



**Et
cetera**

**Engenharia,
Tecnologia
& Ciência**

Marcio Luis Ferreira Nascimento



EDUFBA

Aprender engenharia, ciência e tecnologia pode ser uma atividade prazerosa e divertida. É também a história da engenhosa aventura do conhecimento. A partir desse aprendizado, é possível saber quais são as leis da natureza, como funciona o mundo, quem percebeu e quem descobriu pela primeira vez determinada regra, entre outras coisas... Este livro trata, portanto, da apresentação de algumas ideias, conceitos, descobertas e resultados clássicos, bem como invenções interessantes. Como exemplos, podemos citar as teorias da Relatividade (Especial e Geral), o *Big Bang* e as explosões supernovas, além da origem da Tabela Periódica. Mas não fica só nisso, pois é possível aprender desde sobre o modo como os antigos egípcios transportavam imensos blocos de pedras pelas areias do deserto até os recentes avanços tecnológicos do novo mundo da nanotecnologia, *et cetera*.

Falamos, portanto, de ETC: *Engenharia, Tecnologia & Ciência* de forma ampla e simples, mostrando que a engenhosidade, o conhecimento científico e a tecnologia estão em todo lugar, fazendo parte de nosso cotidiano. Fácil de ler e compreender, este livro traz revelações interessantes e algo surpreendentes acerca dessas e de muitas outras questões. Aprender engenharia, ciência e tecnologia pode ser um meio eficaz para entender o mundo de maneira mais profunda, divertida e consistente.

Et cetera

Engenharia, Tecnologia e Ciência

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

João Carlos Salles Pires da Silva

Vice-reitor

Paulo Cesar Miguez de Oliveira

Assessor do Reitor

Paulo Costa Lima



EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora

Flávia Goulart Mota Garcia Rosa

Conselho Editorial

Alberto Brum Novaes

Angelo Szaniecki Perret Serpa

Caiuby Alves da Costa

Charbel Ninõ El-Hani

Cleise Furtado Mendes

Evelina de Carvalho Sá Hoisel

José Teixeira Cavalcante Filho

Maria do Carmo Soares de Freitas

Maria Vidal de Negreiros Camargo

Marcio Luis Ferreira Nascimento

Et cetera

Engenharia, Tecnologia e Ciência

*Salvador
EDUFBA
2018*

2018, Marcio Luis Ferreira Nascimento.
Direitos para esta edição cedidos à Edufba.
Feito o depósito legal.
Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990,
em vigor no Brasil desde 2009.

Projeto gráfico, capa e diagramação

Edson Nascimento Sales

Foto de capa

Freepik

Revisão

Equipe Edufba

Normalização

Francimar Dias Pereira de Carvalho

Sistema de Bibliotecas - UFBA

Nascimento, Marcio Luis Ferreira.

Et cetera : engenharia, tecnologia e ciência / Marcio Luis Ferreira

Nascimento.- Salvador: EDUFBA, 2018.

363p. : il.

ISBN: 978-85-232-1777-8

1. Ciência - História. 2. Ciência - Estudo e ensino. 3. Tecnologia. I.
Título

CDU 501

CDD 509

Elaborado por Evandro Ramos dos Santos CRB-5/1205

Editora filiada à



Editora da UFBA

Rua Barão de Jeremoabo
s/n - Campus de Ondina
40170-115 - Salvador - Bahia
Tel.: +55 71 3283-6164
Fax: +55 71 3283-6160
www.edufba.ufba.br
edufba@ufba.br

Aos meus dois amores: Eliane e Ana Carolina

Ao Harrison Nascimento, um bom filho

Ao Prof. Luiz Barco, porque dois e dois são quatro

Ao Prof. Shiguelo Watanabe, banzai!

Ao Prof. Edgar Zanotto, por ensinar a *ETC* dos vidros

À Dinah Vivas, por todo afeto e saber

E aos meus pais, por todo amor e carinho.

Sumário

<i>Primeiras palavras</i>	11
<i>Aos leitores, à guisa de prefácio</i>	15
<i>Einstein</i>	
<i>135 anos do gênio que revolucionou o mundo</i>	17
<i>Centenário do modelo atômico de Bohr e a melhor cerveja do mundo</i>	31
<i>O que é energia?</i>	
<i>A energia segundo Richard Feynman</i>	37
<i>Breve história da produção de vidros planos</i>	
<i>60 anos da patente de Pilkington</i>	43
<i>Engenharia no tempo dos faraós</i>	51
<i>O mais importante eclipse de Einstein</i>	57
<i>Copa do Mundo 2014</i>	
<i>Gol do Brasil, gol de Nicolelis</i>	67
<i>Um Prêmio Nobel de pai para filho e o Ano Internacional da Cristalografia</i>	71

<i>Sobre o iPhone e a arte de produzir vidros inquebráveis (ou quase)</i>	85
<i>Shiguo Watanabe</i> <i>90 incríveis anos de ciência, ensino & matemática</i>	95
<i>As forças que unificam as coisas no mundo</i>	105
<i>A antiga Teoria Quântica</i>	109
<i>Mario Schenberg</i> <i>Centenário de ciência, política & arte</i>	113
<i>Sobre a arte de enxergar o interior das pessoas e o primeiro Nobel</i>	129
<i>A bota do índio, o Sr. Goodyear, Serendipismo e a escola que queremos</i>	139
<i>90 anos de César Lattes, a pesca do índio e um quase Nobel</i>	149
<i>Um sortudo centenário, inventor de milhões de dólares e milhares de empregos</i>	163
<i>A incrível descoberta do elemento químico 117 e a paleta de Deus</i>	169
<i>A bíblia na ponta de um alfinete e o profeta da nanotecnologia</i>	179
<i>A paciente descoberta da Tabela Periódica, o alfabeto do universo</i>	187
<i>Carnaval, “Eva” e os três últimos minutos do universo</i>	195

Um Oscar para o menor filme do mundo <i>(baseado em Átomos)</i>	201
Uma breve história de tudo	207
“Faraó”, Olodum e a Supernova 1987A	215
110 anos da relatividade especial de Einstein	223
60 anos do CERN, internet e a Partícula de Deus	233
350 anos de publicações científicas e a disseminação do conhecimento	239
Faraday no ringue <i>Ciência Básica versus Aplicada</i>	247
Uma coisa pode ser outra coisa	257
25 anos ouvindo estrelas	265
Água fresca, pote de barro e sabedoria popular nazarena	275
Como Sobral, no Ceará, foi determinante para comprovar a Teoria da Relatividade de Einstein	281
Lagartixa, nanotecnologia e a roupa do Homem-Aranha	293
Viajem de Salvador até a Lua num ônibus e o sonho de Kepler	303
A terra tremeu	311
Créditos das ilustrações	317

Primeiras palavras

O ano era 1999. Após concluir um bacharelado em física e decidir por continuar os estudos em nível de pós-graduação, decidi por coletar textos de assuntos sobre ciência, tecnologia e experimentos escritos aqui e ali num *site* de hospedagem do extinto *Geocities*, de nome: “Experimentos Legais que Você Pode Fazer em Casa”. Além de experimentos clássicos de física e química, utilizando materiais simples e baratos, foram publicados alguns textos de ciência básica e aplicada. A inspiração era óbvia: os textos do célebre matemático e educador Luiz Barco na revista *Superinteressante* que colecionava desde menino, e que tive a honra de conhecer, bem como a sua grande família, ainda durante minha graduação.

O sucesso do *site* foi tão grande à época que cheguei a pedir a três grandes amigos, que também estudavam física: Eduardo do Nascimento; Fernando de Mello Arruda e Renê da Silva Bastos, para que me ajudassem a propor melhorias e a responder as questões de internautas, em sua grande maioria estudantes e professores ávidos pelas maravilhosas descobertas da natureza.

Tudo começou bem, mas rapidamente, praticamente de modo exponencial, as questões, dúvidas e sugestões aumentavam semana a semana, e passou a ser muito difícil para todos nós atendermos a muitas crianças e jovens, além de professores.

Assim, com o passar do tempo, e levando ainda em consideração as crescentes atribuições de um mestrado (em física do estado sólido) e posteriormente de um doutorado (engenharia de materiais), as atualizações do *site* ficaram cada vez mais e mais esparsas, até o seu fim, em 2009. Ao se tornar professor da Universidade Federal da Bahia (UFBA), passaram-se ainda sete anos, necessários para cuidar da elaboração de cursos voltados ao ensino, bem como pesquisas e extensão (tanto em graduação quanto em pós-graduação), além de alguma contribuição à gestão universitária de uma nova e pujante unidade, gigante em termos de alunos, professores, demais servidores e problemas a resolver. Mas os textos ainda assim eram criados, e aqui e acolá, aproveitados em sala de aula ou ainda vez por outra eram publicados em jornais de grande circulação da Bahia, seja na forma impressa ou em *hipertexto*.

Assim *Et cetera* nasceu. Seu significado, ao se buscar o dicionário, caiu como uma luva – uma proposta de falar de engenharia, tecnologia e ciência de uma forma ampla, geral e simples, que pudesse atingir tanto ao leigo quanto ao estudante iniciante de qualquer uma dessas áreas. Houve apenas uma pequena inserção de textos adicionais, figuras e legendas vinculadas aos mesmos, que não era possível fazer nas publicações impressas ou mesmo em *hipertexto* – principalmente devido ao espaço. A intenção foi de facilitar e eventualmente explicar melhor algo sobre o tema / assunto.

Como escrevi, aproveitei muito das aulas de *Introdução à Nanotecnologia* e de *Fundamentos de Nanociência & Nanotecnologia* ministradas no Instituto de Humanidades, Artes e Ciências (IHAC) para turmas mistas de bacharelados interdisciplinares em humanidades, artes, saúde e obviamente ciência e tecnologia. Também considerei assuntos e temas ministrados nos cursos de *Estatística na Engenharia* e *Fenômenos de Transporte* para os graduandos do Departamento de Engenharia Química na Escola Politécnica, bem como alguns temas de cursos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da UFBA. Portanto, há contribuições de centenas de

alunos aqui e acolá, que ao me corrigirem ou ao buscarem compreender melhor determinada explanação em sala de aula, tornaram mais claras as idéias expostas e transcritas nestes desprentensiosos textos. A todos eles, alunos de graduação e pós-graduação, minha sincera gratidão.

Não seria possível finalizar sem deixar de agradecer aos jornais *Tribuna da Bahia*, principalmente seus experientes jornalistas/editores, em especial na pessoa do Sr. Alberto Oliveira; no *Correio da Bahia*, em especial na pessoa do Sr. Wladimir Pinheiro Lima; e em *A Tarde*, também em especial na pessoa da Sra. Iloma Sales, que gentilmente atenderam aos inúmeros telefonemas solicitando aqui e ali atenção à leitura prévia destas modestas linhas. Tornar estes textos acessíveis a uma maior audiência, que estava restrita à sala de aula, somente foi possível a partir da permissão destes três editores, a quem sinceramente agradeço pela confiança dispensada. No entanto, é preciso deixar claro a total e única responsabilidade por parte do autor dos textos aqui apresentados.

Com justiça, é necessário agradecer também à Editora da UFBA, especialmente à Flávia Goulart Mota Garcia Rosa e Susane Santos de Barros, pelo zelo, orientações e auxílio na concepção, produção e finalização deste material.

