

ROGÉRIO ROSENFELD

O cerne da matéria

*A aventura científica que levou à descoberta
do bóson de Higgs*



Copyright © 2013 by Rogério Rosenfeld

*Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990,
que entrou em vigor no Brasil em 2009.*

Capa

Rodrigo Maroja

Preparação

Officina de Criação

Índice remissivo

Luciano Marchiori

Revisão

Isabel Jorge Cury

Valquíria Della Pozza

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Rosenfeld, Rogério

O cerne da matéria: A aventura científica que levou à descoberta do bóson de Higgs — 1^a ed. — São Paulo : Companhia das Letras, 2013.

ISBN 978-85-359-2346-9

1. Bóson de Higgs 2. Ciência - História 3. Física - História 4. Física nuclear 5. LHC (Grande Colisor de Hádrons) 6. Partículas (Física nuclear) i. Título.

13-10079

CDD-539.721

Índice para catálogo sistemático:

1. Bóson de Higgs : Física de partículas

539.721

[2013]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORAS SCHWARCZ S.A.

Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP

Telefone: (11) 3707-3500

Fax: (11) 3707-3501

www.companhiadasletras.com.br

www.blogdacompanhia.com.br

Sumário

Agradecimentos	9
<i>Introdução</i>	11
1. Nascimento do CERN	15
2. O primeiro acelerador de partículas.....	25
3. O início da era dos aceleradores de partículas.....	28
4. O ciclotron	33
5. Raios cósmicos.....	40
6. Os aceleradores no pós-guerra e o CERN	50
7. O primeiro recorde do CERN	56
8. Os passos seguintes do CERN	60
9. Fermilab: a concorrência do outro lado do oceano.....	67
10. O cerne da matéria.....	76
11. O bóson de Higgs: partícula Deus ou partícula maldita?	88
12. O primeiro colisor próton-antípróton.....	95
13. Aceleradores de elétrons	99
14. Colisões elétron-pósitron	104

15. LEP: o precursor do LHC	108
16. O fiasco americano	116
17. Large Hadron Collider	124
18. Detectores de partículas	132
19. O quase início do LHC	139
20. O fator luminosidade	143
21. Em busca do bóson de Higgs	147
22. Os primeiros sinais do bóson de Higgs	153
23. “Temos uma descoberta!”	159
24. Será mesmo o bóson de Higgs?	166
25. O bóson de Higgs e o destino do universo	169
26. Além do bóson de Higgs	172
27. Da euforia à depressão	179
28. O futuro da física de partículas	182
Epílogo: o começo do fim ou o fim do começo?	187
<i>Notas</i>	191
<i>Créditos das imagens</i>	199
<i>Índice remissivo</i>	201

1. Nascimento do CERN

A Suíça sempre teve uma posição de independência e de neutralidade em relação a diversos assuntos. Não entrou em nenhuma das guerras mundiais. Não aderiu ao euro, mantendo sua própria moeda, o franco suíço. Genebra, em particular, juntou-se à Confederação Helvética (terminação “.ch” nos endereços de sites suíços), nome latino da Suíça, apenas em 1815, tornando-se o 22º dos 26 cantões que formam o país. Genebra é bastante acolhedora com os estrangeiros. Sua maior celebração é a Festa da Escalada, comemorada todos os anos nos dias 11 e 12 de dezembro. Foi na noite de 11 de dezembro de 1602 que as tropas do duque de Savoia marcharam em direção à cidade para um ataque surpresa, apesar da assinatura de um tratado de paz. Foram descobertas quando começavam a escalar os muros que protegiam Genebra, o que deu início a uma furiosa batalha. O ataque foi repelido, e até hoje são contadas várias histórias sobre o acontecimento. Uma delas diz que uma dona de casa jogou um caldeirão de sopa fervente muro abaixo, ferindo vários soldados. O fato é que Genebra manteve sua independência. Vários moradores estrangeiros tiveram papel de-

cisivo nessa batalha. Esse é um dos motivos pelos quais *todos* os estrangeiros recém-chegados ao cantão de Genebra são convidados para uma grande celebração da Festa da Escalada.

Não recebi o convite porque decidi residir em Saint-Genis-Pouilly, um vilarejo no lado francês da fronteira próxima ao CERN. No entanto, acabei indo à festa com uma colega, *felow* no CERN e residente de Genebra. Foi uma celebração impressionante, em uma grande tenda, onde habitantes da cidade recepcionavam afetivamente os convidados, explicando as tradições da comemoração, que incluíam um delicioso fondue e um pedaço do enorme caldeirão feito de chocolate, símbolo da festa, que foi destruído no final. Os doces que continha foram distribuídos aos convidados. Dois dias depois houve um grande desfile noturno na parte velha da cidade, com pessoas vestidas com trajes de época, montando cavalos, com canhões, tochas e uma grande fogueira.

