



Fonte: Ilustração Moderna, 23/05/1925. Reprodução

Einstein escreve a expressão para a energia do quantum de luz em conferência na ABC.

O surgimento das ideias quânticas no Brasil

por Ildeu de Castro Moreira

Resumo

No Brasil, as primeiras ideias da teoria quântica foram divulgadas nas primeiras décadas do século XX por engenheiros e intelectuais em palestras e publicações em jornais e revistas, antes da criação de cursos formais na década de 1930. O engenheiro e matemático Theodoro Ramos teve um papel pioneiro neste contexto. Cientistas visitantes como Einstein, Marie Curie e Fermi ajudaram na difusão, que foi lenta, como mostram periódicos da época.

Palavras-chave: Teoria Quântica; História da Ciência no Brasil; Divulgação Científica; Física Moderna.

A introdução das primeiras ideias sobre a teoria quântica no Brasil, no início do século XX, ocorreu por meio de indivíduos interessados nas novas teorias científicas, que deram palestras ou publicaram matérias em revistas e jornais. Em geral, eram engenheiros,

já que não havia ainda instituições para a formação de físicos ou químicos, nas quais tais temas pudessem ser ensinados. Os primeiros cursos regulares surgiram na USP, em 1934, com Gleb Wataghin (1899-1986) e nas aulas da Universidade do Distrito Federal (UDF), em

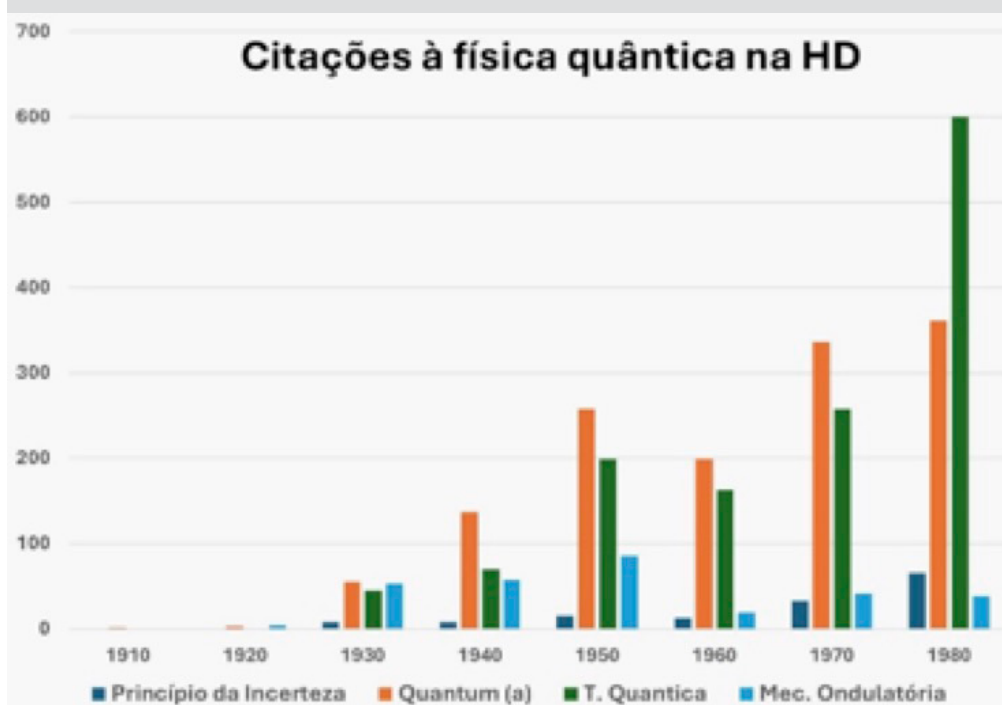
1935, com Bernhard Gross (1905-2002). As presenças no Brasil de cientistas importantes, em especial na década de 1920, dando palestras ou cursos – como Henri Abraham, Albert Einstein, Marie Curie e Enrico Fermi – foram também vetores na difusão de novas

teorias. Destaque-se, ainda, o pioneirismo do curso sobre mecânica quântica lecionado, em 1931, pelo engenheiro e matemático Theodoro Ramos (1895-1937).