Devido à enorme quantidade de ilustrações (mais de duzentas), embora a maioria seja de domínio publico, resta também um agradecimento muito especial àqueles que permitiram o uso de algumas imagens sem as quais o resultado do livro seria outro: agradeço às cortesias do Acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP, Acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, *Archives Georges Lemaître*, *Australian Astronomical Observatory*, Biblioteca Nacional Digital, *British Library*, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, Centro de Apoio à Pesquisa Histórica “Sérgio Buarque de Holanda” da Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia – CAPH, *Corning Incorporated Department of Archives & Records Management*, *Deutsche Patent und Markenamt*, *European Patent Office*, Fundação Nobel, Fundação Oswaldo Cruz, IBM Brasil, Instituto Ciência Hoje, *Google*, *National Aeronautics and Space Administration – NASA*, *National Portrait Gallery*, *Niels Bohr Archive*, Observatório Nacional, *The Royal Society*, *United States Patent and Trademark Office*, *Wikipedia* e aos Profs. Ana Clara Guerrini Schenberg,

Marcos Nogueira Martins e Maria Cristina Correia Leandro Pereira, todos da Universidade de São Paulo, Alfredo Tiomno Tolmasquim, do Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST, Cássio Leite Vieira, do Instituto Ciência Hoje, David Malin, do Observatório Astronômico Australiano, Harold Gene Craighead, da Universidade Cornell, Miguel Angelo Laporta Nicolelis, da Universidade Duke e do Instituto Internacional de Neurociência de Natal e Ronald Cintra Shellard, do CBPF.

Os textos podem ser lidos de forma aleatória, pois surgiram desta maneira ao autor e correspondam a trabalhos escritos no intervalo de anos. De toda sorte, se julgado como leitura agradável e instrutiva, este livro já terá cumprido seu papel, ao atingir o leitor leigo, mas interessado em assuntos científicos e tecnológicos.



Salvador, março de 2016

Aos leitores, à guisa de prefácio

Há muito tempo assisti no cinema ao filme inesquecível: “O Carteiro e o Poeta”. A história sobre uma bela amizade entre o grande poeta chileno, Pablo Neruda, e o carteiro que então o servia. Guardadas as devidas proporções, vivi uma experiência semelhante quando então escrevia textos sobre curiosidades matemáticas na coluna “Dois mais Dois” para a Revista *Superinteressante* da Editora Abril.

O Paulo, que a época entregava as correspondências no bairro onde até hoje resido, ao entregar o exemplar do mês, disse com a gostosa simplicidade somente permitida aos grandes amigos: “- Diga ao meu amigo professor, que eu sou assinante da *Super* e gosto muito de tentar resolver os probleminhas que às vezes ele coloca nos artigos. Porém, os últimos estão muito difíceis”. E completou: “- Acho que ele pensou nos colegas professores ou nos alunos da Universidade. Peça, por favor, para ele colocar um problema especial para o Paulo, que é o carteiro e amigo dele”.

Claro que na edição seguinte coloquei um “probleminha para o meu carteiro e amigo”. Escrever para o grande público é uma experiência extraordinária e muito agradável, e o enriquecimento desta experiência não vem apenas do nosso esforço, nossos estudos e nossa insaciável curiosidade, mas também das contribuições mais inesperadas como a do meu amigo carteiro, ou de um estudante entusiasmado e ávido pelo conhecimento; e foi assim que eu conheci o então quase “menino” Marcio, estudante de Física na USP, depois mestre e hoje, Professor Doutor, para mim, honrosamente colega e para sempre grande amigo. Ontem, meu colaborador e crítico, hoje, Professor Doutor Marcio Nascimento, autor dos textos que os senhores vão ler e, certamente, gostar muito.

Como professor secundário adquiri a convicção que uma das falhas da Educação ocidental reside na tola fragmentação dos saberes, pois, acabamos sabendo tudo, ou quase tudo, sobre as partes e ficando cada vez mais distante do todo. Os gregos na antiguidade já realçavam isso ao pontificar: “o todo é maior que a soma das partes”.

Escudado nessa convicção e, em atenção à solicitação da assessoria do MEC, produzi alguns ensaios sobre a beleza embutida nas ideias da Matemática e os enviei sob o título: “Arte e Matemática”. Como autor fui indicado para assessorar a execução junto à TV Cultura. Projeto internacionalmente premiado, em que, junto com outras ilustres participações, contei com a importante colaboração do Prof. Dr. Marcio que, com a sua inegável visão holística, que você leitor vai usufruir ao longo dos textos aqui desenvolvidos.

Deste e num desabrochar sequencial de projetos, que vêm florescendo da sensibilidade e cuidado apurado dedicados pelo Marcio, chegamos a esta deliciosa e rica coletânea de textos que discorrem sobre este intrínseco tempero da vida: a física!

Assim, caro leitor, convido-o para degustar deste tempero, lembrando-o que nele há luz e escuridão: Saiba que para construir um artefato com alto poder destrutivo como uma bomba atômica é necessário ter colaboradores muito inteligentes, porém, para ter a CORAGEM de não lançá-la é preciso ter a companhia de SÁBIOS. Desfrute pois da companhia deste sábio “menino” Marcio.

Professor Barco.

Einstein

*135 anos do gênio
que revolucionou o mundo¹*

Há 135 anos, no dia 14 de março, nascia Albert Einstein, na cidadezinha de Ulm, sul da Alemanha, situada na margem esquerda do rio Danúbio, no seio de uma família judia com relativos poucos recursos. Seu pai, Hermann Einstein (1847-1902), foi empresário e engenheiro, e sua mãe, Pauline Einstein (1858-1920), dona de casa, além de talentosa pianista. Até três anos de idade tinha bastante dificuldade para falar. Tímido e bastante introvertido, sua diversão preferida era montar castelos de cartas. Gostava muito de música e provavelmente sofria de dislexia. Sua família instalou uma pequena oficina eletrotécnica em Munique apenas um ano depois de seu nascimento, chamada *Elektrotechnische Fabrik J. Einstein & Cie*, onde se fabricavam equipamentos elétricos acionados por corrente contínua.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Correio da Bahia* em 14 de março de 2014.

Há um mito entorno das capacidades intelectuais do menino pois, vários biógrafos, incluindo sua única irmã, Maria Einstein (1881 - 1951), costumavam defini-lo apenas como desinteressado e desajustado ao modo de ensino de sua época. No entanto, sua imensa curiosidade e a proximidade com o pai e os tios empreendedores na empresa de eletrotécnica provavelmente o fez ler e pesquisar assuntos além do ensinado na escola, mostrando assim um vivo interesse em ciências, matemática, filosofia, música e poesia. Uma vez seu pai mostrou-lhe uma bússola de bolso, e o garoto percebeu que deveria haver algo que fizesse com que a agulha se movesse, apesar do aparente “espaço vazio”. Como outro exemplo, aos 12 anos, travou o primeiro contato com o livro *Os Elementos de Geometria*, do sábio Euclides de Alexandria (c. 325 - c. 265 a.C.). Infelizmente a empresa familiar faliu em 1894, perdendo espaço para equipamentos em corrente alternada, uma revolução à época.

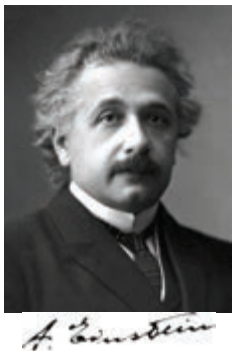


Figura 1 – Retrato oficial de Albert Einstein (1879-1955), em 1921 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Aos 16 anos, ao morar brevemente com a família em Milão, depois Pavia, Itália, se pôs a pensar em como uma pessoa veria um raio de luz se pudesse viajar ao lado dele, em velocidade aproximadamente igual.

Essa divagação que anotou num ensaio, seria o ponto de partida para sua “Teoria da Relatividade Especial”.



Figura 2 – Pauline Einstein (1858-1920)

Fonte: Wikimedia Commons.



Figura 3 – Hermann Einstein (1847-1902)²

Fonte: Wikimedia Commons.

Na primeira tentativa de entrar para a então renomada Escola Politécnica de Zurique (hoje Instituto Federal de Tecnologia de Zurique),³ Einstein foi reprovado no vestibular. Ele tinha ainda 16 anos, dois a menos do que a idade padrão para ingresso no ensino superior. Aos 17, já em 1896, melhor preparado, conseguiu passar nas provas de admissão. Continuava a ser, porém, um aluno rebelde, faltando às aulas, lendo o que não constava do currículo e irritando os professores com perguntas consideradas *impertinentes*. Formou-se em 1900, graças a amigos como Marcel

² Os pais de Albert. Ambos alemães, ele comerciante e empresário, ela dona de casa, casaram em 8 de agosto de 1876.

³ Ver: <www.ethz.ch>.

Grossmann (1878-1936) e Mileva Marić (1875-1948), quem lhe emprestavam anotações de aulas.

Como Einstein foi rejeitado na tentativa de se tornar professor universitário, dava aulas particulares para sobreviver. Começou um romance com Mileva que rendeu mais de 50 cartas de amor e uma criança, Lieserl. A filha, mantida em segredo pelas famílias, provavelmente foi dada em adoção – e só sabemos dela pelas cartas deixadas por Einstein. Em 1901 escreveu o primeiro artigo: *Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen*,⁴ publicado na prestigiada *Annalen der Physik* (Anais da Física), revista que existe desde 1790. Conseguiu com ajuda de amigos um emprego como técnico de terceira classe no Serviço Suíço de Patentes do hoje Instituto Federal Suíço de Propriedade Intelectual,⁵ em Berna. O cargo de assistente examinador era medíocre, mas tinha as vantagens de lhe ajudar no sustento da família e dar bastante tempo livre para as próprias divagações e cálculos científicos, que continuaram sendo feitos regularmente em 1902, 1903 e 1904 sobre termodinâmica de superfícies líquidas, eletrólise e mecânica estatística.

Em particular, em janeiro de 1903, casou-se com sua ex-colega Mileva (única mulher no curso), de origem sérvia e igualmente formada em ciências, com quem passou a viver num modesto apartamento perto do emprego. Por sinal, Mileva nasceu de uma rica família em 1875, e desde cedo, ficou óbvio que se tratava de uma menina com inteligência excepcional. Ela foi a primeira mulher a ingressar no prestigioso curso de matemática do Instituto Federal de Tecnologia de Zurique (ETH), após desistir de estudar medicina.

4 EINSTEIN, A. *Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen* (Conclusões Sobre os Fenômenos da Capilaridade). *Annalen der Physik*, Berlim, v. 309, p. 513-523, 1901.

5 Ver: <www.ige.ch>.

Figura 4 – Einstein com sua primeira mulher, Mileva Marić, por volta de 1912



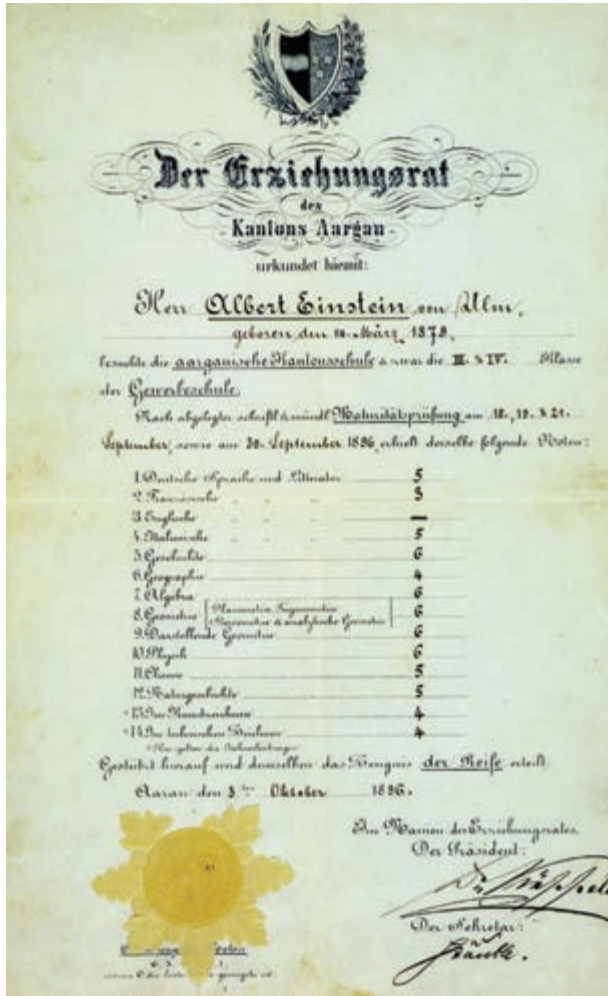
Fonte: Wikimedia Commons.

