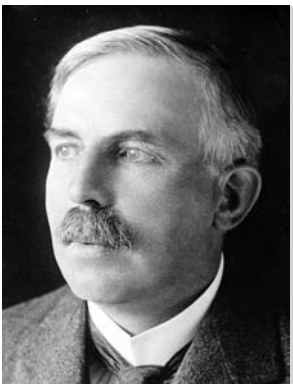
[Versões deste texto foram publicadas em *Ilustríssima,* da *Folha de S. Paulo* (13/03/11), e *Ciência e Sociedade*, março de 2011]

O centro de todas as coisas

Um século da descoberta do núcleo atômico

No obituário que o *New York Times* publicou em 20 de outubro de 1937, lia-se que poucos humanos atingiram, em vida, a imortalidade – e, muito menos, o Olimpo. O destinatário de tão eloquente elogio – morto no dia anterior – foi um explorador do infinitamente diminuto e complexo núcleo do átomo, universo que ele foi o primeiro a penetrar.

As palavras refletem a extensão da fama do físico neozelandês Ernest Rutherford, cuja biografia lembra a de heróis de contos infantis em que garotos pobres, da periferia, tornam-se nobres e admirados por seus feitos e seu caráter.



Ernest Rutherford
Crédito: Wikimedia Commons

A obra científica de Rutherford impressiona. Mas ele será sempre lembrado como aquele que escavou o átomo a fundo e, de lá, trouxe ao mundo o 'coração' da matéria, o caroço duro e diminuto que ele batizou núcleo atômico.

O percurso até aí, porém, foi longo e árduo.

Para entender Rutherford e suas descobertas sobre a radioatividade, a estrutura dos átomos e a transmutação dos elementos, é preciso descrever, ainda que brevemente, a física do final do século 19, da qual ele é fruto. Nas palavras do historiador da ciência Erwin Hiebert, em um capítulo de *Rutherford and the physics at the turn of century* (Rutherford e a física na virada do século; Dawson and Science History Publications, 1979), esse cenário era marcado: i) por uma crescente percepção de uma unidade das ciências físicas; ii) pela urgência em abarcar os fenômenos do muito grande e do muito pequeno em uma só visão do mundo; iii) por uma nova atitude (mais ousada) em relação à especulação científica; iv) pela ênfase nas colaborações científicas.

Para Hiebert, os físicos estavam prontos para (se preciso) construir um mundo radicalmente novo para englobar os novos (e aparentemente não relacionados) fenômenos: elétrons, raios X e radioatividade. Esta última – radiação cuspida espontaneamente pelos átomos – era um constrangimento para a física e a química do século 19, que não podiam explicá-la.

Rutherford, depois de um flerte rápido com as ondas de rádio, descobertas em 1887, passou a estudar a radioatividade, que, então, reunia os elementos básicos para uma (próspera) carreira científica: intrigante, fascinante, promissora e (principalmente) ininteligível. Mais: e com pouquíssima bibliografia – como justificou, mais tarde, a física polonesa Marie Curie (1867-1934), ao escolher o tema para seu doutorado naquele final de século.

Esforço e sorte

Nascido em 30 agosto de 1871, em Spring Grove (hoje, Brighwater), área rural ao sul de Nélson (Nova Zelândia), Rutherford cresceu em família pobre, com pai mecânico e agricultor, e mãe

professora primária. Era o quarto de 12 filhos. Foi nesse ambiente que, segundo o historiador da ciência Lawrence Badash, em "Rutherford (1871-1937)" (Dicionário de Biografias Científicas, Contraponto, 2007), forjaram-se os princípios que levariam o jovem Ernest da periferia do império britânico ao posto de cientista mais famoso do início do século passado: simplicidade, retidão, economia, energia, entusiasmo e respeito à educação – sempre leu muito ao longo da vida.

