos idiossincráticos - relacionados à biografia e à personalidade individual, que apresentam, portanto, sub e intersubjetividades, entre outros aspectos.

Apesar de esse novo olhar sobre a natureza do conhecimento científico ter começado a se modificar há décadas, no âmbito filosófico e sociológico da ciência, a herança positivista ainda influencia a imagem de ciência que se tem no senso comum e no ensino. A falta de importância dada à gênese do conhecimento, em favor da ênfase aos seus resultados e produtos, acaba apresentando a prática científica de forma descontextualizada, desvinculada no componente humano que a produz, como um processo quase estático, neutro, aproblemático, ahistórico, algorítmico, individualista e rígido [1, 21]. Assim, continua sendo imprescindível modificar, ressignificar e ampliar coerentemente a visão de ciência que professores e alunos têm e, inevitavelmente, transmitem [30].

Embora possa parecer supérfluo assinalar que a ação dos estudiosos influencia e é influenciada de diferentes maneiras pelo meio social no qual se insere, como já salientavam Gil Perez e cols. [21], isso continua sendo uma necessidade no ensino de ciências. “A ideia de que fazer ciência não é mais do que uma tarefa de ‘gênios solitários’ que se encerram numa torre de marfim, desligados da realidade, constitui uma imagem típica” [21, p. 136] infelizmente ainda é muito difundida.

Estudiosos e cientistas têm preferências pessoais e vida privada, que, em maior ou menor grau, exercem influência sobre o seu trabalho. Eles estão imersos em uma sociedade; relacionam-se em ciclos sociais com amigos, parentes e cônjuges; além disso, são humanos que pensam, sonham, devaneiam, sofrem, criam

expectativas e, literalmente, vivem. “Tanto historicamente quanto no presente, a maioria dos cientistas são casados”, por exemplo, “e mantém relacionamentos (...)” com amigos, colegas, filhos, etc. que podem impactar “suas atividades científicas de várias maneiras” [31, p. 3]. A não contextualização desses elementos e as omissões deles podem contribuir para uma visão da ciência como uma atividade exercida em relativo isolamento.

Recortes biográficos de um estudioso “podem colaborar para trazer à tona aspectos significativos da vida do indivíduo na história da ciência” [32, p. 69]. Além disso, o uso consciente e vigilante de biografias ou episódios de vida pode contribuir para diminuir o abismo existente, ainda, entre cientistas e não cientistas e para aproximar as pessoas em geral e estudantes, em particular, das ciências [33].

Nesse sentido, à luz de um recorte histórico específico, este artigo visa explorar alguns aspectos da relação que o jovem físico Niels Bohr (1885-1962) estabeleceu, sobretudo, com J.J. Thomson (1856-1940) e Ernest Rutherford (1871-1937), respectivamente seus professores na primeira e na segunda parte de seu pós-doutorado, entre 1911 e 1912. Para tanto, inicialmente, contextualiza-se brevemente algumas relações familiares de Bohr e sua imersão na ciência. Busca-se, com isso, evidenciar uma ciência mais humana, em que aspectos subjetivos, afetivos e sociais, relacionados à biografia e à personalidade individual de cada um desses sujeitos, influenciam e podem influenciar os caminhos científicos, as escolhas teóricas e o desenvolvimento da ciência. Além de trabalhos e cartas de Bohr daquele período e de interlocuções com a literatura secundária, trechos de uma entrevista cedida por ele em 1962 (portanto, muitos anos depois), contribuem para o resgate e contextualização desse momento em específico.

Cabe destacar que, embora apresente traços biográficos de Bohr, principalmente visando compreender “que dimensões do passado são possíveis de se conhecer pesquisando a trajetória de determinado personagem” [34, p. 195], este artigo não se caracteriza, em sua completude, uma biografia. Isso, pois, não tem a pretensão de apresentar e explicar a vida de Bohr na história, legitimando um gênero biográfico [35]. Ainda assim, no tocante ao caráter biográfico, mesmo que tímido, o artigo visa abarcar recortes “que não representem os cientistas com caráter sobre-humano, escritos não como absoluta verdade, e sim como história interpretada, [que] podem ser úteis no contexto educacional” [32, p. 70].

2. Uma breve descrição do jovem Bohr e seu contexto familiar

Niels Henrik David Bohr nasceu em Copenhague, na Dinamarca, em 7 de outubro de 1885. Seu pai, Christian Bohr (1855-1911), era professor de fisiologia

na Universidade de Copenhague, tendo sido, inclusive, reitor da instituição por um período. No mesmo ano em que Niels nasceu, Christian recebeu uma medalha pela Academia Real Dinamarquesa de Ciências por um artigo sobre a lei de Boyle-Mariotte. Além disso, ele chegou a ser indicado ao prêmio Nobel por dois professores de fisiologia e ginecologia, devido à sua descoberta da influência do dióxido de carbono na liberação de oxigênio pela hemoglobina - o então conhecido “efeito Bohr” - e por seus estudos teóricos acerca da fisiologia da respiração [36]. Embora o comitê do Nobel não o tenha incluído na lista de indicados, isso já evidencia o estudioso que foi.

Para além de sua carreira profissional, o pai de Niels foi politicamente progressista e um defensor da igualdade e da emancipação das mulheres [37]. Na Dinamarca, um decreto de 1875 autorizou que as mulheres ingressassem, pela primeira vez, em universidades. No entanto, “as interessadas precisavam de treinamento adicional para prepará-las para a admissão. Christian Bohr foi um dos que assumiu a tarefa de ajudá-las” [36, p. 36]. Aliás, foi em uma de suas aulas preparatórias que ele conheceu Ellen Adler (1860-1930), sua futura esposa e mãe de Niels (Fig. 1). Apesar de Ellen estar estudando para entrar na universidade, ela não parece ter seguido uma carreira científica



Figura 1 - Ellen Adler e Christian Bohr, em 1881, ano de seu casamento. Extraída de Niels Bohr Archive.

depois que se casou [31]. Teria ela desistido de seus estudos devido a valores patriarcais?

Além de Niels Bohr, o casal teve uma filha, Jenny (1883-1933), dois anos mais velha que ele, e Harald (1887-1951), um ano e meio mais novo (Fig. 2). Jenny estudou história na Universidade de Copenhague e inglês em Oxford, e, posteriormente, lecionou na escola Hanna Adler's, de sua tia. Harald se tornou um reconhecido matemático, tendo defendido sua tese de doutorado na Universidade de Copenhague; o que estabeleceu a sua reputação [36]. “Brilantemente ele iniciou uma carreira como matemático que (...) o tornou, internacionalmente, quase tão famoso entre os matemáticos quanto Bohr entre os físicos” [37, p. 15].

Em uma entrevista cedida a Thomas Kuhn (1922-1996), Aage Bohr (1922-2009) e Leon Rosenfeld (1904-1974) em 1963, quando Bohr já havia falecido, Margrethe Norlund (1890-1984), sua esposa, comenta como era a vida da família de seu marido na infância:

As crianças tiveram uma vida familiar muito feliz com essa combinação de um pai muito inteligente e sábio e uma mãe muito amável. Ellen era uma mulher maravilhosa. Ela não era apenas adorável, ela também era muito clara em seus pensamentos [38, jan23, I].