Com apenas 26 anos, pai recente (de Hans Albert Einstein, nascido em maio de 1904; o outro filho, Eduard Einstein, nasceu em julho de 1910) e servidor público do serviço de patentes, Einstein publicaria em 1905 a *Teoria da Relatividade Especial* – uma das mais extraordinárias revoluções da História da Ciência, marco fundador da Física contemporânea. Tal teoria inclusive forneceria a chave para a explicação da origem do Universo e para a desintegração do átomo.

Foi neste ano especial, 1905, que Einstein terminaria seu doutorado com o título “Sobre uma Nova Determinação das Dimensões Moleculares”, depois de uma difícil elaboração da tese, e continuaria ainda publicando artigos em prestigiosas revistas científicas alemãs. Em particular, o assunto da tese era bastante importante à época, pois muitos cientistas ainda não acreditavam na teoria atômica da matéria. De fato, publicou um conjunto de outros quatro artigos (além da tese) que iria revolucionar seu

destino – e o conhecimento humano. Este momento especial foi cunhado como *Annus Mirabilis* (Ano Miraculoso), e certamente qualquer um destes artigos lhe daria prestígio científico.

Figura 5 – Boletim escolar de Einstein⁶



Fonte: Wikimedia Commons.

6 Documento de 1896, quando Einstein tinha 17 anos, na Escola Cantonal de Aarau, Suíça. Nesta instituição a maior pontuação era 6, e a menor, 1, com provas orais

Um dos principais trabalhos de 1905 tratava basicamente de um resumo dos resultados da tese, publicada naquele ano (sua versão em formato de artigo foi publicada no ano seguinte). Portanto, considerando apenas artigos do *Annus Mirabilis*, o primeiro investigava a causa do “efeito fotoelétrico”: o fato de certos corpos emitirem elétrons quando atingidos pela luz. Ele explicou que isso se devia ao fato de que a luz, até então tratada pela Física como uma onda contínua, era composta de diminutas partículas de energia chamadas *quanta*. Foi com este trabalho que conquistou o Prêmio Nobel de Física em 1921.

O segundo artigo tratava do chamado “movimento browniano”: o zigue-zague feito pelas partículas em suspensão num líquido. Einstein mostrou como esse movimento permitia compreender a natureza das moléculas (e teve alguns resultados da tese inclusos).

No terceiro artigo, apresentava ao mundo sua “Teoria da Relatividade Especial”, em que subvertia as ideias fundamentais da Física clássica, ao mostrar que o espaço não era absoluto, e o tempo não corria de modo igual em todos os lugares, mas eram sim grandezas relativas, que dependiam do observador. O título do trabalho era “Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”;⁷ curiosamente o termo *relatividade* veio algum tempo depois, em 1906, a partir de sugestão do seu colega Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947). Neste trabalho, Einstein demonstrou que nada no Universo pode viajar com velocidade superior à da luz c (do grego *celeritas*, “rápido”), igual a 300.000 quilômetros por segundo. Uma consequência disso é que, quanto mais rápido um corpo se move, mais lento o tempo passa em relação a ele. Outra é que, à medida que se aproxima da velocidade da luz, o corpo se contrai e sua massa aumenta. Tudo isto ocorre porque a velocidade é medida pela relação entre tempo e espaço. Se a velocidade da luz é fixa, o tempo e o espaço precisam variar. Se um corpo estiver então viajando *muito, muito* rápido (mas abaixo do limite c),

e escritas. Suas notas foram: língua e literatura alemã, 5; língua e literatura francesa, 3; Inglês, Língua e literatura italiana, 5; História, 6; Geografia, 4; Álgebra, 6; Geometria, 6; Geometria descritiva, 6; Física, 6; Química, 5; História natural, 5; Desenho, 4; Desenho técnico, 4.

7 EINSTEIN, A. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento). *Annalen der Physik*, Berlim, v. 322, p. 891-921, 1905.

o tempo vai passar diferente (um pouco mais *devagar*) e o espaço também vai agir de forma diversa (o objeto vai *encolher*).

No quarto artigo, finalmente, a partir de um desenvolvimento matemático da teoria da relatividade especial, constatava a equivalência entre massa e energia, expressa na famosa equação $E = mc^2$, que foi chamada pelo escritor e matemático americano David Bodanis (c. 1952) de “a equação mais famosa do mundo”.⁸



Figura 6 – Einstein aos 25 anos, trabalhando no Instituto Federal Suíço de Propriedade Intelectual. Fotografado por Lucien Chavan (1868-1942)

Fonte: Wikimedia Commons.

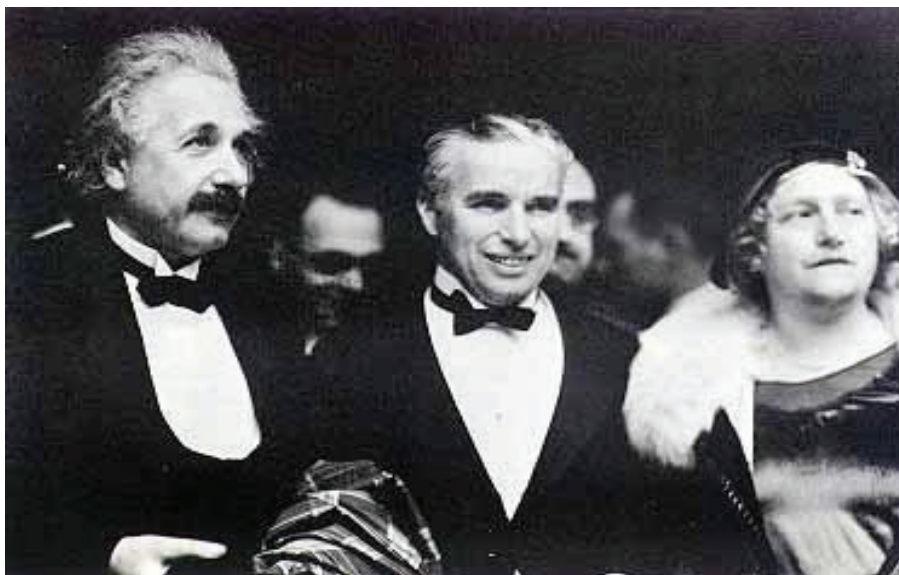
No entanto, o sucesso não foi imediato. Certamente os artigos de 1905 bem como os demais o tornaram respeitado pelos mais eminentes cientistas. Suficientemente para que pudesse logo trocar o modesto emprego de inspetor de patentes pela carreira de professor universitário, mas somente a partir de 1908!

A façanha de Einstein foi realmente espantosa. Não é por acaso que muitos historiadores da ciência chamam 1905 de o “Ano Milagroso”. Ele só tem paralelo com o ano de 1666, quando Isaac Newton (1642-1727), aos 24 anos, isolado no campo devido a uma epidemia de peste bubônica, produziu uma explicação para a natureza da luz, criou a matemática dos cálculos diferencial e integral e ainda vislumbrou sua futura Teoria da Gravitação Universal.

⁸ O manuscrito deste trabalho, assim como outras centenas de documentos podem ser acessados gratuitamente no site *Arquivos Einstein*. Disponível em: <<http://alberteinstein.info>>.

Em 1915, já como professor na Universidade de Berlim, concluiu a chamada Teoria da Relatividade Geral, que substituiria definitivamente a Física de Newton, e englobaria a relatividade dita “Especial”. Afirmava que o espaço era curvo, distorcido pela presença de corpos com massas enormes, como estrelas e planetas. E previa que as partículas de luz (fótons) seriam atraídas pela deformação causada no espaço pelo Sol. Um eclipse na cidade de Sobral, no Ceará, dia 29 de maio de 1919, provou que os raios de luz se “entortavam” ao passar perto da estrela.

Figura 7 – Einstein com o ator britânico Charles Spencer Chaplin (1889-1977) durante a *première* de *Luzes da Cidade* (*City Lights*, 1931). A segunda esposa de Einstein, Elsa, encontra-se à direita



Fonte: Wikimedia Commons.

Para verificar esse fenômeno, era preciso fotografar o céu durante um eclipse, quando é possível observar as estrelas próximas do Sol. Depois, comparar essa fotografia com outra, daquele mesmo grupo de estrelas, numa noite normal, quando o Sol já havia se deslocado para outra posição. A previsão: como o raio de luz era encurvado pela massa do Sol, sem ele, chegaria na Terra numa posição levemente *diferente*.

Em 1919, as previsões feitas pela Relatividade Geral eram confirmadas pela observação de um desvio médio de 1,9 segundo de arco (consagrando o acerto de Einstein, que previu o valor de 1,75 segundo de arco, dentro da margem de erro). Matéria e energia tornavam então curva a malha do espaço-tempo, e assim era possível desviar o brilho das estrelas. O impacto foi simplesmente espetacular: logo Einstein era considerado, talvez até com certo exagero, o maior gênio de todos os tempos. Por exemplo, em 1952 um novo elemento da Tabela Periódica foi escolhido em sua homenagem, o Einstênio, símbolo Es, número atômico 99. Foi capa da Revista *Time* com o título de a “Personalidade do Século XX”.

As solicitações da fama o arrastariam a inúmeros países, inclusive o Brasil. A dedicação exigida pelos compromissos faria com que o gênio se afastasse de sua primeira esposa e acabaria enfraquecendo o relacionamento, que encerrou em fevereiro de 1914. Eles já viviam separados há cinco anos. Um dos seus mais recentes biógrafos, o jornalista americano Walter Isaacson (n. 1952) escreveu o livro *Einstein: Sua Vida, Seu Universo*, publicado pela editora Companhia das Letras no ano de 2007 revelou que Einstein fez um acordo para conseguir o divórcio, trocando-o pelo valor do Prêmio Nobel que acreditara receberia num futuro. Mileva faleceria em 1948, e vivia, junto com os filhos, sob cuidados do ex-marido, que pagava pensão equivalente à metade do seu salário.

Figura 8 – Carlos Chagas (ao centro) recebe a visita de Albert Einstein no Instituto Oswaldo Cruz, sexta-feira dia 8 de maio de 1925 no Rio de Janeiro. Cortesia: Fundação Oswaldo Cruz



Fonte: Wikimedia Commons.

Em junho de 1919, Einstein se casou com a prima Elsa Löwenthal (1876-1936), embora alguns de seus biógrafos afirmarem que mantivessem um relacionamento desde 1912. Seu sobrenome de solteira era Einstein. Pelo seu primeiro casamento com Max Löwenthal teve seu sobrenome alterado – o ex-marido havia falecido em 1914, e estavam separados desde 1908. Ela conseguiu recuperar seu sobrenome original pelo novo casamento com Albert. As filhas de Elsa, Ilse e Margot, passaram a serem enteadas de Einstein. Viveram felizes e conseguiram conviver muito bem com a fama. No entanto, Elsa foi diagnosticada com problemas cardíacos e renais e faleceu em dezembro de 1936.

Em 21 de março de 1925, numa expedição pela América do Sul, passou pelo Rio de Janeiro na ida para a Argentina, onde foi recebido por jornalistas, cientistas e membros da comunidade judaica. Na edição de *O Jornal* deste dia encontra-se matéria de página inteira sobre o cientista:

“Passa hoje, no Rio de Janeiro, Albert Einstein, o maior gênio que a humanidade produziu depois de Newton”; e uma das manchetes se destaca: “A Theoria de Einstein foi confirmada decisivamente pelo céu do Brasil”. Visitou o Jardim Botânico e fez o seguinte comentário, por escrito, em seu diário de viagem no dia seguinte: “Jardim Botânico, bem como flora de modo geral, supera os sonhos das 1.001 noites. Tudo vive e cresce a olhos vistos por assim dizer. Deliciosa é a mistura étnica nas ruas. Português-índio-negro com todos os cruzamentos. Espontâneos como plantas, subjugados pelo calor. Experiência fantástica. Uma indescritível abundância de impressões em poucas horas” (conforme *Einstein: o Viajante da Relatividade na América do Sul*, de Alfredo Tiomno Tolmasquim, editora Vieira e Lent, 2003). De volta ao périplo até a Argentina, desembarcou novamente no Rio de Janeiro em 4 de maio, visitando o presidente brasileiro e outras instituições, como o Museu Nacional do Rio de Janeiro, a Academia Brasileira de Ciências⁹ e o Instituto Oswaldo Cruz, além de proferir duas conferências.