Biografias de Rutherford – por exemplo, Arthur Eve, em *Rutherford – Being the Life and Letters of the Rt Hon. Lord Rutherford, OM.* (Rutherford – sobre a vida e as cartas do muito honorável Lorde Rutherford, O[rdem do] M[érito]; Cambridge University Press, 1939) – costumam extrapolar para sua juventude o talento de sua maturidade. Porém, pesquisas minuciosas feitas pelo físico e biógrafo John Campbell, em *Rutherford Scientist Supreme* (Rutherford, cientista supremo; AAS Publications, 1999), mostraram que o estudante – talentoso em matemática e física – estava mais para esforçado e iluminado pela sorte do que para 'gênio'. Suas oportunidades acadêmicas se concretizaram porque os primeiros colocados acabavam, por algum motivo, não aceitando as bolsas de estudo.

Foi uma dessas bolsas que levou Rutherford, em 1895, ao Laboratório Cavendish, em Cambridge (Inglaterra), referência mundial em física experimental. Em fevereiro do ano seguinte, ele finalizou um detector que podia captar ondas eletromagnéticas a até 800 m – feito tecnológico semelhante a do telégrafo sem fio. Começava, assim, a manifestar, em continente europeu, sua grande capacidade de imaginar, projetar e construir artefatos, algo incutido nele ainda na infância, ao observar essas habilidades no pai – ainda criança, desmontava relógios para construir moinhos d'água, por exemplo.

Rutherford tentou patentear seu detector – talvez, buscando fama e fortuna, segundo John Heilbron, em *Rutherford and the explosion of atoms* (Rutherford e a explosão dos átomos; Oxford University Press, 2003) –, mas seus ganhos impossibilitavam essa

despesa extra: sua bolsa mal o sustentava, atirando-o no limite entre a pobreza e a miséria. Assim, o desenvolvimento do telégrafo sem fio ficaria a cargo do italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), que levaria o Nobel de Física de 1909 pela invenção.

O detector e outras habilidades experimentais de Rutherford impressionaram seu chefe no Cavendish, Joseph John Thomson (1856-1940), que, em 1897, descobriria a primeira partícula subatômica, o elétron – fazendo da palavra átomo (a = não; tomo = divisível, em grego) uma contradição semântica. Explica-se. Até então, pelos últimos 2,5 mil anos, vários modelos de átomos haviam sido idealizados, mas essas entidades diminutas sempre haviam permanecido obedientes aos ditames do filósofo grego Leucipo (c. 500-450 a.C), pai do atomismo: "Toda a realidade consiste em partículas duras e indivisíveis, movendo-se e colidindo no espaço vazio". Raros foram os cientistas ou pensadores que, até a época de Thomson, arriscaram teorizar sobre um átomo com estrutura interna.

Ao Canadá

Rutherford também desistiu de Cambridge – para ele, um ambiente esnobe. Percebeu que alguém da periferia – ele foi, no Cavendish, um dos primeiros estudantes de pesquisa não formados em Cambridge – teria poucas chances de promoção por lá. A saída foi aceitar, em 1898, uma vaga na Universidade McGill (Canadá), cujo laboratório de física era um dos mais bem equipados do mundo, graças ao patronato de um dono de uma fábrica de tabaco que desprezava o hábito de fumar. Ganhou o emprego indicado por Thomson, que o classificou como o melhor aluno que já tivera. Os resultados que Rutherford obteria naquele laboratório colocariam a física canadense no mapa-múndi da ciência.

Com o auxílio do competente químico inglês Frederick Soddy (1877-1956), Rutherford passou a trabalhar intensamente. Agora, seu objetivo era publicar muito (e bons resultados), para um dia voltar à Inglaterra, onde poderia não só fazer física de primeira, mas também (e mais importante) estar ao lado de quem a fazia.

A ambição profissional sempre foi traço marcante de sua personalidade. De Montreal, escreveu para sua futura mulher, Mary Georgina Newton (1876-1945), com quem se casaria, em 28 de junho de 1900, em Christchurch (Nova Zelândia): "Quero trabalhar bastante e formar uma escola de pesquisa, para ofuscar todo o brilho dos Ianques!" Décadas mais tarde, o ex-físico e escritor inglês C. P. Snow (1905-1980), autor do clássico *As duas culturas*, caracterizou-o como "exuberante, extrovertido e nada perceptivelmente modesto".