As informações apresentadas a seguir sobre menções às ideias quânticas, feitas no Brasil, resultam de investigações em periódicos das décadas iniciais do século XX, existentes na Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional (HDBN), e em alguns livros e depoimentos sobre o período. A Figura 1 mostra o número de citações de termos relacionados com a física quântica – quantum de luz, quanta de energia ou de Planck, teoria quântica, mecânica quântica, mecânica ondulatória – nas primeiras décadas daquele século. Ele nos dá uma ideia, mesmo que grosseira, da lenta penetração desses conceitos em jornais e revistas do período. A teoria da relatividade, outro dos pilares importantes da física moderna, teve uma presença bem mais acentuada nos jornais deste período – cerca de oito vezes maior do que a teoria quântica nas décadas de 1920 e 1930 – acompanhando uma onda internacional de interesse intenso pelo tema.

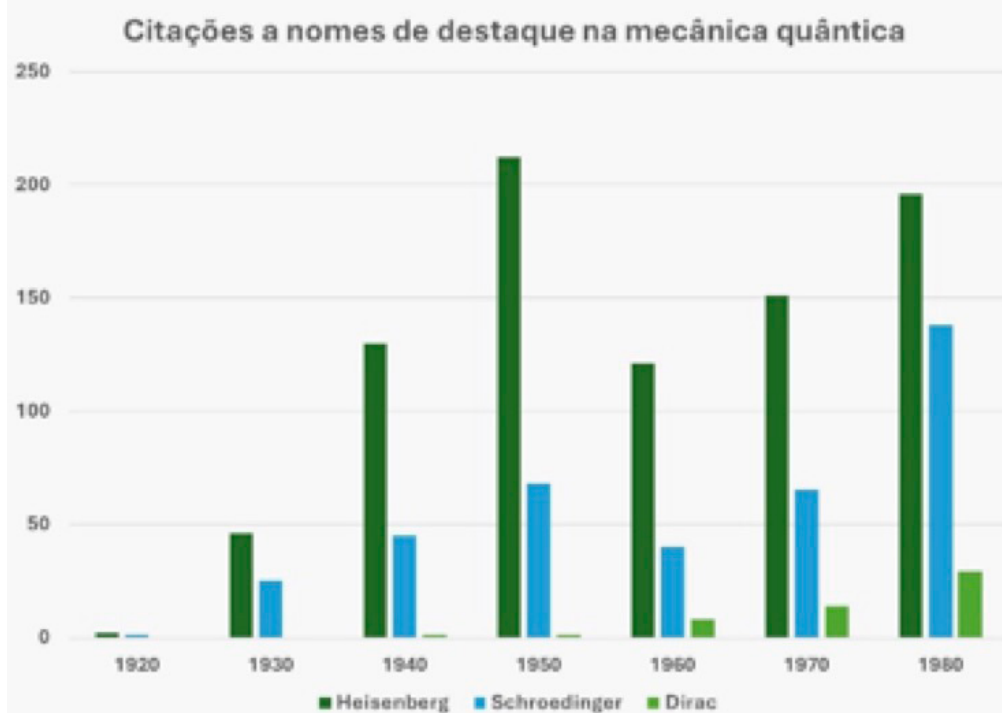
No gráfico da Figura 2 apresenta-se o número de citações encontradas nesta base sobre três dos cientistas que mais se destacaram na formulação inicial da mecânica quântica: Heisenberg, Schrödinger e Dirac.