Bohr esteve cercado por familiares com relações acadêmicas. Uma de suas tias, Hanna Adler (1859-1947) (Fig. 3), foi a segundaⁱⁱ mulher dinamarquesa a obter um mestrado em física [36] (Pais, 1991). Além disso, ela fundou uma escola particular mistaⁱⁱⁱ e se tornou uma figura pioneira no campo educacional na Dinamarca. “Ela amava esses dois garotos [Bohr e Harald], e levava-os por aí. Ela era uma educadora; levava-os a museus e mostrava-lhes coisas”, lembra Margrethe em entrevista promovida no âmbito do projeto *Archives for the History of Quantum Physics* em 1963 [38, jan23, I]. Hanna influenciou muitas pessoas e sempre esteve interessada no desenvolvimento cultural geral. “Toda a sua casa era sem preconceitos (...); ela era muito liberal” [38, jan23, I]. Mesmo em uma época conservadora, as mulheres da família Bohr desafiaram padrões sociais vigentes em distintas perspectivas: estudando, lecionando, ingressando em universidades, não seguindo rigorosamente as hierarquias patriarcais e, inclusive, não se casando. Tanto Jenny quanto Hanna, por exemplo, optaram por não se casarem. Por outro lado, como se frisou, a mãe de Bohr abdicou de sua progressão acadêmica depois de se casar.

A relação da família Bohr com o ensino não se restringe apenas a isso. Seu avô por parte de pai, Henrik Georg Christian Bohr (1813-1880), lecionou latim, história e geografia no Det von Westenske Institut em

Copenhague, do qual mais tarde se tornou reitor. Aliás, o pai de Henrik e bisavô de Bohr, Peter Georg Bohr (1776-1847), também foi professor, tendo ocupado vários cargos no ensino, tanto na Dinamarca quanto na Noruega [36]. E seu tataravô tinha uma escola em Bornholm [38]. Para além do lado acadêmico, frisa Margrethe na entrevista, “a bondade, o interesse por todas as pessoas, é uma característica de toda a família Adler. Também os primos tinham um interesse humano especial” [38, jan23, I]. Seu avô por parte de mãe, David Adler, deixou em testamento que após a morte de sua esposa, avó de Bohr, também chamada de Jenny, a casa onde viviam deveria ser doada à comunidade de Copenhague como um lar para crianças carentes; um orfanato [36].

Em uma carta escrita à sua mãe em dezembro de 1911, pode-se ver, ainda mais, o vínculo familiar existente na vida de Bohr, quando solicita que ela encaminhe flores e saudações a duas de suas tias: “Eu confio em você para conseguir algumas flores bonitas para tia Hanna por mim. Você pode agradecê-la muitas vezes por todas as suas saudações e dizer-lhe que escreverei em breve. Além disso, por favor, agradeça a tia Emma por suas saudações orais” [39, dez06].

A família de Bohr era grande, e mesmo assim muito unida. Harald foi uma das pessoas mais importantes e centrais em sua vida [31, 36, 40]. Os laços afetivos entre eles, estabelecidos quando crianças, permaneceram enquanto cresciam; eles eram praticamente inseparáveis em tudo o que faziam [37]. A reciprocidade na afeição entre os irmãos é atestada em inúmeras cartas que trocaram entre si, por exemplo, quando Niels Bohr foi estudar fora da Dinamarca. “Durante toda a infância, Harald e Niels significaram muito um para o outro. Ambos se admiravam” [38, 23jan, I]. Nas próximas seções, essa relação será melhor evidenciada. Mas, a título de exemplo - e extrapolando a linha temporal da juventude de Bohr -, resgata-se um discurso de Harald em comemoração aos seus 60 anos:

Não posso deixar de dizer isso: - aliás, não pode ser uma surpresa para quem me conhece - que sinto uma dívida de gratidão maior para com ele [Niels Bohr] do que com qualquer outra pessoa, por tudo o que ele significou, desde a mais tenra juventude, para a minha visão tanto como cientista quanto como pessoa [36, p. 46].

Não menos importante, também, foi sua relação com Margrethe Norlund. Ela teve um papel importante na vida de Bohr não apenas como companheira, amiga e esposa, mas atuando e o incentivando em suas pesquisas científicas. Uma das características de Bohr era trabalhar ditando. Antes de se casar, Bohr fazia isso com sua mãe: “ele ditou para ela toda a sua tese de doutoramento”, lembra Margrethe [38, 23jan, I], e,

Margrethe Norlund teve um papel importante na vida de Bohr não apenas como companheira, amiga e esposa, mas atuando e o incentivando em suas pesquisas científicas



Figura 2 - À esquerda, Niels Bohr com Harald (ao fundo) e Jenny ao seu lado, em 1903. À direita, Bohr com sua mãe, Ellen, em 1902. Extraídas de Niels Bohr Archive.

depois do casamento, passou a fazer o mesmo. “Era sua mãe ou eu, às vezes Harald um pouco, quando tinha tempo”, frisa ela [38]. Não obstante, quando necessário, o próprio Bohr registrava seus estudos e as tantas cartas que escrevia à sua amada, aos familiares e aos colegas cientistas. Embora Margrethe não tivesse uma carreira científica, eles se davam muito bem; haviam vindo de uma mesma origem cultural e linguística, além do mútuo interesse literário, o que contribuiu ainda mais para a saudável e profícua relação estabelecida entre eles [31].

Bohr e Margrethe se conheceram em 1909, noivaram no ano seguinte e se casaram em 1912 (Fig. 4). Entre 1910 e 1913, para se ter uma ideia, eles trocaram nada menos que 200 cartas. Na entrevista de 1963, cedida a Kuhn, Bohr e Rosenfeld, Margrethe lembra como eles se conheceram:

Ele [Bohr] estudou junto com meu irmão na universidade, e meu irmão me falou primeiro sobre ele. Sim, deixe-me pensar, onde o encontrei pela primeira vez. Acho que foi em um jantar. Ele estava sentado ao meu lado (...). Acho que o conheci pela primeira vez lá (...). Mas acho que não falei com ele naquela noite. Então fui convidada para a casa deles. Eu morava no campo junto com meu irmão. Aí eu o conheci. Isso deve ter sido em 1909, ou algo assim. Então ele veio com meu irmão para nos ver (...). Depois ele [meu irmão] também foi convidado para defesa da tese de doutorado do meu cunhado. Lembro que fizemos uma festa. Então eu o encontrei algumas vezes (...). Naquele verão estávamos noivos [38, jan23, I].

Um colega e amigo de Bohr, Richard Courant (1888-1972) relata o relacionamento deles da seguinte maneira:

Algumas pessoas especularam sobre as circunstâncias de sorte que se combinaram para tornar Niels tão bem-sucedido. Acho que os ingredientes de sua vida não foram de forma alguma uma questão de sorte, mas profundamente arraigados na estrutura de sua personalidade... não foi a sorte, mas um profundo discernimento, que o levou a encontrar na juventude a sua mulher, que, como todos sabemos, teve um papel tão decisivo para tornar possível e harmoniosa toda a sua atividade científica e pessoal... [31, p. 5].

Infelizmente, a interação entre Bohr e Margrethe é pouquíssimo explorada na literatura internacional, tampouco na nacional. Tendo em vista que senão uma biografia completa, mas recortes dela, “escrita segundo a atual historiografia (da ciência) - é potencialmente ‘humanizadora’, uma vez que associa o conhecimento a indivíduos que ‘criam’ as próprias vidas enquanto ‘fazem ciência’” [32, p. 83], a relação entre eles necessita de um resgate específico; portanto, tema para um outro artigo.

3. A imersão de Bohr na ciência: uma simbólica contextualização

A imersão de Bohr na vida acadêmica se deu quando ele ingressou na Universidade de Copenhague, em 1903. Ele havia escolhido física como sua disciplina principal e astronomia, química e matemática como suas disciplinas secundárias [37]. Os seus primeiros trabalhos, sobre tensão superficial e ondas de superfície em líquidos, parecem ter sido mais indicação de seus professores do que uma escolha própria.

A Academia Real Dinamarquesa de Ciências e Letras premiava com medalhas de ouro e prata monografias que apresentavam soluções (discussões) sobre temas específicos determinados pela instituição. Na-



Figura 3 - Harald Bohr, Hanna Adler e Niels Bohr, em 1925. Extraída de Niels Bohr Archive.

quela época, a Academia estava oferecendo uma medalha àquele que apresentasse a melhor investigação acerca das vibrações de jatos de líquido, com base em um detalhamento da teoria desenvolvida por Lord Rayleigh (1842-1919) em 1879. Embora Bohr só tivesse 19 anos, ele participou da premiação e foi agraciado, em 1907, com uma medalha de ouro por sua investigação.