Em pouco tempo, a dupla Rutherford e Soddy apresentou resultados surpreendentes sobre a radioatividade. Um deles: a emissão de radiação fazia com que um elemento químico se transformasse em outro. Ganhou o nome de transmutação nuclear, teoria que derrubava outra propriedade atribuída ao átomo ainda na Antiguidade: a indestrutibilidade.

A transformação cheirava a alquimia – na época, já morta e enterrada –, e Rutherford foi cuidadoso em buscar apoio de químicos renomados, como o britânico sir William Crookes (1832-1919), para a ideia. Com base nessa teoria, calculou a idade de rochas em bilhões de anos, desmontando assim argumentos geológicos, biológicos e religiosos sobre a idade da Terra.

Esses e outros resultados (por exemplo, a descoberta do gás radônio) lapidaram a imagem científica e pública de Rutherford – que se tornou o 'Sr. Radioatividade'–, reforçada pela publicação, em 1904, de seu livro *Radio-Activity*, clássico da área. No início do século, sua fama ultrapassava a de Henri Becquerel (1852-1908), o descobridor da radioatividade, e do casal Pierre (1859-1906) e Marie Curie, que haviam descoberto dois novos elementos radioativos, o polônio e o rádio. Esse trio recebeu o Nobel de Física em 1903.

Inicialmente, Rutherford tinha o trio como competidores. Mais tarde, desentendeu-se (polida e cientificamente) com Becquerel. Com os Curie manteve amizade; e com Marie, admiração mútua longo da vida.

Os resultados no Canadá renderam a Rutherford o Nobel de Química de 1908.

Química?

Sim, porque o assunto radioatividade, para o comitê do prêmio, pertencia a essa área. Rutherford resumiu seu espanto assim: "Lidei com várias e diferentes transformações em diversos períodos, mas a mais rápida com que me defrontei foi a minha própria transformação de físico em químico". Embutida na frase, há seu preconceito em relação à química – para ele, ciência "malcheirosa". Por sinal, Rutherford classificava todos os outros ramos das ciências naturais como "coleção de selos".

Rumo ao núcleo

O esforço e a perseverança de Rutherford se evidenciaram naquele ano e meio em que ele se debruçou sobre os resultados obtidos pelo físico neozelandês Ernest Marsden (1889-1970) entre 1909 e 1910. A ideia do experimento – baseado no bombardeio de uma folha finíssima de ouro com partículas alfa (núcleos de hélio) – havia nascido de observação (desconfiada) feita por Rutherford de um experimento anterior no qual um feixe semelhante de partículas, depois de atravessar uma folha fina de mica, formava, em um anteparo, uma mancha difusa, um borrão.

A intuição demandava – com base no que se concebia ser o átomo e as partículas alfa (estas últimas, para Rutherford, 'gigantescas' como os átomos) –, que o feixe não sofresse esses desvios. Ou seja, não deveria haver o borrão.

Esse mistério permaneceu com Rutherford até que ele e seu assistente, o físico alemão Hans Geiger (1882-1945), resolveram atacar a questão na Universidade de Manchester (Inglaterra), para onde Rutherford havia se transferido, ocupando a vaga deixada especialmente para ele pelo físico anglo-alemão Arthur Schuster (1851-1934). Para a tarefa investigativa, designaram Marsden, aos tenros 20 anos de idade.

A engenhosidade – lançar partículas contra um alvo – foi tamanha que o experimento é base até hoje para perscrutar o interior do átomo. As partículas alfa (formadas por dois nêutrons e

dois prótons) vinham de uma fonte radioativa e, transformadas em feixe, eram lançadas contra a folha finíssima de ouro (0,00006 cm), que estava circundada por uma tela cintilante.

Em sua esmagadora maioria, as partículas alfa, viajando com velocidade comparável à de uma bala de fuzil, atravessavam a folha de ouro, sem praticamente se desviar da trajetória original. Algumas sofriam desvios maiores, atingindo a tela em pontos diversos, que brilhavam com a colisão.

Mas – e aí está o que Rutherford macerou mentalmente por um ano e meio – uma em cada 20 mil partículas, em média, ricocheteava de volta em direção à fonte emissora.