Na véspera da Segunda Guerra Mundial, ajudou a alertar o presidente americano Franklin Delano Roosevelt (1882-1945) que a Alemanha poderia estar desenvolvendo uma arma atômica, recomendando aos Estados Unidos começar uma pesquisa semelhante, o que levou ao que se tornaria o Projeto *Manhattan*. Einstein apoiou as forças aliadas, denunciando a utilização da fissão nuclear como uma poderosa arma. Mais tarde, com o filósofo britânico Bertrand Arthur William Russell (1872-1970), assinou o *Manifesto Russell-Einstein*, que destacou o perigo das armas nucleares.



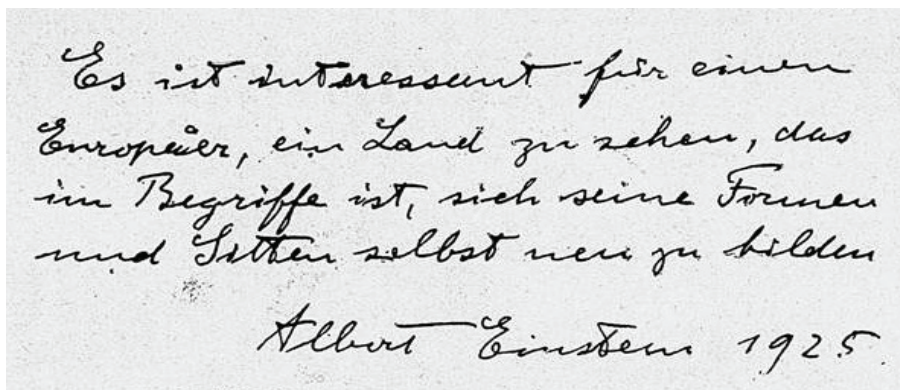
Figura 9 – Einstein durante visita aos Estados Unidos em 1921

Fonte: Wikimedia Commons

⁹ Ver: <www.abc.org.br>.

Seus últimos 20 anos de vida, passados nos Estados Unidos, na Universidade de Princeton, mais precisamente no Instituto de Estudos Avançados¹⁰ foram relativamente pacatos. Sua conhecida foto com a língua de fora ocorreu no dia da comemoração do seu 72º aniversário, pois estava irritado com a perseguição da mídia. Publicou mais de 300 trabalhos científicos em sua carreira, juntamente com mais de 150 obras não científicas.

Figura 10 - Autógrafo de Einstein em entrevista ao jornalista brasileiro Jorge Santos¹¹



Fonte: Cortesia Biblioteca Nacional Digital.

Einstein faleceu no dia 18 de abril de 1955 devido à ruptura de um aneurisma na aorta. Enquanto último desejo, seu corpo foi cremado e as cinzas espalhadas em local escolhido pela família, numa cerimônia íntima. As teorias de Einstein são hoje levadas em conta no desenvolvimento do sistema de posicionamento global que guia navios, aviões e carros (GPS, *Global Positioning System*), na fabricação da tela de computadores, televisores, nas usinas nucleares, nos tocadores de CD e DVD, na tomografia computadorizada e na bomba atômica, entre outros. Modestamente, mudou a forma de vermos o mundo.

¹⁰ Veja em: <www.ias.edu>.

¹¹ Entrevista cedida à revista *Ilustração Brasileira* v. 58, junho de 1925, p. 50-51, no Rio de Janeiro e intitulada "Um Sábio na Intimidade". No autógrafo, lê-se: "É interessante para um europeu visitar um país novo que começa por si mesmo a fazer-se e a mostrar suas formas".



Figura 11- Desenho autografado de Albert Einstein pelo artista alemão Hermann Struck (1876 - 1944) em 1920. Cortesia: Jüdisches Museum Berlin (Museu Judaico de Berlim)

Fonte: Wikimedia Commons.

Centenário do modelo atômico de Bohr e a melhor cerveja do mundo¹

O ano de 1913 foi um marco na ciência, vinculado a uma descoberta muito conhecida dos estudantes, mas paradoxalmente pouco celebrada. No último mês de julho, há cem anos, foi publicado um artigo bastante *peculiar*: “Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas”, escrito pelo jovem dinamarquês recém-doutor em física Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962) na prestigiosa revista *Philosophical Magazine*.² À época, trabalhos publicados como este em particular eram previamente lidos em reuniões de sociedades científicas para avaliação e possível aprovação. De fato, a leitura

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia*, em 24 de dezembro de 2013.

² BOHR, N. *On the Constitution of Atoms and Molecules* (Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas). *Philosophical Magazine*, London, v. 26, p. 1-25, 1913.

havia sido feita e defendida pelo Prêmio Nobel Ernest Rutherford (1871-1937), com quem Bohr havia trabalhado meses antes.



Niels Bohr

Figura 12 - Retrato oficial de Niels Henrik David Bohr (1885-1962) em 1922, ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Rutherford havia sugerido no ano anterior um modelo de átomo bem pequeno e similar ao modelo planetário, i.e., com um núcleo positivo e denso orbitado por elétrons (de cargas negativas), assim como os planetas orbitam o Sol. Tal modelo atraiu pouco interesse da comunidade científica por haver outras sugestões como a do físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940) – com quem também Bohr havia trabalhado meses antes. À época, cientistas procuravam decidir qual seria o papel do elétron na composição da matéria. De fato, Bohr investigou com base em vários dados experimentais. Tinha recebido uma bolsa de estudos de uma famosa cervejaria dinamarquesa – a Carlsberg, que apenas pretendia auxiliar jovens talentos, sem esperar um retorno direto de descobertas científicas.

Voltando ao problema de Bohr, havia um porém, pois de acordo com as regras da física, partículas negativas atraem positivas e vice-versa. Desta forma, no modelo de Rutherford, em algum momento esperava-se que um elétron em rotação perdesse energia e colidisse com o núcleo – ou seja, átomos assim não poderiam *existir*. Bohr propôs uma nova teoria baseada no modelo de Rutherford, a princípio bastante *estranha*, pois defendia que as leis da física clássica não corresponderiam, *totalmente*, aos eventos da escala do muito pequeno (o mundo nanométrico), sendo necessárias

correções, novas abordagens, ou mesmo novas equações – conhecida agora como ‘antiga teoria quântica’.



Rutherford

Figura 13 – Retrato oficial de Ernest Rutherford (1871 - 1937) em 1908, ao receber o Prêmio Nobel de Química

Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 14 – Primeira propaganda de exportação da cervejaria Carlsberg em 1870, mostrando o local da cervejaria no distrito de Valby, Copenhague, Dinamarca



Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 15 – O Instituto Niels Bohr da Universidade de Copenhague em 2005. A Københavns Universitet é a maior e mais antiga universidade da Dinamarca, fundada em 1479.



Fonte: Wikimedia Commons.

Enquanto premissas de seu novo modelo, Bohr simplesmente defendeu que o elétron em órbita de um núcleo não colidiria com este, por ser um sistema estável e estar numa escala nanométrica, contrariando assim uma regra da física clássica (que envolve objetos macroscópicos). Outra premissa seria que o átomo se equipararia mais a uma *cebola* do que a um modelo planetário, ou seja, os elétrons orbitariam o núcleo em regiões definidas em distâncias fixas como camadas e subcamadas (e saltando entre elas), e não de qualquer forma como, a princípio, espera-se ocorrer com os planetas ao redor do Sol. Com estas ideias previu e esclareceu um bom número de fenômenos até então não muito bem explicados com precisão assombrosa – como, por exemplo, as luzes emitidas ou absorvidas devido aos saltos intercamadas de elétron num átomo de hidrogênio (que tem um próton de carga positiva em seu núcleo além do elétron em órbita), sendo portanto, considerado e aceito como um modelo adequado e agraciado como Prêmio Nobel em 1922. No átomo, a energia é gerada ou absorvida em diminutos grânulos chamados em latim de *quanta*, plural de *quantum*: quantidade.

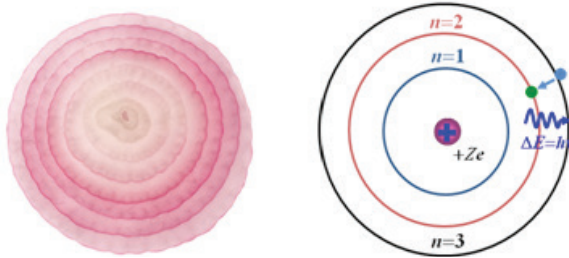
Figura 16 - Niels Bohr e Albert Einstein fotografados pelo físico austríaco Paul Ehrenfest (1880 - 1933) em Leiden, Holanda, dia 11 de dezembro de 1925. Nesta ocasião, comemoravam o 50º aniversário de defesa de tese do Prof. Hendrik Antoon Lorentz (1853 - 1928)



Fonte: Wikimedia Commons.

Ajustes ao modelo de Bohr foram incluídos em um pouco mais de uma década, servindo de base à teoria quântica em voga, onde a localização dos elétrons passou a ser descrita em termos de *probabilidades*. No entanto, devido a sua simplicidade e resultados corretos para determinados sistemas, a teoria de Bohr é ainda ensinada nas escolas e universidades.

Figura 17– Corte de uma cebola e a esquematização do modelo atômico de Bohr para um átomo com Z prótons e apenas um elétron



Fonte: Ilustração do autor.

Este elétron pode saltar entre as camadas indicadas pelos níveis “ n ”. Pela teoria, é proibido ao elétron transitar fora de uma das camadas. A variação da energia (E) de transição (ou salto) entre camadas é dada por $\Delta E = h\nu$, sendo “ h ” uma constante e “ ν ” a frequência do elétron. No esquema está ilustrado um salto da camada $n=3$ para a camada $n=2$, liberando um fóton de energia ΔE .

A história do desenvolvimento do modelo de Bohr ainda pode ensinar muita gente: a Universidade Federal da Bahia (UFBA) tem há alguns anos efetivado o ingresso de alunos cotistas, muitos deles com dificuldades financeiras. Embora existam programas de permanência tais como monitorias, bolsas de iniciação científica, programa jovens talentos, entre outros – boa parte obtidos com recursos governamentais – ainda é muito tímida a oferta de bolsas de estudos por *empresas*, que poderiam se espelhar no exemplo da cervejaria Carlsberg – cujo lema, de certa inspiração na filosofia quântica é: “– provavelmente a melhor do mundo”. *Tin-tin*.

O que é energia?

A energia segundo Richard Feynman¹

O que é energia? Esta é uma pergunta que fascina qualquer um, de qualquer idade. A energia está em tantas coisas presente, como nos alimentos, nas máquinas em geral, no Sol, num livro na estante, em nós mesmos, que tentar responder a uma questão destas é no mínimo corajosa. Uma das pessoas a tentar explicá-la, de uma forma brilhante e original foi Richard Phillips Feynman (1918 - 1988), um dos maiores físicos do século XX. No seu livro *Lições de Física de Feynman* encontramos esta joia preciosa, que é a visão da Natureza de um laureado com o Prêmio Nobel.



Richard P. Feynman

Figura 18 – Retrato oficial de Richard Phillips Feynman (1918 - 1988) em 1965 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

¹ Publicado no site *Experimentos Legais que Você Pode Fazer em Casa* em 29 de maio de 1999.

Feynman inicia sua tentativa com uma simples e rápida análise do problema: “ainda não sabemos o que é energia”, diz. Sem sombra de dúvida sua plateia fica decepcionada com tal afirmação logo no início da palestra. Mas, com entusiasmo, ele continua: “não sabemos por ser a energia uma coisa ‘estranha’. A única coisa de que temos certeza e que a natureza nos permite observar é uma realidade, ou se prefere uma Lei chamada *Conservação da Energia*”.