Essa receptividade aos estrangeiros e o ideal de independência e neutralidade contribuíram para o fato de diversas instituições internacionais estabelecerem sua sede em Genebra. Com o CERN não foi diferente. Mas a história nunca é simples e linear.

Ao final da Segunda Guerra Mundial grande parte da Europa estava devastada. As grandes cidades e os parques industriais foram alvo de bombardeios intensos. Os países europeus haviam exaurido suas reservas financeiras no esforço de guerra. O Plano Marshall, criado pelos Estados Unidos para financiar a recuperação da economia europeia, injetou bilhões de dólares no Velho Mundo entre 1947 e 1952.

Assim como a economia, a ciência também estava em ruínas. A guerra havia deixado cicatrizes profundas na comunidade científica. Houve um êxodo de cientistas europeus para os Estados Unidos, principalmente judeus, fugindo do nazismo. Albert

Einstein, o grande ícone da física, trabalhava no Instituto de Estudos Avançados de Princeton desde 1933. Grandes nomes como Enrico Fermi, Hans Bethe, Emilio Segrè, Leó Szilárd, Eugene Wigner, entre vários outros, seguiram caminhos semelhantes e contribuíram decisivamente para o desenvolvimento científico nos Estados Unidos.

A guerra também trouxe a percepção de que a ciência básica, que não visa aplicações práticas imediatas, é muito importante. Um avanço puramente teórico como a teoria da relatividade, desenvolvida por Einstein em 1905, mostrou que em princípio seria possível converter massa em energia. Isso levou Szilárd e outros a especular sobre a possibilidade de gerar energia a partir de reações nucleares. Em 1939, Szilárd convenceu Einstein a escrever uma carta ao então presidente norte-americano, Franklin Delano Roosevelt, alertando sobre a possibilidade da construção, pela Alemanha, de uma arma com grande poder de destruição. Sugeria portanto que os Estados Unidos iniciassem um programa para desenvolver essa arma atômica antes dos alemães. Essa foi a semente para a implantação do famoso Projeto Manhattan, que levou à fabricação das armas baseadas em reações nucleares. A primeira demonstração de reações nucleares autossustentáveis foi realizada por Fermi e colaboradores na Universidade de Chicago, em dezembro de 1942. Isso levaria, posteriormente, às usinas nucleares para geração de energia elétrica — e à bomba atômica que destruiu Hiroshima e Nagasaki.

Felizmente os americanos venceram a corrida nuclear contra o nazismo e o fascismo, apesar de que aparentemente os alemães não estavam trabalhando na fabricação de armas nucleares. Dez cientistas alemães envolvidos em pesquisa nuclear, entre eles Werner Heisenberg, um dos pais da física quântica, foram presos antes do final da guerra por um comando americano, em uma operação denominada Epsilon, e confinados por seis meses na Inglaterra,

em uma casa repleta de microfones. Eles nem sequer sabiam se seriam mantidos vivos. As transcrições de suas conversas estão disponíveis em um livro fascinante.¹ Mais tarde Heisenberg teria um papel importante no estabelecimento do instituto Max Planck, na Alemanha, e apoiou a criação do CERN.

Após a guerra, diversos organismos internacionais foram estabelecidos, como a Organização das Nações Unidas e a Unesco. Alguns físicos europeus começaram então a vislumbrar a possibilidade da criação de um laboratório de física, mais particularmente de física de altas energias, que na década de 1940 era dedicada ao estudo do núcleo atômico e portanto denominada física nuclear.

Era evidente que a pesquisa básica nessa área demandava a construção de equipamentos caros, os aceleradores de partículas, cujo custo estaria além do que um único país poderia investir no pós-guerra. Também se queria deter a fuga de cérebros da Europa para os Estados Unidos, onde já havia laboratórios com alguns desses equipamentos. Do lado político, argumentava-se que um laboratório europeu poderia trazer harmonia e colaboração entre países que havia poucos anos guerreavam entre si.