A partir disso, Bohr aprimorou sua pesquisa acerca da tensão superficial da água, corrigindo algumas medições - apresentadas quando da monografia ao prêmio - e expandiu outras. Em 1909, ele publicou, então, o seu primeiro artigo na *Philosophical Transactions of the Royal Society*, intitulado “*Determination of the Surface-Tension of Water by the Method of Jet Vibration*”^{iv}, em língua inglesa. Nessa mesma época, ele passou a cursar um breve mestrado, sob orientação do professor Christian Christiansen (1843-1917), com duração de apenas seis semanas.

Christiansen foi o primeiro físico dinamarquês de estatura depois de Hans Christian Oersted (1777-1851) e Ludwig Lorenz (1829-1891) (Pais, 1991). Ele era, acima de tudo, um amigo da família. O pai de Bohr promovia discussões em sua casa com estudiosos (amigos), como o filósofo Harald Høffding (1843-1931), o linguista Vilhelm Thomsen (1842-1927) e Christiansen. Como salientam os historiadores da ciência Léon Rosenfeld (amigo de Bohr) e Erik Rudinger (1934-2007):

Em uma palestra memorial sobre Høffding, muitos anos depois na Academia, Niels Bohr menciona a profunda influência que ele e seu irmão Harald receberam desde a mais tenra infância ao serem autorizados a sentar e ouvir conversas daquelas noites em que o quarteto se reunia na casa dos Bohrs. Isso não foi tanto uma influência direta, mas uma inspiração para uma

compreensão profunda da unidade, em toda busca humana pelo conhecimento, independentemente das diferentes formas em que ele se manifesta nas atividades de um biólogo, um físico, um filologista e um filósofo [37, p. 13-14].

Em 1909, Bohr adquiriu seu título de mestre pela Universidade de Copenhague, com um tema dado por Christiansen. “Ele achava que havia muitas coisas interessantes na teoria eletrônica dos metais; então ele me deu isso” lembra Bohr anos mais tarde em entrevista a Kuhn, Rosenfeld, Aage Petersen (1927-) e Erik Rudinger [41, II, n.p]. O trabalho consistia em discorrer acerca da aplicação da teoria do elétron para explicar propriedades físicas dos metais e trouxe desdobramentos para sua tese de doutorado.

Estudos sobre a teoria eletrônica dos metais foi o título da tese defendida na mesma universidade e também sob orientação de Christiansen [42]. No dia de sua defesa, em 13 de maio de 1911, Bohr preparou um discurso no qual apresentou o objetivo de seu trabalho e os seus agradecimentos.

Honrados e eruditos professores e doutores, senhoras e senhores! A tese que a faculdade de matemática e ciências naturais me permitiu defender hoje trata da teoria eletrônica dos metais, ou seja, procura explicar as propriedades peculiares dos metais assumindo a presença de pequenas partículas eletricamente carregadas em seu interior (...). Gostaria também de expressar meus agradecimentos ao professor Christiansen pelo interesse constante que demonstrou durante meus anos de estudo e pelo incentivo que sempre me deu ao trabalho científico. Em conclusão, permita-me expressar os melhores votos de um futuro rico e frutífero para a Universidade de Copenhague [43, maio13, p. 97-98].

A defesa de Bohr foi presenciada por inúmeras pessoas e durou apenas uma hora e meia [40]. No dia seguinte, o *Politiken* (um jornal diário dinamarquês) notificou o evento, junto a duas imagens (Fig. 5), explicando que a tese recebeu inúmeros elogios, tanto de



Figura 4 - Niels Bohr e Margrethe Norlund em 1912. Extraída de Niels Bohr Archive.

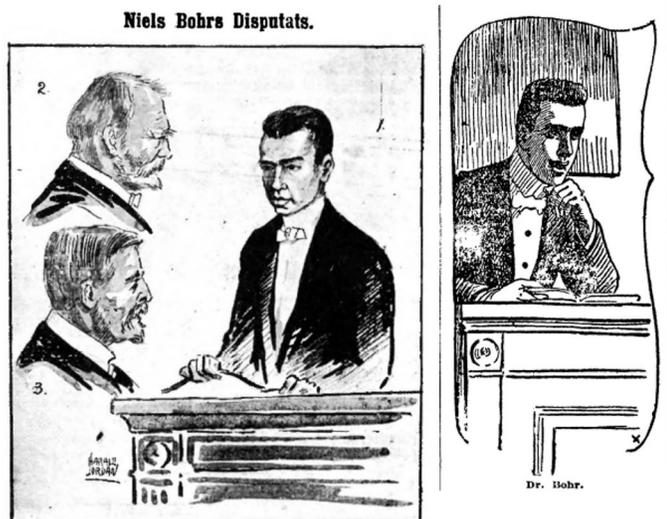


Figura 5 - A defesa pública de Niels Bohr pelo *Politiken* em 14 de maio de 1911. Extraídas de Rosenfeld e Nielsen [40, p. 99-100].

Christiansen quanto do professor membro da banca, Poul Heegaard (1871-1948). “O Dr. Bohr, um jovem pálido e modesto, não participou muito do processo, cuja curta duração é recorde. O pequeno Auditório 3 estava superlotado e as pessoas estavam de pé no corredor” [44, maio14]. Houve apenas uma lamentação, frisa o jornal, feita por Christiansen, de que a tese não havia sido publicada em língua estrangeira. “Aqui na Dinamarca quase não há ninguém bem informado sobre a teoria eletrônica dos metais para poder julgar uma dissertação sobre o assunto” [44, maio14].

Em 12 de abril, a versão final de sua tese estava concluída com a seguinte dedicatória: “Dedicado em profunda gratidão à memória de meu pai” [42, abr12, p. 294]. Bohr tinha acabado de perder seu pai no início de fevereiro daquele mesmo ano. O apoio familiar e a proximidade que Bohr tinha com seu irmão Harald, sua mãe e com Margrethe devem tê-lo ajudado, sem dúvida, a superar essa perda prematura; o pai havia recém completado 56 anos. Em uma carta a Harald, nessa mesma época, Bohr enfatizou:

Obrigado por tudo que você tem sido para nós (...). Pense no quanto você tem sido indescritivelmente [importante] para mim. Primeiro na primavera e no verão passados, depois neste inverno, quando você me ajudou a terminar [as investigações relativas à tese] antes de papai morrer, e então agora [com a tese finalizada e o pai falecido], quando você me ajudou de maneira tão inacreditável, embora tenha tido muita, muitas outras coisas em que pensar [45, abr22, p. 519].

Bohr tinha uma admiração muito grande por Thomson; ele havia sido um pioneiro na teoria eletrônica dos metais, famoso como o descobridor do elétron e por ser ganhador do prêmio Nobel em Física de 1906, além de ter desenvolvido seu importante e bem conceituado modelo atômico

A gratidão pelo apoio constante do irmão é marcante na história do Bohr.

4. Os primeiros contatos entre J.J. Thomson e Bohr

Em meados de 1911, Bohr foi a Cambridge desenvolver seu pós-doutorado com J.J. Thomson (1856-1940). “Recebi uma bolsa da Carlsberg Foundation para ir à Inglaterra (...)”, diz ele na entrevista supracitada de 1962. “E, eu acho, que nisso meu pai [antes de falecer] estava muito envolvido (...). Mas naquela época a ideia de que um jovem promissor fosse da Dinamarca para outro país era bastante comum” [41, II, n.p]. Por certo, são muitas as influências de diferentes naturezas que perpassam pelos estudiosos e estudantes. “A fonte de inspiração da ciência, o *modus operandi* dos cientistas, é plural, diversificado, dinâmico” [1, p. 31]. Bohr tinha uma admiração muito grande por Thomson; ele havia sido um pioneiro na teoria eletrônica dos metais, famoso como o descobridor do elétron e por ser ganhador do prêmio Nobel em Física de 1906, além de ter desenvolvido seu importante e bem conceituado modelo atômico [46]. “Considerarei em primeiro lugar Cambridge, como o centro da física”, enfatiza ele anos mais tarde, “e Thomson como um homem maravilhoso” [41, II, n.p].