“Esta lei diz que existe ‘algo’, uma quantidade que chamamos energia, que se modifica em forma, mas que a cada momento que a medimos ela sempre apresenta o mesmo resultado numérico. É incrível que algo assim aconteça. Na verdade é muito abstrato, matemático até, e por ser assim tentemos ilustrá-lo com uma analogia”.

“Imagine um garoto, pode ser Dennis, ‘o Pestinha’, que possui uns bloquinhos absolutamente indestrutíveis e indivisíveis. Cada um é igual ao outro e que ele tenha 28 bloquinhos. Por ter pintado o sete sua mãe o coloca de castigo em seu quarto com os bloquinhos e ao final do dia vai conferir como está o menino e os bloquinhos. Quão grande é a surpresa da mãe ao constatar que faça o que Dennis faça os bloquinhos sempre dão 28. Sua mãe descobriu uma *Lei Fundamental*”.

“Com o passar dos dias, ela continua a contar os bloquinhos até que um dia só encontra 27 blocos. Mas uma pequena investigação indica que existe um debaixo do tapete. Ela precisará olhar com mais cuidado e atenção para verificar se o número de bloquinhos realmente não muda”.

“Um dia, entretanto, ela só encontra 26 bloquinhos no quarto. Uma averiguação mostra que a janela está aberta e que os 2 bloquinhos restantes estão lá fora. Até que um dia aparecem 30 blocos! A surpresa é considerável até que se descobre que o primo Bruce veio visitá-lo e trouxe consigo seus bloquinhos. Após separá-los, fechar a janela e não deixar Bruce entrar, ela conta e encontra apenas 25 blocos. Depois de procurar em todos os lugares e não achar nada, restava verificar o conteúdo da caixa de brinquedos do menino. Mas ele diz: – ‘não mexa na minha caixinha de brinquedos’, e chora. A mãe está proibida de mexer na caixinha”.

Ela não pode fazer muito. Com o passar dos dias ela volta a contar e encontra os 28 facilmente. Aproveita então e pesa a caixinha, que dá 450g. Outro dia acontece de procurar em todo lugar e resta apenas a desconfiada caixinha de brinquedos. Faltam 4 bloquinhos e a mamãe sabe

que cada um pesa 80g; pesando a caixa obtém 770g (que é 450g + 4x80g). Arditosamente ela monta uma equação:

$$(\text{número de bloquinhos vistos}) + \frac{\text{massa da caixa} - 450\text{g}}{80\text{g}} = \text{constante}$$



Figura 19 – Representação esquemática dos bloquinhos

Fonte: Elaboração do autor.

“Esta fórmula funciona, mas nem sempre é válida. Pode haver variações como, por exemplo, uma observação da água suja da banheira está mudando de nível. O menino está jogando os bloquinhos na água e a mamãe não pode vê-los por estar suja, mas ela pode achá-los adicionando outro termo à sua fórmula. Desde que a altura original era de 15 cm e que cada bloquinho eleva a água de 1/2 cm, a nova fórmula poderia ser do tipo:”

$$(\text{número de bloquinhos vistos}) + \frac{\text{massa da caixa} - 450\text{g}}{80\text{g}} + \frac{\text{altura do nível de água} - 15\text{cm}}{0,5\text{cm}} = \text{constante}$$

“Repare o leitor que a fórmula acima poderia possuir mais e mais termos à medida que o menino faz mais e mais travessuras ao esconder os bloquinhos. Cabe à mamãe observar tudo o que ocorre no quarto e verificar a validade da Lei Fundamental que descobriu”.

“Mas o interessante mesmo é que se repararmos o segundo e o terceiro termos da fórmula acima nos veremos calculando quantidades QUE NÃO SÃO BLOQUINHOS e sim comprimentos e pesos. Isto faz parte da ideia abstrata da coisa (a energia). A analogia então nos mostra que enquanto calculamos a energia, algumas coisas somem e outras aparecem – devemos pois, ter cuidado com o que somamos ou subtraímos da fórmula. Outro

ponto é que a energia se apresenta de diferentes formas, que podem ser mecânica, calorífica, química, nuclear, mássica.... Apresentando-se sempre de formas variadas, com várias roupagens, mas sempre - e até hoje não encontramos exceção – sempre ela dá como resultado ‘28’”²

Algo realmente intrigante.

“Na Natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”
(Lavoisier).



Figura 20 – Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), químico francês, por Louis Jean Desire Delaistre (1800-1871)

Fonte: Wikimedia Commons.

2 Para quem não sabe, o Prof. Feynman esteve algumas vezes no Brasil, chegando até a ministrar aulas, cursos, palestras e escrever um pequeno livro de física em português (de Estado Sólido, que se encontra na Biblioteca do Instituto de Física da Universidade de São Paulo - USP), além de gostar de ir à praia, sambar e batucar. Certa feita, ao apresentar uma palestra na célebre Academia Brasileira de Ciências (<www.abc.org.br>), durante sua primeira visita, ficou desconcertado ao perceber que seu predecessor falava (e relativamente mal) em inglês – e apresentou na sua vez uma conferência em português fluente.

Numa destas passagens, após receber o Prêmio Nobel, foi convidado pela Secretaria de Turismo do Estado da Guanabara, Rio de Janeiro, para participar do Carnaval de 1966. Folião de carteirinha, era integrante dos “Farsantes de Copacabana”. Exímio tocador de cuíca, frigideira, bongô e pandeiro, levou na bagagem um agogô com a inscrição “O Maior Folião de 1966”, presente da Associação das Escolas de Samba. Numa foto hilária do *Jornal do Brasil*, em 24 de fevereiro daquele ano (página 2, Caderno B), tocando pandeiro numa mesa de bar, é possível ler no subtítulo: “Feygman: (sic) Prêmio Nobel de Física, entre pernas e garrafas”. Para ler mais: FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física de Feynman*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2008. 3 v.

Figura 21– Almoço comemorativo pela ocasião da visita de Richard Phillips Feynman ao CBPF no Rio de Janeiro em 1952. O Prof. Cesar Lattes encontra-se à frente de Feynman na mesa



Fonte: Cortesia do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).



Figura 22 – Identidade de Feynman no Projeto Manhattan, década de 1940

Fonte: Wikimedia Commons

Pacifista convicto nos primeiros anos de sua vida enquanto pesquisador, Feynman começou a trabalhar no Projeto Manhattan em abril de 1943. Como vários jovens de sua idade, participou do esforço de guerra americano, muito disto devido ao ataque, em 7 de dezembro de 1941,

à Base Norte-Americana de Pearl Harbor, no Havaí. Mas sua participação foi curta, devido ao término da II Guerra Mundial. Pessoa alegre, absolutamente honesta, sincera, irreverente e espontânea, serviu de modelo para muitos personagens cientistas jovens e geniais de Hollywood.³

³ Se você gostou do texto, procure também pelos livros: FEYNMAN, R. P. *Está a Brincar, Sr. Feynman: Retrato de um Físico enquanto Homem*. 3. ed. Gradiva: Lisboa, 1998; FEYNMAN, R. P. *Nem Sempre a Brincar, Sr. Feynman: Novos Elementos para o Retrato de um Físico enquanto Homem*. 2. ed. Gradiva: Lisboa 1994; FEYNMAN, R. P. *O Que é uma Lei Física*. Gradiva: Lisboa, 1989.

Breve história da produção de vidros planos

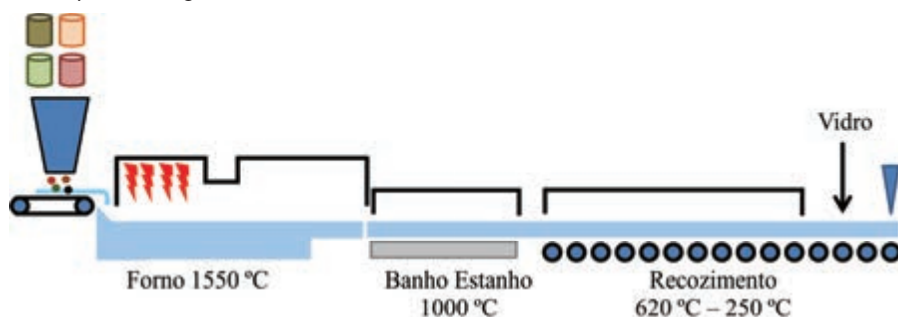
60 anos da patente de Pilkington¹

No último dezembro, fez 60 anos da submissão de uma patente que simplesmente revolucionou o processo industrial de vidros planos (*flat glass* em inglês), conhecido também como processo *float* (verbo que significa flutuar na língua inglesa). Considerada uma das inovações mais significativas do século XX, é hoje industrialmente o método em massa mais empregado para produção de vidros de grandes dimensões (de até um pouco de mais de 3 metros de largura e atingindo até 6 metros de comprimento), aplicado principalmente na construção civil, em decoração e na indústria automotiva, dentre outras.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 11 de fevereiro de 2014.

Deveu-se a tenacidade de um jovem industrial inglês, Lionel Alexander Bethune Pilkington (ou somente Alastair Pilkington, 1920 - 1995), que submeteu a patente britânica 769.692 junto com o colega Kenneth Bickerstaff (c. 1922 - 1987) em 10 de dezembro de 1953.

Figura 23 – Diagrama esquemático do processo float: da esquerda para direita, a matéria prima é adicionada a um forno por volta de 1550 °C, que é resfriado continuamente, passando por um banho de estanho por volta de 1000 °C e por uma região de recozimento



Fonte: Ilustração do autor.

Esta simples inovação eliminou as operações tradicionais de polimento e desbaste necessárias nos antigos processos de produção de vidro, em especial para janelas, e ao mesmo tempo criando produtos aperfeiçoados de mais alta qualidade e menor preço. Foram precisos 7 anos de pesquisa e mais de 80 milhões de libras para se atingir uma espessura uniforme (por volta de 6 mm) e evitando os tradicionais defeitos de bolhas, manchas, granulações, inclusões e demais imperfeições (como as “estrias”) bastante comuns na indústria vidreira. De acordo com o Escritório Europeu de Patentes² mais de 23,9 mil pedidos foram encaminhados e aceitos desde 1953 aperfeiçoando esta ideia, e sempre com tendência de crescimento.

² Ver em: <www.epo.org>.

Figura 24 – A assinatura do Tratado de Paz da I Guerra Mundial na Sala de Espelhos do Palácio de Versailles³



Fonte: Wikimedia Commons.

- ³ Obra do pintor irlandês Sir William Orpen (1878 - 1931), situada no *Imperial War Museum* ("Museu Imperial da Guerra"), em 28 de junho de 1919. Disponível em: <www.iwm.org.uk>. Em destaque na obra é possível notar os famosos espelhos do palácio (*Galerie des Glaces*), construídos a partir da ordem do Rei Louis XIV (1638 - 1715) em 1665, que resultou na criação da *Manufacture Royale des Glaces de France*, a primeira indústria moderna de vidros, atual Saint Gobain (<www.saint-gobain.com>). Até antes da criação de Pilkington, era necessário polir a superfície de praticamente todos os vidros planos.

Reza a lenda que Pilkington teve um *lampejo* ao lavar pratos em casa. Observando como as bolhas de sabão escorriam por sobre a água na pia da cozinha, veio à tona a ideia de se derramar, escoando o vidro ainda fundido sobre um banho de metal também líquido. Desta forma, a patente consistiu em estabelecer uma maneira do vidro fundido flutuar de forma contínua num banho de estanho, assegurando assim perfeita planicidade à face do vidro em contato com o metal, e ao mesmo tempo resfriando o vidro até seu estado sólido.

Figura 25 - A primeira patente britânica de vidro plano, número 769.692 (depositada em 10 de dezembro de 1953): Melhoramentos no/ou relacionados com o Fabrico de Vidro Plano (*Improvements in or Relating to the Manufacture of Flat Glass*)



Fonte: European Patent Office.

Figura 26 – O jarro de vidro denominado *Diàtreta* Trivulzio, exposto no Museu Arqueológico de Milão⁴



Fonte: Wikimedia Commons.