A primeira menção que encontramos em periódicos nacionais, e que se refere aos *quanta*, foi publicada na Revista Marítima Brasileira em 1913. Ali se reproduziu uma notícia



Fonte: Produção do autor

Figura 1. Número de citações de termos relacionados com a física quântica



Fonte: Produção do autor

Figura 2. Número de citações na Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional (HDBN)

curta na revista *La Nature* em que se menciona a “emissão descontínua de energia (hipótese dos quanta de Planck)” e

se anunciava o debate na física da época: variações contínuas seriam suficientes para descrever a natureza ou seria preciso

**"A primeira menção
que encontramos
em periódicos
nacionais, e que se
refere aos quanta,
foi publicada na
Revista Marítima
Brasileira em 1913."**

introduzir, nas leis naturais, descontinuidades essenciais?^[1] Seguiu-se um interregno de alguns anos, nos quais as notícias da I Guerra Mundial dominam a mídia e os temas científicos mais avançados praticamente desaparecem.

Em 1923 Manoel Amoroso Costa (1885-1928), que já havia publicado um livro sobre a teoria da relatividade, retomou na mídia local a discussão sobre as ideias da física quântica com dois artigos de divulgação, *As Duas Imensidades*, um deles dedicado aos fenômenos cosmológicos e outro à escala microscópica.^[2] No segundo artigo, ele menciona a teoria dos quanta de Planck, o modelo de átomo de Rutherford e a hipótese de órbitas quantizadas de Bohr para explicar as raias espectrais do hidrogênio. Cita a modificação proposta por Sommerfeld e aponta limitações existentes na aplicação da teoria a átomos mais complexos.

Em 1923, Theodoro Ramos (1895-1935) fez as primeiras pesquisas teóricas no Brasil sobre a física quântica.^[3] Em maio de 1923, publicou o trabalho *"Sobre a Theoria da Estrutura do Espectro das Raias do Hydrogenio"*, no qual estudou o efeito da adição de um

potencial do tipo $1/r^2$ ao potencial colombiano do átomo. Em outro trabalho, no mesmo ano, abordou a interface entre a teoria da relatividade geral e o modelo atômico de Bohr-Sommerfeld. O artigo foi publicado em 1929 nos Anais da Academia Brasileira de Ciências,^[4] quando a nova mecânica quântica já havia remodelado o conhecimento sobre a estrutura do átomo. Nesse artigo, Ramos usou a regra da quantização de Sommerfeld para um sistema formado por um elétron em órbita em torno do núcleo, ligado a ele pela força de Coulomb, e verificou a influência da curvatura do espaço-tempo sobre o sistema. Chegou à conclusão de que a correção introduzida pela relatividade geral seria desprezível por ser extremamente pequena. Esse trabalho de Theodoro Ramos, bem como o anterior, foi apresentado por Amoroso Costa na sessão da ABC de janeiro de 1924. Note-se que a ABC teve um papel importante na difusão das novas ideias da ciência moderna no Brasil.^[5]

O primeiro curso público sobre as ideias da (antiga) teoria quântica foi oferecido na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em setembro de 1923, pelo físico francês Henri Abraham (1868-1943), que viera ao Brasil a convite do Instituto Franco-Brasileiro de Alta Cultura. O curso teve seis aulas, a última delas sobre *"Os Raios-x, a teoria dos 'quanta' e a estrutura dos átomos"*.^[6] Ele foi frequentado possivelmente por estudantes e professores da Escola Politécnica. Abraham fez também uma série de conferências

similares, na Escola Politécnica de São Paulo.^[7] Há, ainda, um relato publicado em jornais de 1928, de que o professor Roberto Marinho de Azevedo (1878-1962) fez, em 1925, uma conferência na Escola Politécnica do Rio de Janeiro sobre a *"Teoria dos Quanta"*.^[8] Do ponto de vista histórico, a comunicação científica mais importante sobre teoria quântica no Brasil neste período, foi realizada por um de seus criadores, Albert Einstein. Em 7 de maio de 1925, durante sua visita ao Rio de Janeiro, ele fez a comunicação *"Observações sobre a situação atual da teoria da luz"* na ABC.^[9] Ela é historicamente relevante porque traduz uma disputa científica sobre a realidade do quantum de luz (o fóton), em particular com Niels Bohr, que não aceitava esta ideia e defendia uma teoria puramente ondulatória. A Ata da ABC de 7 de maio de 1925 registrou:

"O professor Einstein, agradecendo às homenagens que lhe são prestadas, ao invés de um discurso, diz ele, mostra o seu reconhecimento e o seu apreço à Academia fazendo uma rápida comunicação sobre os resultados que, na Alemanha, estão sendo obtidos nos estudos realizados sobre a natureza da luz, comparando a teoria ondulatória e a dos quanta."