Seu primeiro contato com Thomson foi bem entusiasmador, pelo que indica uma carta escrita por Bohr à sua então noiva Margrethe: “(...) ele foi extremamente gentil, conversamos um pouco, e ele disse que lhe interessaria ver minha tese (...)” [31, p. 27]. Poucos dias depois, em carta a seu irmão Harald, ele escreveu: “(...) você deve imaginar o que foi para mim falar com um homem assim. Ele prometeu ler minha tese e me convidou para jantar com ele (...). Não posso dizer o quanto estou feliz e agradecido que [uma tradução de] minha tese foi concluída e eu pude entregá-la a Thomson” [47, set29, p. 519]. Com ajuda de seu amigo Carl Christian Laurrup (1884-1946), que não era físico, Bohr levou consigo à Cambridge

uma tradução de sua tese, que era pouco legível e com erros graves de transposição conceitual entre as línguas [37, 40].

Em pouco tempo, no entanto, Bohr percebeu que seu envolvimento com aquele que tanto admirava não seria como o imaginado. Após algumas semanas desde a sua chegada, ele escreveu novamente para seu irmão:

Até agora não foi fácil lidar com Thomson como eu pensava que seria no primeiro dia. Ele é um homem excelente, incrivelmente inteligente, cheio de imaginação (...) e extremamente amigável, mas está imensamente ocupado com tantas coisas, e tão absorto em

seu trabalho, que é muito difícil conseguir falar com ele [48, out23, p. 527].

Por certo, os estudiosos são humanos, e como em qualquer interação social as características idiossincráticas interferem, tanto nas expectativas que se criam quanto efetivamente nos (tipos) de vínculos que se estabelecem entre as pessoas. Em continuidade à carta acima, Bohr afirmou: “[Thomson] ainda não teve tempo de ler minha tese, e ainda não sei se ele concordará com minhas críticas. Ele só conversou comigo sobre isso algumas vezes e por alguns minutos” [48, out23, p. 526]. Um exemplar de sua tese havia sido entregue em mãos a Thomson (aquela traduzida de forma inadequada para o inglês, diga-se de passagem) e, embora ele tenha prometido lê-lo, não o fez. A frustração de Bohr pelo fato de que Thomson nunca leu sua tese nem se abriu mais ao diálogo é evidente em várias cartas que ele escreve à noiva e ao irmão [37].

Na entrevista cedida a Kuhn, Rosenfeld, Petersen e Rudinger em 1962 - portanto quase 50 anos depois deste momento histórico -, Bohr reconhece que “não tinha grandes conhecimentos de inglês” naquela época [41, II, n.p], por isso não sabia se expressar adequadamente nessa língua, o que acabou sendo um grande impecilho para ele.

Além disso, Thomson não havia se mostrado disposto a aceitar críticas e erros apontados em seu trabalho por um recém-doutor que não tinha o conhecimento necessário da língua inglesa [49, 50]. “Foi uma decepção”, disse Bohr na entrevista, que “Thomson não estivesse interessado em saber que seus cálculos não estavam corretos” [41, II, n.p]. Nas primeiras e poucas conversas que eles tiveram, Bohr apresentou suas opiniões sobre radiação, eletromagnetismo... e, conseqüentemente, críticas aos cálculos thomsonianos acerca da absorção de raios de calor. Como ressalta J.L. Heilbron (1934-), “a especialidade de Bohr era a crítica (...)”, mas “essa não era a jogada certa” [46, p. 28] com um estudioso com um jeito tão diferente como o de Thomson.

Bohr, um conversador nato, refinava suas ideias com longas conversas. Contrariamente, Thomson “preferia o silêncio de sua voz”; não era do tipo que solicitava a opinião de alunos, tampouco conversava longamente com seus colegas sobre seus problemas científicos [31]. Como consequência, e como acabou ocorrendo, “os opostos se atraem” somente nas interações elétricas. Na ciência, assim como em suas inevitáveis relações, a maneira de lidar com problemas e situações parece aproximar personalidades semelhantes. Com efeito, os estudiosos - e a ciência, em si - não estão envolvidos “numa redoma intransponível; pelo contrário, suas concepções, as questões da época, o

local em que vivem e as influências que sofrem podem desempenhar um papel importante na aceitação, rejeição e desenvolvimento das ideias da ciência” [2, p. xx].

Ponderadamente, todavia, Bohr explicitou: “o que quero dizer é que Thomson foi um ‘gênio’ que realmente mostrou o caminho para todos”. Assim, era esperado que “algum jovem pudesse fazer algumas coisas um pouco melhor” [41, II, n.p]; afinal, ele havia aberto portas e inspirado muitos estudiosos, como relembra na entrevista. “A ciência invariavelmente provoca um sentimento de reverência e admiração” [51, p. 42]. Isso não exige o reconhecimento de que os erros são parte inerente e indissociável de seus processos, tampouco dispensa a legitimação de talentos, esforços e importantes contribuições à ciência, como as thomsonianas [1].

Em termos gerais, Bohr admitiu que se sentiu “um pouco infeliz em Cambridge” [41, II, n.p]. Isso se deveu não apenas à sua relação com Thomson, mas à atividade no laboratório que ele havia lhe designado:

Thomson achou que deveria me dar um tópico experimental. O problema era uma certa coisa que ele havia visto em descargas de gás que lhe pareciam estranhas. Não havia absolutamente nada a ser tirado disso (...). E eu trabalhei nisso, mas não havia realmente nada para sair disso [41, II, n.p].

Embora estivesse envolvido no laboratório - por sinal, com dificuldades em identificar equipamentos devido ao seu inglês -, Bohr tentou, com a ajuda de Thomson, publicar uma tradução adequada de sua tese pela *Cambridge Philosophical Society*^{vi}. Meses se passaram até que seu pedido fosse negado, ao menos na versão em que se encontrava, muito extensa. Uma possibilidade seria a de reduzi-la à metade; algo que Bohr não aceitou [49, 50]. Ainda que tenha “uma dinâmica própria, que move os cientistas à procura de respostas aos problemas que formulam e com os quais se deparam”, a ciência “não é imune, e nem independente, aos dilemas e aos múltiplos interesses e valores que existem no meio (a sociedade) em que se encontra” [1, p. 30]. Aqui, vê-se um exemplo disso.

De qualquer forma, Bohr visou aproveitar ao máximo, e da melhor forma possível, o seu tempo em Cambridge. Além de continuar envolvido com sua teoria eletrônica dos metais (sempre que lhe sobrava um tempo) e desenvolver atividades experimentais que lhe haviam sido encarregadas por Thomson, ele assistiu a palestras sobre eletricidade, como as de Joseph Larmor (1857-1942) e James H. Jeans (1877-1946), participou de jantares e interagiu com vários colegas cientistas, envolveu-se com atividades esportivas e desfrutou de passeios ao ar livre [37, 50]. Na entrevista, ele relembra: “(...) em Cambridge, li, por

Para Peduzzi e Raicik, a ciência “não é imune, e nem independente, aos dilemas e aos múltiplos interesses e valores que existem no meio (a sociedade) em que se encontra”

exemplo, todo o *Pickwick Papers*^{vii}, e procurei cada palavra. Eu pensei que era uma maneira de adentrar no inglês (...)” [41, II, n.p]. Por certo, há pressões externas e influências “que ostensivamente orientam e limitam o espectro de opções do pesquisador, impondo determinadas escolhas e tolhendo a sua liberdade científica” [1, p. 35]. O estudioso, como um ser humano, está fadado a limitações, que podem ser ultrapassadas, é certo; a fluência na língua inglesa, no contexto de pesquisa em que Bohr se encontrava (e se encontrará), era um requisito indispensável.