Os cálculos finais de Rutherford com base naqueles resultados experimentais sugerem uma caligrafia trêmula – talvez, reação àquilo que ele começava a entender: toda a massa atômica estava concentrada em um caroço central, responsável por desviar ou mesmo rebater de volta as partículas alfa. O átomo, portanto, era um grande vazio. Resumiu seu espanto ao dizer que era como se canhões de grosso calibre atirassem contra uma folha de papel, e os projéteis voltassem em sua direção.

O núcleo era diminuto (cerca de 0,0000000000001 cm), aproximadamente 10 mil vezes menor que o diâmetro atômico. Se o átomo tivesse o diâmetro do estádio do Maracanã, o núcleo seria mais ou menos do tamanho da cabeça de um alfinete, no centro do gramado. Se juntássemos todos os núcleos atômicos do corpo humano, o conjunto não seria maior que um grão de areia.

O modelo atômico nuclear de Rutherford desbancou aquele idealizado por Lorde Kelvin (1824-1907) e aperfeiçoado por Thomson, o chamado 'pudim de passas', no qual os elétrons seriam 'passas' incrustadas em uma 'massa' de carga elétrica positiva. Esse tipo de átomo, pela disposição de seus elementos, não explicava por que as partículas alfa batiam contra a folha de ouro e voltavam.

O modelo de Rutherford não recebeu muita atenção, mas deu início à viagem da ciência rumo ao centro da matéria. E, de certa forma, confirmou as ideias de 1903 do físico japonês Hantaro

Nagaoka (1865-1950) – por sinal, citado por Rutherford –, cujo átomo tinha um núcleo gigante, rodeado por elétrons, lembrando os anéis de Saturno.

O alquimista

Em 1919, Rutherford publicou os resultados que o tornariam o primeiro alquimista da história – feito tão impressionante quanto o do núcleo atômico. No experimento, bombardeou átomos de nitrogênio com partículas alfa, produzindo oxigênio e, de quebra, o próton, partícula de carga positiva de cuja existência ele já desconfiava desde o núcleo atômico.

A transmutação de nitrogênio em oxigênio foi seguida, no entanto, de queda significativa de resultados importantes no Laboratório Cavendish, que, desde 1919, estava sob a liderança de Rutherford – herdou-a de Thomson.

Nessa altura, Rutherford – que não tinha a física teórica em grande estima – percebeu que precisaria de ajuda para projetar experimentos na área da teoria quântica, que lida com os fenômenos do mundo atômico e subatômico e que ganhou grande impulso na década de 1920. Contratou Ralph Fowler (1889-1944), que, em 1921, casou-se com sua única filha, Eileen Mary Rutherford (1901-1930).

A essa altura, vale perguntar: se tanto fez Rutherford, então por que não recebeu um segundo Nobel?

A hipótese mais provável é a de Campbell: o comitê estava certo de que mais um prêmio nada acrescentaria à já ampla fama do físico.

Historiadores da ciência veem em Rutherford as origens da *Big Science*, o tipo de ciência (principalmente física) feito depois da Segunda Guerra, com enormes volumes de dinheiro, grande quantidade de pesquisadores, laboratórios nacionais e temas, por vezes, ligados a questões militares. Badash (1934-2010), em capítulo de *Rutherford and physics at the turn of the century*, enxerga os seguintes elementos pioneiros em Rutherford: formação de equipes de pesquisa e de laboratórios com numerosos integrantes; no gran-

de fluxo de publicações; na internacionalização dos resultados; nos esforços de especialização; nos meios de disseminação da informação; e na competição – cada um desses itens é moeda corrente na ciência atual.

A tese de Badash – apesar de bem argumentada – causa espanto para aquele que conheceu o Cavendish nos tempos heroicos, em que para um aluno, em busca de um cano de aço para um experimento, era dada uma serra e uma bicicleta velha, da qual ele devia extrair o que desejava. Era a física experimental no seu modo mais romântico, com experimentos feitos num prédio úmido, empoeirado, cheio de fios e equipamentos que se distribuíam sem a menor ordem aparente, empestados pela fumaça dos charutos do chefe, que fazia, para o temor dos estudantes, a ronda diária. Época de físicos com mãos e roupas sujas de graxa.