Einstein iniciou assim sua comunicação:

"Até pouco tempo atrás, acreditava-se que, com a teoria

ondulatória da luz, na sua forma eletromagnética, tivéssemos adquirido um conhecimento definitivo sobre a natureza da radiação. No entanto, sabemos, há cerca de 25 anos, que essa teoria não permite explicar as propriedades térmicas e energéticas da radiação, embora descreva com precisão as propriedades geométricas de luz (refração, difração, interferência, etc.). Uma nova concepção teórica, a teoria do quantum luminoso, semelhante à teoria da emissão de Newton, surgiu ao lado da teoria ondulatória da luz e adquiriu uma posição firme na ciência pelo seu poder explicativo (explicação da fórmula da radiação de Planck, dos fenômenos fotoquímicos, teoria atômica de Bohr). Não se conseguiu, até hoje, uma síntese lógica da teoria dos quanta e da teoria ondulatória, apesar de todos os esforços feitos pelos físicos. É, por essa razão, muito discutida a questão da realidade dos quanta de luz.”

Na parte final escreveu:

“Com a finalidade de verificar experimentalmente esse modo de ver, os físicos berlinenses Geiger e Bothe tentaram uma experiência interessante sobre a qual

desejaria chamar a atenção dos senhores. (...) Por ocasião de minha partida da Europa, as experiências não estavam ainda concluídas. No entanto, os resultados até agora obtidos parecem mostrar a existência daquela correlação. Se essa correlação for verificada de fato, tem-se um novo argumento de valor em favor da realidade dos quanta de luz.”^[10] [i]

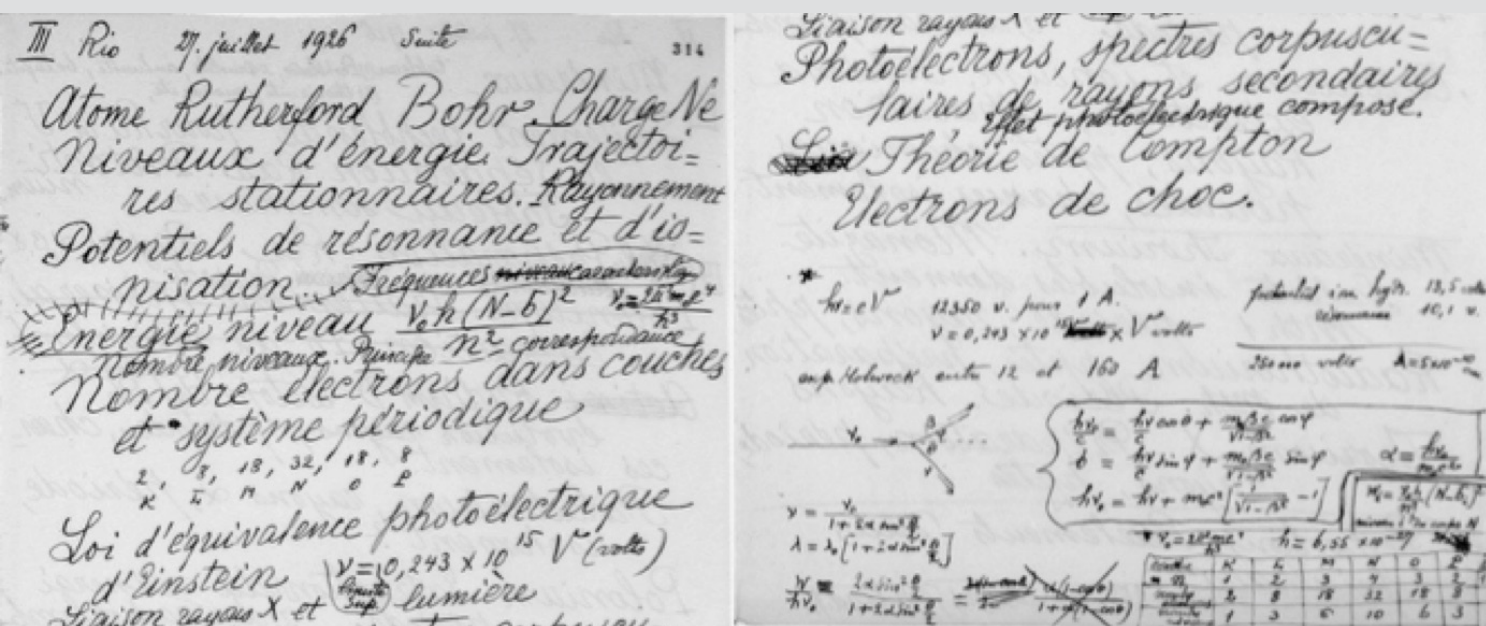
No ano seguinte, Marie Curie veio ao Brasil e aqui permaneceu, com sua filha Irène, de 15 de julho a 28 de agosto de 1926.^[11] Ajudada por Irène nas demonstrações experimentais, deu um curso sobre radioatividade, com 11 aulas, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Fez também conferências de caráter mais geral sobre o uso da radioatividade na medicina, nas Faculdades de Medicina de São Paulo e de Belo Horizonte e na Academia Nacional de Medicina, no Rio de Janeiro. Além disso, foi recepcionada na ABC e ali fez a comunicação “A invariabilidade das constantes radioativas”.