As primeiras discussões informais sobre a criação de um laboratório europeu começaram entre 1947 e 1949 durante as reuniões da Comissão Internacional de Energia Atômica da ONU, composta de diplomatas e cientistas. François de Rose, um diplomata francês, conta que fez amizade com o físico americano Julius Robert Oppenheimer, ex-diretor científico do Projeto Manhattan que ficou conhecido como “pai” da bomba atômica (mais tarde Oppenheimer foi perseguido pelo macarthismo e teve suas credenciais de segurança confiscadas em 1954). Como outros físicos americanos, Oppenheimer havia passado alguns anos estudando

na Europa, onde completou seu doutorado em 1927. De acordo com De Rose, Oppenheimer lhe disse:

Aprendemos tudo o que sabemos na Europa. Mas no futuro a pesquisa em física fundamental necessitará de grandes recursos financeiros, que estarão além da capacidade individual de países europeus. Vocês terão de reunir seus esforços para construir as grandes máquinas necessárias. Não seria saudável que cientistas europeus fossem obrigados a ir para os Estados Unidos ou para a União Soviética a fim de fazer pesquisa fundamental.²

É irônico que hoje, mais de sessenta anos depois, são os físicos norte-americanos e russos que vão para o CERN realizar suas pesquisas.

Fascinado pela ideia, De Rose agendou um encontro entre Oppenheimer e os conselheiros científicos de sua delegação. Entre eles estavam os físicos franceses Pierre Auger e Lew Kowarski. Também se mostrou interessado nessas conversas o físico norte-americano Isidor I. Rabi, ganhador do prêmio Nobel de 1944 que trabalhou em outro projeto importante para a Segunda Guerra: o desenvolvimento do radar no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Esses encontros levaram a novas discussões reunindo físicos europeus, com a participação decisiva do italiano Edoardo Amaldi.

No entanto, não havia consenso entre os físicos europeus. O motivo era simples: eles temiam que um novo laboratório dessa envergadura sugasse os parcisos recursos de seus próprios laboratórios. Alguns preferiam, portanto, um trabalho de cooperação internacional usando os laboratórios já existentes. Ao final, os fatos provaram que eles estavam errados, pois quando o CERN foi fundado os recursos para pesquisa foram ampliados. Os governos europeus também foram inicialmente contra a ideia: quando ouviam

as palavras “pesquisa nuclear” logo pensavam na bomba atômica, um tabu no pós-guerra devido à pressão dos Estados Unidos.

A primeira manifestação pública favorável foi a do físico francês Louis de Broglie, prêmio Nobel de 1929, que escreveu uma carta lida na Conferência do Centro Cultural Europeu, ocorrida em Lausanne (perto de Genebra) em dezembro de 1949. Nessa carta, ele propunha a criação de uma instituição internacional de pesquisa com recursos para equipamentos, transcendendo o que cada nação poderia investir individualmente.

No entanto, o primeiro passo decisivo para a criação do CERN ocorreu na 5^a Conferência Geral da Unesco, em Florença, em junho de 1950. A Unesco, sigla para United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas], entrou em funcionamento em 1946. A primeira sessão da Conferência Geral ocorreu em Paris no final de 1946. Desde 1948 seu diretor de ciências exatas e naturais era Auger, que ocupou esse cargo até 1958. Rabi fazia parte da delegação norte-americana e estranhou que na agenda da Conferência não constasse nenhuma discussão sobre o centro de pesquisa europeu, que ele já havia debatido com seus colegas do velho continente. Depois de conversas com Auger e Amaldi, Rabi encabeçou uma resolução proposta por sua delegação, autorizando a Unesco a:

- a) encorajar a formação de centros regionais de pesquisa e de laboratórios com o propósito de aumentar e tornar mais frutífera a colaboração internacional de cientistas na busca de novos conhecimentos em áreas nas quais o esforço de um único país seja insuficiente para cumprir a tarefa;
- b) explorar as necessidades e a possibilidade de tais centros regionais, fazer estimativas iniciais de custos e de localização e ajudar na formulação de programas sem que haja contribuição do orçamento regular da Unesco em custos de construção e manutenção.

Além disso, em seu discurso, Rabi enfatizou que o primeiro desses centros deveria ser construído na Europa Ocidental e deveria se ocupar de pesquisa em física nuclear. Essa sugestão certamente veio da experiência de Rabi na física norte-americana do pós-guerra, em que ele teve um importante papel no estabelecimento de grandes laboratórios nacionais.

Com a resolução aprovada unanimemente na Conferência, Auger conseguiu aval para seguir adiante com a ideia de um laboratório europeu de pesquisa em física nuclear, e não perdeu tempo. A Unesco seria o agente catalisador dessa nova iniciativa.

Auger começou a realizar diligências junto da comunidade científica na Europa, com visitas a Oxford e a Copenhague. Em dezembro de 1950, em um encontro do Centro Cultural Europeu em Genebra (que organizou a conferência em que a carta de De Broglie foi lida), criou-se uma comissão de cooperação científica, com a participação de vinte membros de oito países, entre os quais Auger e Amaldi. Com dinheiro doado por alguns governos, Auger estabeleceu um grupo de consultores ligados à Unesco para a elaboração de um projeto. O grupo se reuniu pela primeira vez em maio de 1951. Um plano preliminar para um laboratório internacional de pesquisa nuclear foi preparado em alguns meses.