Cabe então uma pequena explicação sobre a natureza dos vidros – diferentemente do que dizem nas escolas e universidades, não existem apenas *três* estados da matéria: o sólido, o líquido e o gasoso. O vidro pode ser considerado *mais um* estado da matéria, intermediário entre estes tradicionais (e denominado de estado “metaestável”). O vidro comum é feito há mais ou menos 7 mil anos da mesma forma: tomando partes de areia (sílica), carbonatos de sódio, cálcio e potássio dentro de um forno – atingindo temperaturas de até 1500°C e resfriando rapidamente. O produto final é um líquido superesfriado, ou ainda um “sólido não-cristalino”, ou seja, seus átomos constituintes (silício, sódio, oxigênio, etc) encontram-se

⁴ Elaborado no início do século IV d.C., está envolto por uma rede de círculos feitos também de vidro. Consiste no único espécime desta época e local que sobreviveu até o presente completamente intacto. Em torno da superfície encontra-se uma inscrição latim, em letras de vidro verde: *BIBE VIVAS MULTIS ANNI*, que pode ser traduzido por: “Beba (vinho), e você vai viver por muitos anos”. *Museo Archeologico di Milano*, Itália.

agrupados desordenadamente, de forma aleatória – e não bem organizados e distribuídos como acontece em outros materiais ditos cristalinos, como as rochas ou mesmo numa barra de ferro.

Este processo é tão inovador que desde 1959 passou a suplantiar todas as outras antigas técnicas de construção de vidros planos existentes. Tal processo foi licenciado para mais de 42 fábricas em 30 diferentes países, com mais de 370 plantas em operação, sob construção ou em planejamento em todo mundo. No Brasil, há uma dúzia de grandes fábricas em operação, principalmente no Sudeste, e voltada para a produção de vidros de alta qualidade. Em Salvador existe uma pequena fábrica de vidros planos temperados para sacadas, portas e espelhos. Uma planta de vidro plano pode operar 365 dias por ano, por até 15 anos, e produzir até 6 mil km de vidro. Em 2009, produziu-se por volta de 52 milhões de toneladas no mundo, o equivalente a 22 bilhões de euros apenas com vidro plano (ou seja, sem considerar vidros de utensílios, como garrafas ou pratos, ou ainda fibras de vidro). Metade desta produção foi feita apenas pela China.



Figura 27– Vitral do tipo *Standesscheibe* (que apresenta um brasão de armas suíço)⁵

Fonte: Wikimedia Commons.

5 Vitral originário da cidade de Unterwalden, Suíça, elaborado em 1564. Encontra-se agora instalado no Castelo Bielsko-Biala, Polônia (*Muzeum w Bielsku-Białej – Zamek książąt Sułkowskich*). Disponível em: <www.muzeum.bielsko.pl>.

Sir Pilkington foi eleito membro da prestigiosa *Royal Society*⁶ em 1969, e coroado cavaleiro da rainha em 1970. Embora não fosse membro da família que originou a empresa, apesar do sobrenome semelhante, atingiu o posto de presidente da companhia até aposentar-se, aos 60 anos. Sua notável invenção continua presente e marcante na vida de todos nós.

⁶ Ver em: <www.royalsociety.org>.

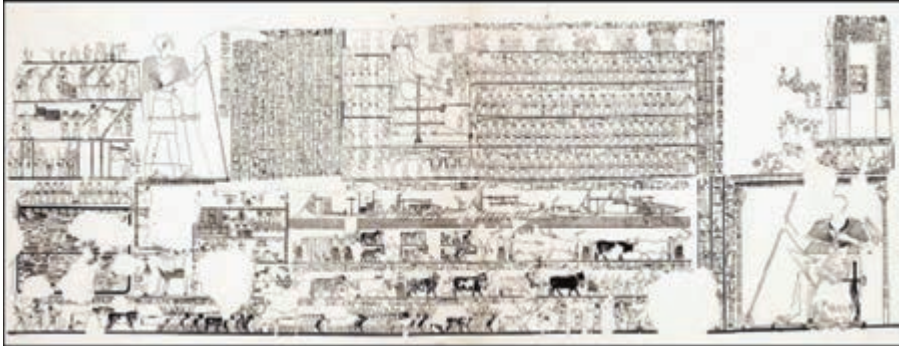
Engenharia no tempo dos faraós¹

Saiu publicado recentemente, agora em maio, na prestigiosa revista científica *Physical Review Letters*, volume 112, que divulga estudos e novos conhecimentos sobre física desde 1958, um artigo que explica como os egípcios transportavam enormes blocos de pedra ao longo do deserto por até dezenas de quilômetros para construir pirâmides.² A resposta a tal enigma de pelo menos 4.500 anos (idade das grandes pirâmides) é bastante simples: deslizando os blocos pela areia molhada do deserto. Para se ter ideia do feito, algumas das rochas empregadas na construção das pirâmides do Egito pesavam 2,5 toneladas, e outras chegavam a ultrapassar a marca das quatro toneladas.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 29 de maio de 2014.

² FALL, A.; WEBER, B.; PAKPOUR, M.; LENOIR, N.; SHAHIDZADEH, N.; FISCINA, J.; WAGNER, C.; BONN, D. *Sliding Friction on Wet and Dry Sand* (Atrito Dinâmico em Areia Seca e Molhada). *Physical Review Letters*, Maryland, v. 112, 175502, 2014.

Figura 28 – Esboço a partir de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C.³



Fonte: Wikimedia Commons.

Uma equipe de cientistas da Universidade de Amsterdã (www.uva.nl), incluindo pesquisadores da Holanda, Irã, França, Alemanha e Índia, realizou experimentos em pequena escala (i.e., em laboratório), simulando a técnica. Para tanto, utilizaram diferentes areias (com diferentes granulações), forças e velocidades ao trenó, além de diversas quantidades de água sobre a areia. Segundo o grupo, tudo se resume ao atrito - ou à ausência dele. De fato, as evidências arqueológicas mostravam que os antigos egípcios precisavam transportar uma enorme carga de blocos de pedras rochosas pelas areias do deserto. Inscrições antigas em outros registros arqueológicos mostravam dezenas de escravos colocando pedras em grandes trenós - superfícies planas com bordas viradas para cima, e as transportando até os locais de construção, conforme apresentado a seguir.

É claro que, quando tentamos puxar ou arrastar um objeto relativamente pesado sob a areia da praia, ele tende a afundar na areia. Isso acontece especialmente porque o deslocamento do peso cria obstáculos formados por elevações de terra que precisam ser removidas regularmente, antes que possa se tornar um obstáculo ainda maior. Esse efeito de atolamento, entretanto, não se repete quando a areia está *molhada*, mas não totalmente *encharcada*.

3 Pintura descoberta no túmulo do nomarca Djehutihotep, segunda tumba, câmara interna. Fonte: NEWBERRY, P. E. *El Bersheh: The Tomb of Tehuti-Hetep*. London: Egypt Exploration Fund, 1895. 1. v.



Figura 29 - Imagem de uma das filhas do nomarca Djehutihotep

Fonte: Wikimedia Commons.

O raciocínio do estudo da equipe liderada pelo físico holandês Daniel Bonn (n. 1967) é surpreendentemente *simples*: as gotículas de água penetram na areia e criam ligações entre os grãos, que ficam portanto grudados e compactos (i.e., relativamente mais rígidos), formando uma superfície mais uniforme e coesa - como na montagem de um castelo de areia por uma criança. Uma consequência desta situação é que a areia não se acumula na frente do trenó em deslocamento, deslizando assim mais facilmente.

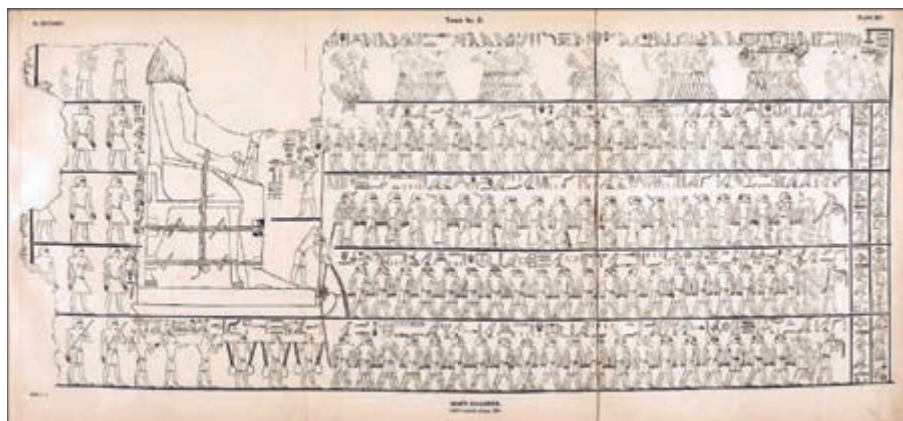
Os experimentos revelaram que a força de tração exigida diminui proporcionalmente com a rigidez da areia (que foi molhada). Um trenó desliza muito mais facilmente sobre a areia firme (e úmida) do deserto, simplesmente porque a areia não se acumula na frente do trenó, como ocorre no caso da areia seca.

Dito de outra forma, com a presença da umidade na areia, formam-se pontes capilares entre os grãos, ou ainda microgotas de água que fazem os grãos se unirem uns aos outros, chegando assim a dobrar a rigidez do material. Tal efeito impede portanto que a areia forme elevações na frente do trenó, reduzindo pela metade a força necessária para arrastá-lo. Bonn e colegas notaram outro fato curioso ao realizar experimentos: nem muita água, nem pouca água ajudam no transporte do trenó sob a areia!

Para comprovar a teoria, os cientistas construíram uma versão em escala de laboratório do trenó, onde colocaram um peso sobre o dispositivo e deslizaram ao longo de uma caixa de areia. Quando o solo estava muito seco ou úmido demais, o trenó encontrava grande resistência e literalmente “afundava” na areia, criando dificuldade para o deslocamento, como esperado.

Em resumo, o experimento permitiu calcular tanto a força de tração necessária quanto à rigidez da areia após a utilização da água. Para determinar essa rigidez foi usado um reômetro, equipamento que mostra a força a ser aplicada para deformar um certo volume de areia. O grupo constatou que a força de tração exigida diminui proporcionalmente com a rigidez da areia.

Figura 30 - Detalhe do esboço a partir de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C. descoberta no túmulo do nomarca Djehutihotep a respeito do deslocamento de uma grande estátua sobre um trenó



Fonte: Wikimedia Commons.

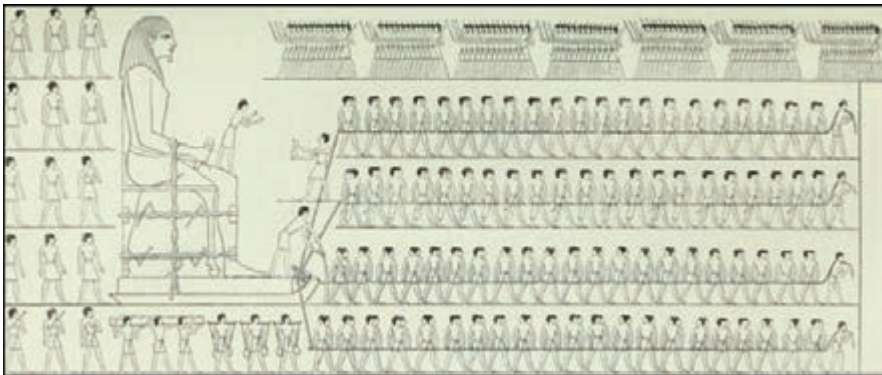
Mais especificamente, os experimentos demonstraram que, numa proporção adequada, a água pode fazer a areia ficar até duas vezes mais rígida, dando mais suporte ao peso sendo arrastado sobre ela. Consequentemente, a força necessária para arrastar o trenó por sobre sua superfície cai pela metade. Menos força necessária, menos escravos para efetuar este trabalho.