No curso, que foi assistido por muitos professores e alunos de engenharia e de medicina, Marie Curie abordou uma ampla gama de assuntos relativos à radioatividade e à estrutura dos átomos. Na terceira aula, tratou do átomo de Rutherford-Bohr, discutiu os estados estacionários e os potenciais de ionização, abordou a lei do efeito fotoelétrico de Einstein e deduziu o espalhamento de Compton, a partir das leis de conservação da

energia e do momento aplicadas ao espalhamento de um quantum de luz por um elétron. (Figura 3).

Quanto à penetração desses tópicos nas escolas de ensino secundário, é interessante destacar que foi no Colégio Pedro II (CPII) que eles adentraram pela primeira vez nos currículos escolares. Isso teria possivelmente ocorrido por iniciativa de professores de física do CPII, que poderiam ter estado presentes nas palestras de Einstein ou nas aulas de Marie Curie, ou ainda foram estimulados pelo ambiente de discussão criado no meio acadêmico. O concurso para professores de química do CPII, em 1926, trazia entre os pontos de arguição: estrutura atômica e teoria dos “quanta” de Planck. O tópico “Ideias gerais sobre relatividade” foi incluído no programa de Física do CPII em 1929. No programa de 1931, nota-se a inclusão de

“Foi nesta ocasião que Mario Schenberg, então estudante de engenharia, ouviria falar do neutrino pela primeira vez, uma partícula que estaria presente posteriormente em algumas de suas principais contribuições à física e à astrofísica.”



Fonte: Acervo: BNF. Reprodução

Figura 3. Esquema da III aula de Marie Curie

"Exposição sumária das teorias modernas da física".^[12]

Em 1931, Theodoro Ramos realizou na Escola Politécnica do Rio de Janeiro o primeiro curso sobre a mecânica quântica na sua formulação mais geral e ainda atual. O conteúdo foi publicado em quatro artigos no Boletim do Instituto de Engenharia.^[13] No primeiro artigo, introduz os conceitos básicos da física ondulatória e da ótica geométrica e explora a analogia entre a mecânica clássica e a ótica geométrica. No segundo, expõe a mecânica ondulatória, seguindo os trabalhos de Schrödinger de 1926, e discute a interpretação probabilística de Born para a função de onda. No terceiro, analisa a transição da mecânica clássica para a "velha" teoria quântica, introduzindo as regras de quantização e o princípio de correspondência de Bohr. No quarto, apresenta a mecânica quântica matricial de Heisenberg, Born e Jordan e discute a equivalência entre