Em uma carta à sua mãe, Ellen, em outubro de 1911, Bohr salientou que: “as coisas estão indo muito bem; (...) estou de excelente humor e tenho muitos planos (...). Sexta-feira vou a Manchester visitar Lorain Smith” [52, out31, p. 533]. De fato, no final daquele ano, ele realizou algumas viagens, entre elas para Manchester, onde ficou hospedado na casa do professor de fisiologia, e amigo de seu pai, Smith. Lá, ele interagiu e conversou, positiva e providencialmente, com aquele que mudaria profundamente sua carreira: Ernest Rutherford [49]. Embora ele já o tivesse conhecido, em um dos jantares que participou, eles ainda não haviam conversado. “(...) Depois de ver Rutherford em Cambridge, fui ficar com o professor Smith no outono”, enfatiza Bohr. Smith “era uma pessoa muito legal; uma espécie de aluno do meu pai (...). Ele convidou Rutherford [para sua casa] e eu conversei com ele lá” [41, II, n.p].

A empatia entre Rutherford e Bohr pareceu ter acontecido “à primeira vista”, ou melhor, “à primeira conversa”. “Eu senti que Rutherford era um homem tão maravilhoso”, comentou Bohr [41, III, n.p] ao lembrar de quando interagiram um com o outro pela primeira vez. Os trâmites para a transferência do pós-doutorado bohriano de Cambridge para Manchester logo começaram a ser preparados. Antes de se passar a essa belíssima e profícua interação, cabe salientar que, apesar das diferenças de personalidades (entre outras), sempre houve um respeito mútuo entre Thomson e Bohr. Até o final de sua vida, Bohr foi um admirador de Thomson, sempre reconhecendo o grande e importante estudioso que foi; a entrevista que concedeu em 1962 atesta isso.

5. Empatia “à primeira conversa”: um feliz encontro entre Bohr e Rutherford

No outono de 1911, enquanto esteve em Cambridge, Bohr participou de um jantar^{viii} que reuniu vários estudiosos. Conforme ele mesmo recordou, foi ali que conheceu pela primeira vez Rutherford. “Embora nesta ocasião eu não tenha entrado em contato pessoal com ele”, afirmou, “tive uma profunda impressão do charme e poder de sua personalidade” [53, p. 1083].

Em viagem à casa de Smith, supracitada, a história da ciência toma outro rumo quando a empatia entre Bohr e Rutherford foi imediata ao conversarem entre si - ainda que não sobre modelos atômicos.

Conversamos sobre o Congresso de Solvay^x, do qual Rutherford havia acabado de voltar..., mas não falamos sobre a sua descoberta [seu modelo atômico]. Eu senti que tinha que ser assim (...). Eu disse a Rutherford que gostaria de vir trabalhar com ele, e também conhecer algo sobre a radioatividade. E ele me disse que eu seria muito bem-vindo, mas eu tinha que acertar as coisas com Thomson. Ele não tiraria nenhum aluno de Thomson. Então eu disse que faria isso quando voltasse a Cambridge” [41, II, n.p].

Como explicita o historiador da ciência e físico Rosenfeld, os temperamentos de Bohr e Rutherford também eram diferentes. Não obstante, a afeição entre eles se estabeleceu desde um primeiro momento. Além de uma nova era na ciência, com a interação bohriana e o átomo rutherfordiano, essa próspera interação “deu início a uma longa amizade, de rara qualidade, entre os dois homens; feita de afeto filial por parte de Bohr e de cordialidade franca e calorosa, tingida de respeito” por parte de Rutherford [40, p. xxi].

Bohr passou a admirar Rutherford assim como estimou Thomson, mas as características individuais e pessoais dos dois professores eram muito diferentes. O primeiro falava alto e tinha uma personalidade muito forte, ao passo que este último tinha um outro estilo, com se frisou na seção anterior. Além disso, enquanto Thomson não deu o devido crédito a Bohr - quer por sua dificuldade em se expressar adequadamente em inglês, seja por ser um recém-doutor, ou por outra circunstância -, com Rutherford, isso não ocorreu. Ele logo reconheceu algo especial “no tímido e despretensioso ‘menino’ (como ele o chamava)” [40, p. xxii]. No *The Rutherford Memorial Lecture 1958*, Bohr resumiu que “embora Rutherford estivesse sempre intensamente ocupado com o progresso de seu próprio trabalho, ele tinha a paciência de ouvir cada jovem quando sentia que ele tinha alguma ideia em mente, por mais modesta que fosse” [53, p. 1084].

Em janeiro de 1912, os acertos já tinham sido tomados para um segundo momento do pós-doutorado de Bohr. Em uma carta a Rutherford naquele mês, ele sinalizou que havia conversado com Thomson e que, antes de partir, no entanto, iria finalizar um trabalho teórico naquele semestre. “Depois disso”, disse ele, “se for conveniente para você, ficarei muito feliz em ir a Manchester no final de março e trabalhar em seu laboratório. Aguardo sua resposta com o maior prazer” [54, jan18, p. 576]. Não demorou para que Rutherford respondesse positivamente: “(...) terei a maior satisfação de recebê-lo em meu laboratório” [56, jan27,

Até o final de sua vida, Bohr foi um admirador de Thomson, sempre reconhecendo o grande e importante estudioso que foi

p. 576]. O fato de Bohr não sair de imediato, desvinculando-se do grupo thomsoniano, evidencia, inclusive, a consideração que ele sempre teve com Thomson, ainda que a interação entre eles não tenha sido a ideal. Ele se manteve mais alguns meses por lá e, mesmo não tendo continuado com a pesquisa no laboratório, desenvolveu uma investigação teórica e participou de várias palestras thomsonianas.

É importante salientar que muitas são as influências que perpassam os estudiosos e a ciência; como suas escolhas para desenvolverem suas pesquisas, quer teóricas e/ou do local, os ambientes e as pessoas com quem se relacionam. Bohr viu em Rutherford, além de um ser humano brilhante, uma oportunidade de percorrer novos e diferentes caminhos. Em momento algum, no entanto, Bohr deu margem ou permitiu que se atribuísse a Thomson sua desistência de Cambridge. Heilbron e Kuhn lembram que, embora não seja incomum relatos históricos afirmarem, em geral, que naturalmente essa foi uma “escolha consciente entre a ‘amarga decepção’ de Cambridge e a brilhante promessa de Manchester, entre a ultrapassada física vitoriana do inalcançável Thomson e as ideias ousadas do aberto e terreno Rutherford” [49, p. 233], isso é minimizar o contexto e as circunstâncias em que essa escolha se deu e, inclusive, ignorar o respeito e a admiração que Bohr tinha, até o final de sua vida, por Thomson. Em síntese, para ele, não se tratou estritamente de “Cambridge ou Manchester, mas Cambridge e Manchester” [49, p. 233].

Em março, Bohr iniciou sua participação em um curso experimental de técnica radioativa com o grupo rutherfordiano [57]. Rutherford havia providenciado sua atuação nesse curso antes de suas férias, que ocorreriam entre o final de março e parte de abril. Ele durou de 16 de março e 3 de maio^x. Em uma carta a seu irmão, Bohr resumiu suas primeiras semanas em Manchester:

Está realmente indo muito bem. Infelizmente, no entanto, devo dizer desde já que ainda não tenho certeza do quanto virá do que Rutherford me colocou. Refiro-me a uma publicação; pois, em todo caso, terei muito prazer com isso (...), Rutherford vem regularmente para ouvir como as coisas estão indo e falar sobre cada coisinha (...), mas, seja como for, aprendo muito todos os dias. Rutherford é um homem excelente e tem um interesse real no trabalho de todas as pessoas que atuam com ele [58, mai27, p. 551].