Nêutron

A indiferença de Rutherford em relação à mecânica quântica – cuja matemática ia muito além de seus conhecimentos – só foi amenizada com a volta dos grandes resultados do Cavendish. Em 1932, James Chadwick (1891-1974) descobriu o nêutron, partícula sem carga elétrica, companheira do próton no núcleo atômico. Pouco antes (e de modo impressionante), esbarraram nesse resultado Fédéric Joliot (1900-1958) e Irène Curie (1897-1956) – filha de Pierre e Marie Curie. O casal levaria o Nobel de Química de 1935 pela obtenção dos primeiros elementos químicos radioativos artificiais.

Chadwick percebeu que aquela partícula, cuspida depois que átomos de berílio eram bombardeados com partículas alfa, não era um raio gama – como teorizaram Frédéric e Irène –, mas algo que seu chefe, Rutherford, já havia proposto em 1920: o nêutron.

Agora, o modelo atômico parecia se completar: prótons, nêutrons e elétrons. Mas a descoberta ou a proposição de novas partículas subatômicas (pósitron, múon, píon) na década de 1930 viriam embaralhar o cardápio dos constituintes básicos da matéria, justamente em uma época em que havia muita resistência à

aceitação de novos membros nesse clube, cujas portas os físicos sonhavam em fechar.

Foi uma época da qual Rutherford desfrutou pouco, assoberbado por palestras, compromissos, cargos e tarefas burocráticas.

Aos pés de Newton

Aquele neozelandês de olhos claros, voz grave e tenebrosa, que metia medo em seus alunos, exigente e com pouca paciência para experimentos que tardavam a dar resultados foi, no entanto, respeitado e admirado. Sua humildade foi reconhecida: não pôs seu nome em artigos importantes, mesmo que a ideia do experimento tenha partido dele. Não pleiteava nem dinheiro, nem equipamento além do que realmente precisava.

Passou por momentos difíceis. O pior foi a morte de sua filha no parto do quarto neto dele. Lutou pela paz mundial – pediu que aviões não fossem usados em guerra –, participou do esforço de guerra para deter o avanço nazista, lutou pela liberdade de imprensa e defendeu o direito das mulheres na ciência – sua sogra foi pioneira do movimento pelo voto feminino na Nova Zelândia –, concedendo bolsas e oportunidades para físicas.

Diferentemente do improdutivo Nobel de Física Michael Beard, protagonista de *Solar*, de Ian McEwan (Companhia das Letras, 2010), Rutherford seguiu impressionando o mundo científico depois do prêmio de 1908. Além disso, dirigiu o Cavendish de grandes feitos na década de 1930, como a descoberta do nêutron e a primeira comprovação experimental da fórmula mais famosa da ciência, $E = mc^2$, proposta em 1905 pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955). Até 1930, praticamente tudo que havia sido feito sobre a estrutura nuclear havia vindo de Rutherford, escreveu o historiador da física Daniel Kevles (*Physics Today* v. 10, pp. 175-181, April 1972). O problema do modelo atômico nuclear (instabilidade, segundo as regras da física clássica) foi corrigido com base na teoria quântica, em 1913, por um de seus ex-alunos em Manchester, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962).

Tornou-se sir (1914) e 1º Barão Rutherford de Nélson (1931). Em seu brasão, escolheu homenagear seu país natal, com símbolos da Nova Zelândia (um pássaro kiwi e um guerreiro maori). Suas pesquisas em radioatividade e física nuclear hoje levam conforto e saúde a boa parte da população, por meio de usinas nucleares e equipamentos de diagnóstico e tratamento para o câncer, para citar apenas dois casos emblemáticos.

Os restos de Rutherford – morto em 19 de outubro de 1937, aos 66 anos de idade, em Cambridge, por postergar a cirurgia de sua hérnia umbilical em função dos compromissos – estão aos pés do magnífico altar de Isaac Newton (1642-1727), na Abadia de Westminster, em Londres. Assim, aquele que quiser chegar a Newton, para observar o passado, deverá necessariamente passar por Rutherford.

Muito justo.