"Mas aqui começa outra história, a de como se formariam no Brasil os primeiros cientistas com conhecimento básico sobre a física moderna e o que pesquisariam sobre ela."

as mecânicas ondulatória e a matricial. São artigos didáticos, claros e muito bem escritos, que podem ser utilizados com proveito até hoje como uma introdução à mecânica quântica.

Entre 1926 e meados da década de 1930, vários artigos de divulgação científica, publicados na mídia, trataram de temas gerais da teoria quântica. O mais interessante deles, para nosso propósito, foi a conferência de Álvaro Alberto ao

tomar posse como presidente da ABC em 1935, e intitulada "Sobre o Conceito Atual do Determinismo".^[14] A conferência, que menciona a comunicação de Einstein na ABC sobre o quantum de luz, ocorrida dez anos antes, explora as concepções sobre determinismo e causalidade na física dos principais criadores da teoria quântica em particular: Planck, Einstein, Bohr, de Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Born e Dirac.

Outro cientista que trouxe importantes novas da física quântica para a incipiente comunidade científica local foi Enrico Fermi. Em 1934, ele viajou para a América do Sul e esteve no Brasil, entre 21 de agosto e 1 de setembro, tendo feito duas conferências em São Paulo e três no Rio de Janeiro.^[15] Nelas, Fermi explorou avanços recentes da física e muitas pessoas tiveram a oportunidade de tomar conhecimento de novos resultados experimentais e teorias... Fermi, embora

jovem, já era um físico bem conhecido por contribuições importantes e atraiu um público significativo nas duas cidades, especialmente de professores e estudantes de engenharia.

Na primeira conferência em São Paulo, *"A constituição da matéria"*, Fermi tratou dos problemas das transformações dos elementos químicos, descrevendo as experiências até então realizadas na produção de novos corpos radioativos. Fez uma segunda palestra, no dia 23 de agosto, na Escola Politécnica de São Paulo, mais técnica do que a anterior. Tratou de sua nova teoria para a desintegração beta e foi ali que Mario Schenberg, então estudante de engenharia, ouviria falar do neutrino pela primeira vez, uma partícula que estaria presente posteriormente em algumas de suas principais contribuições à física e à astrofísica.

A primeira palestra de Fermi no Rio de Janeiro, versou sobre *"A evolução da física no século XX"*. Fez uma exposição geral sobre a estrutura atômica e discutiu as partículas que haviam sido recentemente descobertas: o nêutron e o pósitron. Mencionou o aparecimento da mecânica quântica matricial e da mecânica ondulatória e do "princípio de indeterminação"

de Heisenberg. A segunda conferência no Rio de Janeiro, *"A produção artificial dos corpos radioativos"*, foi promovida pela ABC, na qual Fermi foi apresentado por Theodoro Ramos. Uma terceira conferência ocorreu na Escola Politécnica com o título: *"Modelo Estatístico do Átomo"*.^[15] A presença de Fermi em São Paulo e no Rio, além de uma divulgação grande nos jornais, foi bastante concorrida e possibilitou a difusão de muitas das ideias recentes da física quântica de então. Nos meses seguintes, os primeiros cursos regulares com temas de física moderna começariam a ser dados em São Paulo, na USP, e no Rio, na UDF.