Ao recordar o episódio na entrevista de 1962, Bohr enfatizou que, quando chegou, pensou que “seria maravilhoso adentrar na técnica da radioatividade (...), foram todos muito gentis em mostrar as coisas” [41, III, n.p]. Esse curso, todavia, não o entusiasmou. “Então eu me envolvi com outras coisas e disse a Rutherford”, relembrou ele, “tenho tão pouco tempo, então é melhor

parar com isso. Foi isso que eu fiz” [41, III, n.p]. Apesar disso, tem-se registros de 47 páginas, nas quais se encontram desenhos, tabelas e cálculos cuidadosamente executados por ele relativos à ionização do ar causada por diferentes fontes radioativas e sobre a absorção de raios alfa e beta por folhas finas de alumínio [57].

Mesmo deixando Cambridge, a chama bohriana pela teoria eletrônica dos metais se mantinha acesa. Ele continuou com essa investigação, como salienta a carta que escreveu a Harald, em 28 de maio: “(...) de minha parte, não tenho ideia do quanto posso realizar este ano; vai depender de tantas circunstâncias externas, e também do que outros encontrarem, ou tenham encontrado, para escrever sobre o mesmo assunto”, referindo-se ao tema de sua tese. “Só sinto que talvez esteja começando a voltar ao campo novamente” [59, mai28, p. 553]. Esse contínuo envolvimento de Bohr com a teoria eletrônica dos metais muda rapidamente, entretanto, quando ele passou a se envolver com problemas de pesquisa do grupo rutherfordiano, um tema fonte de novas inspirações. Mal sabia ele o quanto iria realizar naquele ano, ainda que com um novo e inesperado programa de pesquisa; mal imaginava que a física tomaria novos rumos devido às suas realizações com o átomo rutherfordiano.

Por certo, muitas vezes, o estudioso é guiado por aspectos como o “instinto, a intuição. A necessidade de entender. A paixão pela vida” [60, p. 126]. Isso ocorreu quando ele observou uma inconsistência matemática e teórica na teoria de C. G. Darwin (1887-1962) (pertencente ao grupo de Rutherford)

acerca da absorção de raios alfa. “Aconteceu desta forma”, relatou Bohr ao irmão no dia 12 de junho: “um jovem matemático aqui, C. G. Darwin (neto de Charles Darwin), acaba de publicar uma teoria sobre este problema, e eu senti que, além de não estar matematicamente certa (no entanto, apenas um pouco errada), estava muito insatisfatória em sua concepção básica, e eu elaborei uma pequena teoria sobre isso que, embora modesta, talvez possa lançar um pouco de luz sobre algumas coisas relativas à estrutura dos átomos” [61, jun12, p. 555].

Importa contextualizar, assim como Bohr faz a Harald, que ele leu o artigo de Darwin, porque, devido à falta do elemento rádio, ele não havia ido ao laboratório por alguns dias. “Este pequeno atraso forçado foi maravilhosamente conveniente para elaborar minha pequena teoria” [61, jun12, p. 555]. Não raro, “à mercê do acaso, a mente se debate em um labirinto, inundada de sinais, em busca de um indício, um aceno, uma conexão inesperada” [60, p. 126]. Bohr passou a se fascinar gradativamente com a estrutura dos átomos. Como consequência, a fonte de inspiração na ciência é demasiadamente diversificada, complexa; uma mescla de

Bohr viu em Rutherford, além de um ser humano brilhante, uma oportunidade de percorrer novos e diferentes caminhos

fatores subjetivos e epistêmicos; o instinto de resolução e compressão de problemas, o desejo de se fascinar cada vez mais pelo desconhecido. Bohr foi tomado pelo artigo de Darwin, é fato, mas ele estava em um novo ambiente, diante de novas pesquisas, sujeitos, colegas e dinamicidade. Em continuidade à carta acima supracitada, ele delineou, mais uma vez, características da-quele que passou a admirar:

Acredite, é interessante estar aqui; há tantos para conversar aqui (...), e entre eles estão aqueles que entendem melhor dessas coisas, e o Prof. Rutherford tem um interesse real e efetivo em tudo o que considera valer a pena. Nos últimos anos, ele elaborou uma teoria da estrutura atômica que parece ter uma base muito mais sólida do que qualquer coisa que tivéssemos anteriormente. Não que minha teoria seja do mesmo tipo e significado; no entanto, meu resultado não concorda tanto com o dele (você entende, é claro, o quero dizer é que a base para meu pequeno cálculo pode ser trazida para concordar com as ideias dele) [61, jun12, p. 555].

Embora se encontre aqui uma gênese do envolvimento de Bohr com questões rutherfordianas, ele não abandonou de imediato seus estudos acerca da teoria eletrônica dos metais; mas isso vai ficando cada vez mais de lado, ao passo que se deslumbra com o átomo de Rutherford. Mais uma vez em carta a Harald, apenas sete dias depois da anterior, ele evidenciou que “pode ser que eu talvez tenha descoberto um pouco sobre a estrutura dos átomos. Você não deve contar nada a ninguém sobre isso (...). Tudo surgiu de um pequeno pedaço de informação que obtive da absorção de partículas α ” [62, jun19, p. 559].

Efetivamente, Bohr passou a ler tudo que Rutherford escrevia e já havia escrito. Na entrevista, anos

mais tarde, ele enfatizou que o professor era “uma grande pessoa. Ele manteve sua própria pesquisa, sem deixar de aconselhar todos os outros (...) e eu também sabia muito sobre Rutherford. Eu tinha lido suas coisas anteriores e assim por diante, então foi uma experiência impressionante” [41, III, n.p].

Em agosto, Bohr se casaria com Margrethe, em Copenhague. Antes de partir, ele havia dito que estava para terminar uma pequena memória acerca da absorção dos raios alfa a fim de mostrá-la a Rutherford. Efetivamente, em agosto, o conhecido “Memorando de Rutherford”, redigido em próprio punho, estava finalizado [63]. Este famoso e importante documento está mantido em um envelope com a indicação manuscrita de Bohr [64]: “(...) primeiro esboço das ideias contidas na memória *Sobre a constituição de átomos e moléculas* (escritas para mostrar estas considerações ao Prof. Rutherford) (Junho e Julho de 1912)”. Nele, Bohr trouxe a preocupação da estabilidade atômica do modelo rutherfordiano com base na física clássica; aborda vários pontos que estão contidos em duas partes de sua trilogia, trazendo um princípio não mecânico que fixa os estados estacionários dos sistemas atômicos [50].

Ao terminar seu pós-doutorado, já casado, Bohr deixou Manchester e assumiu o cargo de assistente do professor Martin Knudsen (1871-1949), na Universidade de Copenhague. Mas sua interação e seu envolvimento com Rutherford havia “apenas começado” (Fig. 6). O resultado disso, logo em seguida, seria a trilogia *Sobre a constituição de átomos e moléculas*, que Bohr apresentou em 1913; ela, sem dúvida, é um clássico no desenvolvimento da ciência e da chamada “velha mecânica quântica”. Positivamente, “no interminável diálogo interior, em meio a incontáveis suposições,



Figura 6 - À esquerda, Mary Rutherford, Rutherford, Mary Oliphant, Margrethe e Bohr, na casa de Rutherford, em 1930. À direita, Bohr e Rutherford em 1933. Extraídas de Niels Bohr Archive.

comparações, combinações e associações que funcionam sem parar na mente, uma chama às vezes rasga a escuridão, iluminando de repente a paisagem com uma luz ofuscante que é aterrorizante, mais forte que mil sóis” [60, p. 126].