Em dezembro de 1951, o diretor-geral convocou uma conferência intergovernamental na sede da Unesco, em Paris, presidida por François de Rose. O objetivo era providenciar o financiamento dos estudos necessários para estabelecer o laboratório. Os quarenta delegados de doze países mostraram-se favoráveis a essa iniciativa. A segunda sessão da conferência realizou-se em Genebra em fevereiro de 1952, quando foi aprovado um acordo constituindo um novo organismo intergovernamental de caráter provisório, o European Council for Nuclear Research ou Conseil

Européen pour la Recherche Nucléaire [Conselho Europeu para a Pesquisa Nuclear]. Nascia a sigla CERN, que não foi abandonada nem mesmo depois da dissolução desse conselho provisório.

Em 15 de fevereiro de 1952 Auger escreveu uma carta a Rabi comunicando-lhe: “Acabamos de assinar um acordo que constitui o nascimento oficial do projeto que você apadrinhou em Florença. Mãe e filho passam bem e os doutores mandam saudações”. A carta foi assinada pelos signatários do acordo, os “doutores” do parto do “filho” CERN, entre eles Auger, Amaldi, De Rose e Kowarski.

No preâmbulo do acordo lê-se o seguinte:

[...] Desejando para esse propósito [o avanço da pesquisa científica] estabelecer um laboratório internacional de pesquisa para estudar fenômenos envolvendo partículas de altas energias com o objetivo de aumentar o conhecimento de tais fenômenos e portanto contribuir para o progresso e a melhoria das condições de vida da humanidade.

Fica claro o objetivo pacífico dessa empreitada. Auger escreveu mais tarde: “Para quem interessar possa: o propósito do CERN é fazer a humanidade aprender, e não queimar cidades”.

A assinatura desse acordo era apenas o começo de um longo processo até o estabelecimento de fato do CERN.

A primeira reunião do conselho deu-se no início de maio de 1952, em Paris. Foram criados grupos de trabalho para projetar as máquinas que seriam construídas, prospectar um sítio para o laboratório (liderado por Kowarski) e estudar a teoria da física de altas energias (grupo liderado pelo físico dinamarquês Niels Bohr, prêmio Nobel de 1922). Amaldi foi designado secretário-geral.³

Bohr, um dos pais da física quântica, comandava o mais influente instituto de física teórica nas primeiras décadas do século XX, sediado em Copenhague. A contratação e o treinamento de jo-

vens físicos teóricos não precisavam esperar a construção do laboratório e tiveram início em Copenhague. Bohr defendia arduamente, com apoio dos físicos nórdicos, a ideia de que o novo laboratório fosse construído naquela capital.

Três meses depois, na segunda reunião do conselho, foi apresentado um plano mais concreto para o equipamento inicial. A terceira reunião ocorreu em outubro, em Amsterdam, e o conselho escolheu Genebra como local para o laboratório. A cidade concordava com Copenhague, Longjumeau (subúrbio de Paris) e Arnhem (Holanda). Pesou bastante na escolha a neutralidade suíça, além da localização estratégica no centro da Europa e da boa infraestrutura oferecida. Também foi decidido que o grupo

teórico permaneceria em Copenhague até que a construção de instalações adequadas fosse concluída.

Curiosamente, em Genebra havia uma oposição política ao CERN. Temos de lembrar que a guerra terminara havia pouco tempo e a conotação ligada à física nuclear não era das melhores. Houve uma campanha de esclarecimento geral da população e Albert Picot, membro do governo do cantão de Genebra e delegado da Suíça no conselho do CERN, precisou convocar um plebiscito em junho de 1953. A construção do laboratório foi aprovada por 17239 votos (7332 pessoas votaram contra).

No primeiro dia de julho de 1953, durante a sexta reunião do conselho em Paris, a convenção para o estabelecimento da European Organization for Nuclear Research, nome oficial do novo laboratório, foi assinada e colocada para ratificação dos países-membros. Enquanto era esperada a ratificação, e mesmo sem garantia de que ela ocorreria, o trabalho continuava a todo vapor, com grupos estudando projetos dos futuros experimentos e da infraestrutura necessária no sítio de Meyrin, subúrbio de Genebra. Finalmente, em 29 de setembro de 1954, os governantes dos doze países-membros ratificaram a convenção: nascia oficialmente o CERN.

Para colocar as atividades do CERN dentro do contexto atual, farei a seguir uma breve descrição do desenvolvimento dos aceleradores de partículas e do conhecimento adquirido ao longo de décadas sobre os blocos fundamentais da matéria