Voltemos a Bernhard Gross que, como Wataghin em São Paulo, deu a partida à formação dos primeiros físicos por aqui. Ele afirmou sobre este período anterior ao aparecimento dos primeiros cursos regulares para a formação deles:

"Havia físicos que conheciam desenvolvimentos modernos da física, mas, como não era ensinada física atômica e nada relacionado, naturalmente, esses temas não eram

muito generalizados. Isso se reverteu lá por volta de 1934, 1935 com a fundação das universidades".^[16]

Ao montar o primeiro curso de física na UDF Gross, em 1935, se inspirou nos cursos que havia feito na Alemanha, que incluíam mecânica, termodinâmica, ótica, eletromagnetismo e física atômica. Ele relatou que incluiu mecânica quântica, mas não relatividade nesses cursos iniciais. Do mesmo modo, no ano anterior, em São Paulo, na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, onde Wataghin era o professor, o curso de física incluía, no terceiro ano, a cadeira Elementos de Física Moderna: estrutura da matéria, teoria da relatividade e mecânica quântica.^[ii] Tem início uma nova fase: a da formação no Brasil dos primeiros cientistas com conhecimento básico sobre a física moderna e que viriam a pesquisar sobre ela.

Ildeu de Castro Moreira é professor do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Recebeu o Prêmio José Reis de Divulgação Científica e Tecnológica do CNPq em 2013. É presidente de honra da SBPC, membro do Conselho Editorial de Ciência & Cultura.

NOTAS

[i] Os resultados dos experimentos de Geiger e Bothe foram publicados em meados de maio de

1925 e confirmaram as previsões de Einstein.

[ii] O mesmo ocorreu com os experimentos realizados por Compton e Simon publicados pouco depois.

REFERÊNCIAS

[1] ELETRICIDADE – Radioatividade. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 32, n. 7, p. 454, jan. 1913.

[2] AMOROSO COSTA, M. As duas imensidades. O Jornal, Rio de Janeiro, n. 1241, 28 jan. 1923; n. 1265, 25 fev. 1923.

[3] STUDART, N.; COSTA, R. C. T.; MOREIRA, I. C. Theodoro Ramos e os primórdios da Física Moderna no Brasil. Física na Escola, v. 5, n. 2, p. 34–36, 2004.

[4] RAMOS, T. A Theoria da relatividade e as raias espectraes do hydrogenio. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 1, p. 20–27, 1929.

[5] CARVALHO, J. M.; MOREIRA, I. C. (org.). Ciência no Brasil: 100 anos da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro: ABC, 2017.

[6] AS CONFERÊNCIAS do professor Henri Abraham. O Paiz, Rio de Janeiro, 13 set. 1923, p. 5.

[7] NOTAS. Correio Paulistano, São Paulo, 6 out. 1923, p. 4.

[8] JORNAL DO COMMERCIO. Rio de Janeiro, 26 abr. 1928, p. 6.

[9] MOREIRA, I. C. Einstein na Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro: ABC, 2025.

[10] EINSTEIN, A. Observações sobre a situação atual da teoria da luz. Revista da ABC, v. 1, n. 1, p. 1–3, 1926.

[11] ESTEVES, B.; MOREIRA, I. C.; MASSARANI, L. M. A visita de Marie Curie ao Rio de Janeiro em 1926 e a imprensa brasileira. Revista da SBHC, v. 5, p. 134, 2007.

[12] SAMPAIO, G. M. E. Um olhar sobre a história da física no Rio de Janeiro. 2011. Tese (Doutorado em

História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

[13] RAMOS, T. Introdução à mecânica dos “quanta” I, II, III e IV. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 326, 2003; n. 4, p. 418, 2003; v. 26, n. 1, p. 71 e p. 75, 2004.

[14] SILVA, A. A. M. Sobre o conceito actual de determinismo. Jornal do Commercio, Rio de Janeiro, 30 jun. 1935, p. 9–10.

[15] MOREIRA, I. C. A viagem de Fermi ao Brasil em 1934 e suas entrevistas e conferências. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, e20220204, 2022.

[16] TOLMASQUIM, A. T.; VIDEIRA, A. A. P.; VIEIRA, C. L. Bernhard Gross: entrevista e outros escritos. Rio de Janeiro: MAST, 2023. p. 38–39.