Enquanto ficou em Manchester, de março a julho de 1912, Bohr desenvolveu uma quantidade de trabalho significativa. Como coloca o historiador Rosenfeld, “foi neste período que todas as grandes ideias incorporadas nas duas últimas partes da trilogia de 1913 tomaram forma e foram elaboradas em considerável pormenor” [63, p. 42]. Na segunda parte, ele atribui configurações definidas de anéis a diferentes átomos químicos, abordando também a radiação e a radioatividade. Há, ainda, como uma seção adicional, um esboço sobre o magnetismo. Na terceira parte, ele desenvolveu a teoria molecular e, para encerrar, como “notas finais”, ele recapitulou e explicitou “as principais hipóteses” utilizadas em sua investigação [49, 50, 63].

6. Considerações finais

Não são incomuns recortes históricos, sobretudo os voltados para o ensino, omitirem distintos aspectos não epistêmicos de sua narrativa. Todavia, uma das defesas ao uso da HFC e de aspectos relativos à NdC no ensino de ciências é de que eles permitem uma contextualização mais ampla e coerente da ciência como uma atividade dinâmica que, além de plural metodologicamente - permeada por controvérsias, debates, valores e seus juízos, entre outros aspectos -, é eminentemente humana. Uma visão positivista, cuja ideia perpassa em disseminar, por exemplo, que “para que um trabalho seja aceito, para que uma nova maneira de pensar seja adotada, é preciso purgar a pesquisa de qualquer escória emocional ou irracional” [60, p. 127], precisa ser ainda desconstruída, contextualizada, avessada.

O episódio histórico envolvendo, em maior ou menor escala, os estudos do pós-doutorado de Bohr (que desencadearam sobremaneira sua importante e conhecida trilogia) com viés, sobretudo, mas não somente, epistemológico-conceitual, vem sendo resgatado na literatura nacional [50, 65-69]. À luz dessas iniciativas, buscou-se contextualizar, ainda mais, não apenas o percurso histórico, mas a figura do próprio Bohr, enquanto um sujeito que estabelece - influencia e é influenciado - distintas relações pessoais. “Descortina-se, assim, a pertinência de trazer para o contexto

didático recortes biográficos de cientistas, escritos à luz de aportes teóricos atualizados” [32, p. 83]. A interação que ele consolida entre Thomson e Rutherford, e até mesmo uma breve descrição de seu apoio familiar, pode contribuir para que a ciência passe, cada vez mais, a ser vista como uma atividade humana. A aproximação de estudantes, professores e mesmo o público em geral com a ciência, sua história e sua natureza continua sendo uma demanda. Em tempos de negacionismos científicos e espantosa falta de humanidade no contexto social, torna-se ainda mais importante analisar a ciência desenvolvida por homens e mulheres que sentem, vivem e compõem uma sociedade.

Não raro, cientistas são vistos como gênios isolados e alheios às adversidades e sub e intersubjetividades do corpo social e, conseqüentemente, da coletividade. Não obstante, na pandemia de covid-19, que ainda é combatida, viu-se, e ainda se vê, um incansável trabalho de cientistas pelo desenvolvimento de vacinas eficazes contra o vírus; cientistas se doando para salvar a população, enquanto muitas esferas (sobretudo as políticas) que deveriam colaborar com medidas para preservar vidas, as ignoravam. A despeito disso, mesmo diante de uma quantidade inestimável de vidas ceifadas, muitos setores da sociedade (e as pessoas em geral) mantiveram sua descrença na ciência.

Remova da pesquisa científica “qualquer cheiro de pessoal, qualquer odor humano. Embarque na estrada que leva da juventude gaguejante à maturidade florescente. Substitua a ordem real dos eventos e descobertas pelo que teria sido a ordem lógica, a ordem que deveria ter sido seguida se a conclusão fosse conhecida” [60, p. 127]; visões equivocadas, de cunho tradicionalmente positivista, como esta, precisam deixar de ser comuns. A história de um cientista, o seu legado pessoal, as relações que estabeleceu, como no caso de Bohr, podem ser um caminho profícuo, iluminador e necessário no ensino. “Resgatar parte da vida de um cientista serve para iluminar um problema de pesquisa à época, que diz respeito a contextos mais amplos do que a trajetória individual” [32, p. 85]. Muitas são as influências que perpassam o estudioso e a ciência e elas precisam ser trazidas à tona.

Recebido em: 12 de Setembro de 2022

Aceito em: 26 de Novembro de 2022

Notas

¹A transcrição da entrevista promovida no âmbito do projeto *Archives for the History of Quantum Physics* se encontra disponível em <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4514-1>

ⁱⁱComo explicita Pais [36, p. 38]: “Kirstine Meyer (1861-1941), nascida Bjerrum, foi a primeira mulher dinamarquesa a obter um doutorado em física. Ela se tornou uma ilustre educadora e historiadora da ciência. Niels Bohr a tinha em alta conta. Um retrato a óleo dela está em poder da família Bohr”.

ⁱⁱⁱAo que parece, foi a primeira escola mista da Dinamarca.

^{iv}Disponível em: [doi](#)

^vA entrevista realizada com Bohr, dividida em cinco seções, ocorreu em seu escritório particular em Copenhague na Dinamarca, respectivamente nos dias 31 de outubro e 1º, 7, 14 e 17 de novembro de 1962, também como parte do projeto *Archives for the History of Quantum Physics*. As suas transcrições se encontram disponíveis em: <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4517-1>

^{vi}É importante salientar que, antes disso, Bohr visou publicar sua tese na Royal Society. Ele foi informado, no entanto, que muito possivelmente isso não ocorreria, não pela tese estar em dinamarquês, mas por conter muitas críticas a trabalhos de outros cientistas. “A Royal Society considera, como regra inviolável, não aceitar críticas que não se originem em suas próprias publicações”, diz Bohr [48, p. 105] em carta a seu irmão em 23 de outubro de 1911.

^{vii}Um romance do escritor Charles Dickens (1812-1870).

^{viii}Embora Bohr diga explicitamente em suas recordações que isso ocorreu no famoso jantar *Cavendish Research Students' Annual Dinner*, ele pode ter se confundido, uma vez que este jantar ocorreu, naquele ano, em dezembro e sua estadia na casa de Smith se deu em novembro [31]. Outra hipótese é que a interação com Rutherford, de fato, tenha ocorrido em dezembro, em uma segunda viagem à casa de Smith [49].

^{ix}Em 1911 ocorreu a primeira Conferência de Solvay, em Bruxelas, evento no qual reuniu diversos cientistas/físicos, além de Rutherford, como H.A. Lorentz (1853-1928), M. Planck (1858-1947), A. Sommerfeld (1868-1951), W. Wien (1864-1928), Lord Rayleigh (1842-1919), J.H. Jeans (1877-1946), P. Langevin (1872-1946), J. Perrin (1870-1942), H. Poincaré (1854-1912), A. Einstein (1879-1955), Marie Curie (1867-1934). Este encontro histórico foi dedicado à ‘Teoria da Radiação e dos Quanta’ [55].

^xHoyer (1938-2020) enfatiza que conforme notas de laboratório, o curso teria se encerrado em 3 de maio [57]. Heilbron e Kuhn [49] colocam que isso teria ocorrido em 1º de maio.