Assim, é possível agora entender a receita que desvenda todo o mistério: molhar tudo o que está na frente do trenó enquanto este é puxado. Com essa divisão de forças, uma pedra de 2,5 toneladas pode ser mais facilmente carregada por aproximadamente 80 pessoas numa grande distância.

O mistério que cientistas demoraram séculos para descobrir, aliás, teve uma pista importante, já conhecida dos arqueólogos, encontrada numa pintura nas paredes da tumba do nomarca Djehutihotep, que viveu

há aproximadamente 3.900 anos, localizada na vila de Deir el-Bersha, na margem esquerda do rio Nilo. No registro, há um homem na frente do trenó derramando provavelmente água na areia. Adiante, vários homens arrastam o trenó com uma estátua em homenagem ao líder político-religioso. Até então arqueólogos interpretavam a pintura como um mero ritual, que perde sentido com as descobertas deste recente e curioso trabalho.

Figura 31 - Diagrama esquemático do detalhe de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C. descoberta no túmulo do monarca Djehutihotep a respeito do deslocamento de uma grande estátua sobre um trenó. Note a presença de um homem à frente do trenó, aos pés da estátua, vertendo água sobre a areia, puxado por dezenas de escravos. Conforme *Histoire de l'art dans l'antiquité: Égypte, Assyrie, Perse, Asie Mineure, Grece, Etrurie, Rome*, 1882, de Georges Perrot (1832-1914) e Charles Chipiez (1835-1901)



Fonte: Wikimedia Commons.

Resta ainda aos pesquisadores desvendar outro mistério tão intrigante quanto: como as pedras foram encaixadas perfeitamente umas sobre as outras para formar as pirâmides? Espera-se que, desta vez, a resposta não demore tanto tempo para ser desvendada.

O mais importante eclipse de Einstein¹

Há 95 anos, mais precisamente no dia 29 de maio de 1919, ocorreu o eclipse solar mais importante da História da Física Moderna, e o primeiro e mais relevante teste da ‘Teoria da Relatividade Geral’ de Albert Einstein (1879-1955). Para nós brasileiros, tal fenômeno, destaque nas páginas dos mais renomados jornais do mundo, foi registrado no município de Sobral, Ceará.



A. Einstein

Figura 32 – O jovem Albert Einstein (1879-1955) em 1898, ao finalizar seus estudos de graduação

Fonte: Wikimedia Commons.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Correio da Bahia* em 03 de junho de 2014.

Boa parte das pessoas desconhece que existem *duas* teorias da relatividade. A primeira, e mais simples, foi formulada por Einstein no *Annus Mirabilis*² de 1905, onde ele havia escrito quatro outros trabalhos que muito provavelmente também lhe trariam prestígio científico (além de uma tese). De fato, foi com um destes trabalhos, sobre o “efeito fotoelétrico”, que conquistou o Prêmio Nobel de Física, em 1921, e não com a relatividade. Nesta época ainda não havia conseguido a posição de professor, então trabalhava num emprego como técnico de terceira classe no Serviço Suíço de Patentes do hoje Instituto Federal Suíço de Propriedade Intelectual,³ em Berna. O cargo de assistente examinador era banal, mas tinha a vantagem de propiciar bastante tempo livre para as próprias divagações e cálculos científicos de um jovem doutor de 26 anos e pai recente, casado com a colega de graduação Mileva Marić (1875 - 1948).

O primeiro artigo sobre a ‘Teoria da Relatividade Especial’ foi publicado em 1905 na prestigiada *Annalen der Physik* (*Anais da Física*, revista que existe desde 1790), em que subvertia as ideias fundamentais da Física Clássica, ao mostrar que o espaço e o tempo não eram absolutos, e sim grandezas relativas, que dependiam do observador. O título original era “Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”⁴ – curiosamente, o termo *relatividade* surgiu alguns meses depois, em 1906, a partir de sugestão do seu colega Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947). Neste trabalho, Einstein demonstrou que nada no Universo pode viajar com velocidade superior à da luz c (do grego *celeritas*, “rápido”), igual a 300.000 quilômetros por segundo. Uma consequência disso é que, quanto mais rápido um corpo se move, mais lento o tempo passa em relação a ele. Outra é que, à medida que se aproxima da velocidade da luz, o corpo se contrai e sua massa aumenta. Tudo isto ocorre porque a velocidade é medida pela relação entre espaço e tempo. Se a velocidade da luz é fixa, o tempo e o espaço precisam variar. Se um corpo estiver então viajando *muito, muito* rápido (mas abaixo do limite c), o tempo vai passar diferente (um pouco mais *devagar*)

2 Ano Miraculoso.

3 Ver: <www.ige.ch>.

4 EINSTEIN, A. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento). *Annalen der Physik*, Berlim, v. 322, p. 891-921, 1905.

e o espaço também vai agir de forma diversa (o objeto vai *encolher*). Tal trabalho foi considerado uma das mais extraordinárias revoluções da História da Ciência, marco fundador da Física Contemporânea. Em resumo, tal teoria daria a chave para a explicação da origem do Universo bem como para a desintegração do átomo.

Somente onze anos depois, em 1916, já como professor na Universidade de Berlim, que concluiu suas ideias inovadoras nesta área da ciência publicando a chamada ‘Teoria da Relatividade Geral’, que substituiria definitivamente a física de Isaac Newton (1642-1727), e englobaria a relatividade dita “especial”. No trabalho *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*,⁵ afirmava que o espaço era curvo, distorcido pela presença de corpos com massas enormes, como estrelas e planetas. E previa que as partículas de luz (fótons) seriam atraídas pela deformação causada no espaço por estrelas como o nosso Sol.



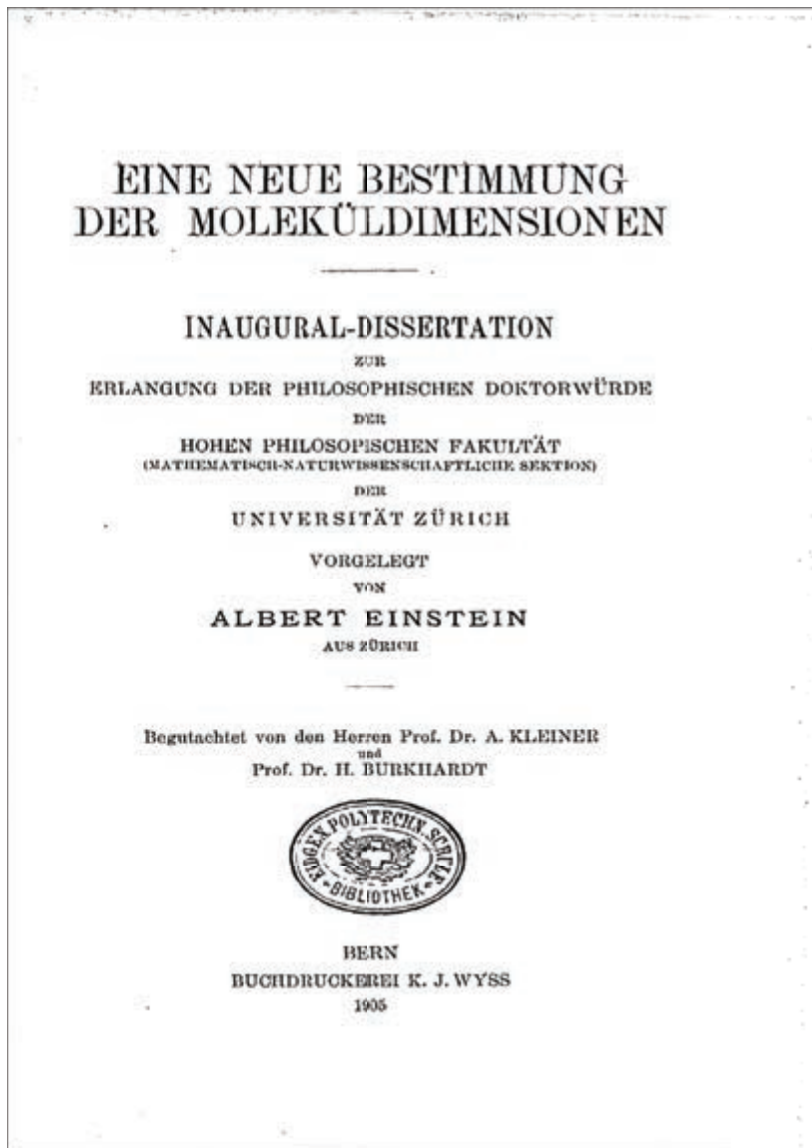
Figura 33 – Mileva Marić-Einstein (1875-1948)

Fonte: Wikimedia Commons.

Em resumo, a Teoria da Relatividade Especial explica apenas como uma parte do Universo funciona, mais especificamente casos onde os objetos se deslocam com velocidades fixas. Mas ainda existe uma outra parte, onde os objetos ganham ou perdem velocidade. Até 1905, a ciência continuava aceitando e respeitando a lição mais famosa de Isaac Newton, a Lei da Gravitação Universal na sua forma original.

⁵ EINSTEIN, A. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie* (A Base da Teoria da Relatividade Geral) *Annalen der Physik*, Berlim, v. 354, p. 769-822, 1916.

Figura 34 – Tese de Einstein defendida em 30 de abril de 1905⁶



Fonte: Wikimedia Commons.

- 6 Na verdade a tese foi publicada depois, em 20 de julho, devido a um atraso. Nesta propôs um novo método para determinação de raios moleculares e do Número de Avogadro. Tem apenas 21 páginas.

Einstein levou, portanto, quase onze anos até entender que as duas situações (ou partes acima) podiam ser explicadas pela mesma regra. Para tanto, foi necessário deixar de ver a gravidade como uma força, pois a até então considerada atração instantânea (e newtoniana) entre corpos celestes precisaria ser mais rápida do que a velocidade da luz, que Einstein sabia não ser possível. Como explicar, então, a atração entre os corpos tão grandes quanto planetas?

Ele descobriu que a gravidade, na verdade, era resultado da interação entre a massa dos corpos e uma espécie de malha criada pelo tempo e pelo espaço, que chamou de ‘tecido espaço-tempo’. Assim, estruturas muito grandes “distorcem” o espaço e criam “valas” que seguram os objetos próximos. A partir destas novas concepções, seria possível explicar o fato de a Terra girar ao redor do Sol, não mais como resultado de uma atração ‘quase mágica’ e instantânea do que se concebeu na época de Newton em termos da gravitação clássica, mas sim relacionado à própria natureza da geometria do Universo, e criando assim uma nova forma de análise da gravitação.



Figura 35 – Arthur Stanley Eddington (1882-1944), astrônomo, físico, matemático, filósofo e divulgador da ciência britânico

Fonte: Wikimedia Commons.

A comprovação da teoria surgiu após a observação de um eclipse solar registrado simultaneamente por duas equipes de astrônomos ingleses nas cidades de Sobral, Ceará, Brasil, e na Ilha do Príncipe, Golfo da Guiné, costa atlântica da África, no dia 29 de maio de 1919, onde foi provado que os raios de luz se “entortavam” ao passar perto da estrela. Num eclipse solar, a Lua surge entre o Sol e a Terra, projetando uma sombra imensa sobre o planeta. Foi um dos eclipses mais longos do século XX, levando um total de 6 minutos e 51 segundos, coordenado pelos astrônomos da

Royal Astronomical Society,⁷ sob a direção de Andrew Claude de la Cherois Crommelin (1865-1939) no Brasil e de Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) na Ilha de Príncipe. Esses eram os locais apontados pelos cálculos astronômicos como aqueles que apresentariam as melhores condições para a observação do eclipse.

Para verificar esse fenômeno foi, portanto, preciso fotografar o céu durante um eclipse, quando é possível observar as estrelas próximas do Sol. Depois, comparar essa fotografia com outra, daquele mesmo grupo de estrelas, numa noite normal, quando o Sol já havia se deslocado para outra posição (estas haviam sido feitas em janeiro e fevereiro daquele ano). A previsão: como o raio de luz era encurvado pela presença do Sol, sem ele chegaria na Terra numa posição levemente *diferente*. Foram escolhidas as estrelas do aglomerado de Híades, localizado na Constelação de Touro. As suas estrelas mais brilhantes formam um “V”, como se formassem a cabeça e o Chifre do Touro - e estas se encontram próximas da gigante Aldebarã, a estrela mais brilhante desta particular região do céu, mas que não faz parte deste aglomerado.