Referências

- [1] L.O.Q. Peduzzi, A.C. Raicik, *Investigações em Ensino de Ciências* **25**, 19 (2020). [doi](#)
- [2] B.A. Moura, *Revista Brasileira de História da Ciência* **7**, 32 (2014).
- [3] F. Abd-El-Khalick, S. Boujaoude, N.G. Lederman, R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, M. Niaz, D. Treagust, H. Tuan, *Science Education* **88**, 397 (2004). [doi](#)
- [4] F. Abd-El-Khalick, *Science & Education* **22**, 2087 (2013). [doi](#)
- [5] D. Allchin, *Science Education* **95**, 518 (2011). [doi](#)
- [6] D.A. Boaro, N.T. Massoni, *Investigações em Ensino de Ciências* **23**, 110 (2018). [doi](#)
- [7] M.P. Clough, *The Pantaneto Forum* **25**, 31 (2007).
- [8] T.C. Forato, M. Pietrocola, R.A. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **28**, 27 (2011). [doi](#)
- [9] G. Irzik, R.A. Nola, *Science & Education* **20**, 591 (2011). [doi](#)
- [10] L. Jorge, *Na Formação de Professores e Cientistas, Uma HQ Sobre Aspectos da NdC e Imagens: Encantar-se com os Entre-(em)laces*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- [11] A.F.P. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **32**, 703 (2015). [doi](#)
- [12] M.R. Matthews, in *Advances in Nature of Science Research*, editado por M.S. Khine (Springer, Dordrecht, 2012).
- [13] L.O.Q. Peduzzi, in *Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora*, editado por M. Pietrocola (Editora da UFSC, Florianópolis, 2005).
- [14] A.C. Raicik, *Experimentos Exploratórios e Experimentos Cruciais no Âmbito de uma Controvérsia Científica: o Caso de Galvani e Volta e suas Implicações para o Ensino*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- [15] M. Santos, P. Maia, R. Justi, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **20**, 581 (2020). [doi](#)
- [16] S. Sobiechziak, *História da Física e Natureza da Ciência em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- [17] M.R. Matthews, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **12**, 164 (1995).
- [18] L.O.Q. Peduzzi, *Evolução dos Conceitos da Física* (UFSC/EAD/CED/CFM, Florianópolis, 2011), disponível em <https://evolucaodosconceitos.dafisica.ufsc.br>.
- [19] F. Damasio, L.O.Q. Peduzzi, *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.* **19**, e2583 (2017). [doi](#)
- [20] I. Fernández, D. Gil Pérez, J. Carrascosa, A. Cachapuz, J. Praia, *Enseñanza de las ciencias* **20**, 477 (2002).
- [21] D. Gil Pérez, I.F. Montoro, J.C. Alís, A. Cachapuz, J. Praia, *Ciência & Educação* **7**, 125 (2001). [doi](#)
- [22] J.B.S. Harres, *Investigações em Ensino de Ciências* **4**, 197 (1999).
- [23] N.T. Massoni, M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **12**, 7 (2007).
- [24] A.F. Chalmers, *O que é Ciência Afinal?* (Brasiliense, São Paulo, 1999).
- [25] T. Arabatzis, in *Revisiting Discovery and Justification*, editado por J. Schickore, F. Steinle (Dordrecht, Springer, 2006).
- [26] J. Echeverría, *Filosofía de la Ciencia* (Ediciones Akal, Madrid, 1995).
- [27] A.C. Raicik, L.O.Q. Peduzzi, *Revista Brasileira de História da Ciência* **8**, 132 (2015). [doi](#)
- [28] H. Reichenbach, *Experience and Prediction* (University of Chicago Press, Chicago, 1938).
- [29] T.S. Kuhn, *A Tensão Essencial* (Unesp, São Paulo, 2011).
- [30] J. Praia, D. Gil Pérez, A. Vilches, *Ciência & Educação* **13**, 141 (2007). [doi](#)
- [31] F. Aaserud, J.L. Heilbron, *Love, Literature, and the Quantum Atom* (Oxford University Press, Oxford, 2013).
- [32] D.M. Queiroz, J.M. Hidalgo, *História da Ciência e Ensino: Construindo interfaces* **21**, 65 (2020). [doi](#)
- [33] M.C. Duarte, *Ciência & Educação* **10**, 317 (2004). [doi](#)
- [34] B.B. Schmidt, in *Novos Domínios da História*, editado por C.F. Cardoso, R. Vainfas (Elsevier, Rio de Janeiro, 2012).

- [35] S.F.M. Figueirôa, *Revista de História e Estudos Culturais* **4**, 1 (2007).
- [36] A. Pais, *Niels Bohr's Times* (Clarendon Press, Oxford, 1991).
- [37] L. Rosenfeld, E. Rudinger, in *Niels Bohr His Life and Work as Seen by His Friends and Colleagues*, editado por S. Rozental (Interscience Publishers, New York, 1967).
- [38] N.B. Margrethe, *Interviewed* (American Institute of Physics, Copenhagen, 1963), <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4514-1>
- [39] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 535-537.
- [40] L. Rosenfeld, J.R. Nielsen, *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)* (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972).
- [41] N. Bohr, *Interviewed* (American Institute of Physics, Copenhagen, 1962), <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4517-1>
- [42] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 291-395, 1911a.
- [43] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 97-98, 1911b.
- [44] Politiken, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 99-100, 1911.
- [45] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 519, 1911c.
- [46] J.L. Heilbron, *Nature*, **498**, 27 (2013). [doi](#)
- [47] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 519/521, 1911d.
- [48] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 527-533 p., 1911e.
- [49] J.L. Heilbron, T.S. Kuhn, *Historical Studies in the Physical Sciences* **1**, 211 (1969).
- [50] A.C. Raicik, (2023)
- [51] C. Sagan, *O Mundo Assombrado pelos Demônios* (Companhia das Letras, São Paulo, 1996).
- [52] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 533-535, 1911f.
- [53] N. Bohr, *Proceedings of the Physical Society* **78**, (1961). [doi](#)
- [54] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 2 - Work on Atomic Physics (1912-1917)*, editado por L. Rosenfeld, U. Hoyer (North-Holland Publishing Company, Oxford, 1981), p. 576, 1912a.
- [55] N. Straumann, *Eur. Phys. J. H.* **36**, 379 (2011).
- [56] E. Rutherford, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 2 - Work on Atomic Physics (1912-1917)*, editado por L. Rosenfeld, U. Hoyer (North-Holland Publishing Company, Oxford, 1981), p. 576, 1912.
- [57] U. Hoyer, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 2 - Work on Atomic Physics (1912-1917)*, editado por L. Rosenfeld, U. Hoyer (North-Holland Publishing Company, Oxford, 1981), p. 4-10/ 104-134, 1981.
- [58] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 2 - Work on Atomic Physics (1912-1917)*, editado por L. Rosenfeld, U. Hoyer (North-Holland Publishing Company, Oxford, 1981), p. 549-551, 1912b.
- [59] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 553, 1912c.
- [60] F. Jacob *Of Flies, Mice, and Men* (Harvard University Press, Cambridge, 1998).
- [61] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 555-559, 1912d.
- [62] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 1 - Early Work (1905-1911)*, editado por L. Rosenfeld, J.R. Nielsen (North-Holland Physics Publishing, New York, 1972), p. 559, 1912e.
- [63] L. Rosenfeld, *Textos fundamentais da física moderna* (Fundação Calouste Gulbenkian, Porto, 1989).
- [64] N. Bohr, in *Niels Bohr Collected Works. Volume 2 - Work on Atomic Physics (1912-1917)*, editado por L. Rosenfeld, U. Hoyer (North-Holland Publishing Company, Oxford, 1981), p. 135-158, 1912f.
- [65] A.C. Basso, L.O.Q. Peduzzi, in *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Bauru, 2003, editado por M.A. Moreira (Abrapec, Bauru, 2003), p. 1.
- [66] L.O.Q. Peduzzi, *Do Átomo Grego ao Átomo de Bohr* (Publicação interna, Florianópolis, 2015), disponível em www.evolucaoedosconceitosdafisica.ufsc.br.
- [67] S.S. Ressurreição, *Contribuições de John William Nicholson Para o Átomo de Bohr: O Papel Epistêmico do Erro Científico e Suas Implicações Para o Ensino de Ciências*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 2020.
- [68] F.L. Silveira, L.O.Q. Peduzzi, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **23**, 26 (2006).
- [69] S.S. Vasconcelos, T.C.M. Forato, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **35**, 851 (2018). [doi](#)