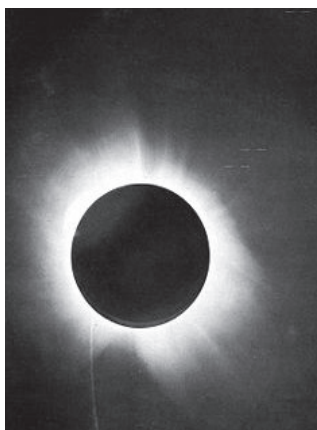


Figura 36 – Foto do eclipse solar de 29 de maio de 1919 obtido pela expedição na Ilha do Príncipe, publicado no artigo de Arthur S. Eddington. Note alguns riscos horizontais – estes indicam as posições de algumas estrelas durante o eclipse

Fonte: Wikimedia Commons

A equipe que se dirigiu à Ilha do Príncipe teve seus trabalhos prejudicados devido ao mau tempo: havia chovido durante parte da manhã naquele dia. No momento do eclipse o céu estava nublado, e com isso,

⁷ Ver em: <www.ras.org.uk>

apenas poucas das várias fotografias tiradas apresentaram imagem de estrelas com algum valor científico. Já a equipe liderada por Crommelin em Sobral contou com melhor sorte, e suas imagens do fenômeno foram simplesmente excelentes, tiradas da pracinha da cidade com pouco mais de 2.200 habitantes à época. Posteriormente foi erguido um monumento e, mais recentemente (em 1999), criado um museu, chamado *Museu do Eclipse*, onde estão em exposição permanente a luneta e as fotos originais tiradas naquele momento histórico.

Assim, as previsões feitas pela Relatividade Geral foram confirmadas pela observação de um desvio de aproximadamente $1,9''$ (ou 1,9 segundo de arco, resultado obtido em Sobral), consagrando o acerto de Einstein, que previu o valor de $1,75''$, dentro da margem de erro. Um segundo de arco ($1''$) equivale a $1/60$ de um minuto de arco; e um minuto de arco ($1'$) corresponde à $1/60$ do ângulo de um grau.

Matéria e energia tornavam então curva a malha do espaço-tempo, e assim era possível desviar o brilho das estrelas. O impacto foi simplesmente *espetacular*: logo Einstein era considerado, talvez até com certo excesso, o maior gênio de todos os tempos. Maiores detalhes desta fantástica história podem ser obtidos no excelente livro do físico e historiador da ciência americano-holandês Abraham Pais (1918 - 2000), *Sutil é o Senhor... - a Ciência e a Vida de Albert Einstein*, publicado pela editora Nova Fronteira em 1995.



Figura 37 – Andrew Claude de la Cherois Crommelin (1865-1939), astrônomo irlandês que fez parte da expedição brasileira em Sobral, no Ceará

Fonte: Wikimedia Commons

LIGHTS ALL ASKEW IN THE HEAVENS

Men of Science More or Less
Agog Over Results of Eclipse
Observations.

EINSTEIN THEORY TRIUMPHS

Stars Not Where They Seemed
or Were Calculated to be,
but Nobody Need Worry.

A BOOK FOR 12 WISE MEN

No More in All the World Could
Comprehend It, Said Einstein When
His Daring Publishers Accepted It.

Figura 38 – Reportagem especial do *The New York Times* de 10 de novembro de 1919, explicando a famosa descoberta de Einstein⁸

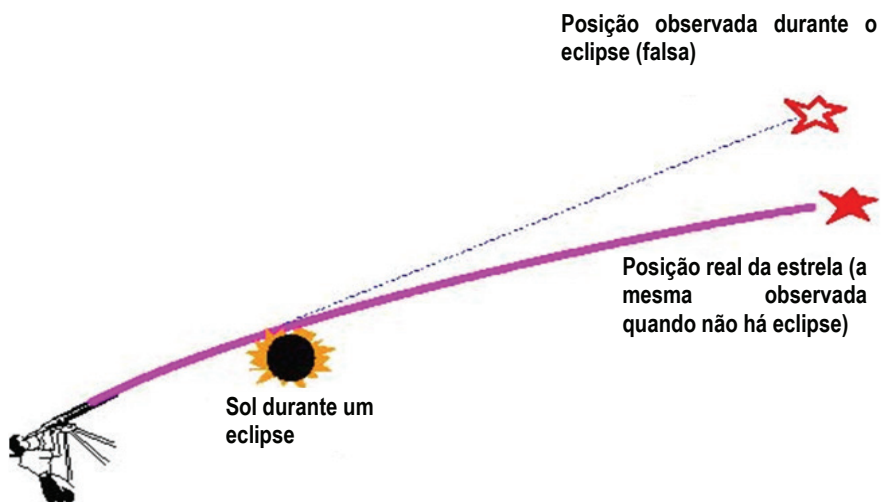
Fonte: Wikimedia Commons.

Em 21 de março de 1925, numa expedição pela América do Sul, Einstein passou pelo Rio de Janeiro, onde foi recebido pela imprensa, cientistas e membros da comunidade judaica.

Sua comprovação foi realmente um dos maiores feitos da mente humana. A partir deste experimento, o mundo nunca mais giraria como antes. Tal eclipse pode então ser considerado o mais importante da história das ciências, relativamente falando.

⁸ “Todas Luzes Distorcidas nos Céus”; “Teoria de Einstein Triunfa” em tradução livre.

Figura 39 – Situação concebida por Einstein para detectar o desvio da luz devido à presença do Sol durante um eclipse⁹



Fonte: Elaboração do autor.

⁹ Para um observador na Terra, a imagem de uma estrela situada junto ao disco solar parecia afastar-se da borda deste. Foi necessário, portanto conhecer a posição de estrelas próximas da borda solar durante um eclipse e comparar com fotos das mesmas semanas antes. Ao se observar a luz da estrela que passa perto do sol num eclipse solar, esta luz é desviada (deslocada) de um pequeno ângulo, numa posição falsa (pois sabe-se a real posição dela antes do eclipse). Tal desvio da luz ocorre pela deformação do espaço próximo do sol, efeito previsto pela Relatividade Geral de Einstein.

Copa do Mundo 2014

Gol do Brasil, gol de Nicolelis¹

M*iguel Nicolelis não* é jogador do Brasil, tampouco conhecido de boa parte da população, mas terá seu nome marcado na história durante a Copa do Mundo de 2014 por um feito que para muitos poderia ser considerado um verdadeiro *milagre*. Torcedor apaixonado pelas cores da Sociedade Esportiva Palmeiras, ele é o homem por trás do primeiro chute oficial do jogo Brasil x Croácia, realizado por alguém impossibilitado de fazê-lo: um paciente paraplégico – com o auxílio de um exoesqueleto – dará o pontapé inicial do Mundial em 12 de junho.

Se tudo der certo, a roupa robótica será vista por mais de 60 mil pessoas no estádio do Timão e por bilhões em todo o mundo, na televisão. Parece um sonho realizado. Com tantos livros e filmes à disposição, a ficção sugere que deve ser algo simples que alguém, impossibilitado de levantar e andar, chute uma bola. Para quem ainda não está acostumado com o termo, um exoesqueleto consiste numa veste robótica controlada por

¹ Publicado na versão impressa do jornal *Correio da Bahia* em 12 de junho de 2014, p. 2

pensamentos. Na verdade, este acontecimento é fruto de uma ideia de praticamente uma vida, e tem um singelo nome: projeto Andar de Novo (*Walk Again* em inglês).



Figura 40 – Miguel Angelo Laporta Nicolelis (n. 1961), cientista e médico brasileiro²

Fonte: Chris Hildreth, imagem cedida ao autor por Miguel Nicolelis.

A handwritten signature in black ink that reads "Miguel Nicolelis".

A ciência é feita de previsões, testes e exaustivas repetições. Está previsto há muitos meses que um (ou uma) jovem brasileiro(a) da Associação de Assistência à Criança Deficiente³ entre 20 e 35 anos, com paralisia dos membros inferiores causada por lesão medular total deverá dar o chute inicial na bola Brazuca. Qualquer dúvida sobre esta ideia original, ela está escrita no delicioso livro do professor Nicolelis⁴: *Muito Além do Nosso Eu – A Nova Neurociência que Une Cérebro e Máquinas, e Como Ela Pode Mudar Nossas Vidas*, editora Companhia das Letras, publicado no ano de 2011.

A conquista completa um trabalho de cerca de 30 anos de pesquisas na área de neurociência e uma década e meia de pesquisa com interfaces cérebro-máquina (ICM), tecnologia que possibilita a troca de sinais entre o cérebro e um equipamento robótico, captando, decodificando

² Veja mais em: <www.nicolelislab.net>.

³ Ver em: <www.AACD.org.br>.

⁴ NICOLELIS, M. *Muito Além do Nosso Eu – A Nova Neurociência que Une Cérebro e Máquinas, e Como Ela Pode Mudar Nossas Vidas*. São Paulo: Companhia das Letras, p. 536, 2011.

e interpretando sinais da atividade elétrica dos neurônios responsáveis pelo controle motor e acionando o equipamento. Na prática, as ICMS transformam os pensamentos em comandos digitais que as máquinas podem entender. *Chips* minúsculos colocados no cérebro ou na medula do paciente vão captar os sinais gerados pelo cérebro e transformá-los em comandos como “levantar”, “mover o pé à frente” ou “chutar a bola” – tudo isto no país do futebol!



Figura 41 – Um exo-esqueleto para aplicações militares desenvolvido pela DARPA⁵

Fonte: Wikimedia Commons.

Em ciência, os limites são sempre metas a serem atingidas, assim como o gol. O sonho de devolver a mobilidade a pessoas incapacitadas por lesões medulares está bastante próximo da realidade. De fato, as ICMS já foram testadas no tratamento de doenças como *Parkinson*, com resultados bastante promissores. O Projeto Andar de Novo é um consórcio formado por mais de 150 cientistas, engenheiros, técnicos e pessoal de apoio de universidades e institutos de pesquisa distribuídos pelo mundo, coordenado pelo neurocientista brasileiro.

Aos mais céticos, os resultados dos testes efetuados até agora serão apresentados à comunidade científica por meio de publicação em revistas especializadas nos próximos meses. Certamente o primeiro chute na bola, na Arena Corinthians, mais conhecida como Itaquerao, tornará muito

5 *Defense Advanced Research Projects Agency.*

mais famoso um grande brasileiro, professor, pesquisador e sonhador. Parafraseando um célebre locutor esportivo, poderíamos dizer: “- É gol do Brasil, gol da ciência brasileira, gol de Nicoletis!”

Figura 42 – Diagrama esquemático do experimento do Prof. Nicoletis e colaboradores sobre o controle da mente por uma máquina



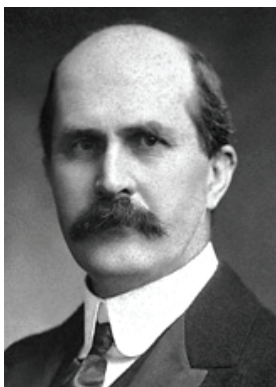
Fonte: Nicoletis (2011), adaptado pelo autor.⁶

⁶ Neste experimento, a macaquinha Aurora movimentava um cursor (ou *joystick*) na forma de bastão à esquerda. O objetivo era fazer um gol num jogo de *videogame* elaborado para tal teste, mais precisamente fazer com que uma bola menor fosse inserida numa região da tela (bola maior). O prêmio consistia em degustar uma gotinha de suco de laranja sempre que marcasse um gol através de um sistema automático que liberava sempre que ela conseguia um tento. Seus pensamentos foram monitorados por eletrodos cuidadosamente implantados no cérebro de Aurora, registrados e repetidos por um braço e mão robóticos (à direita) em seus mínimos detalhes. O mais surpreendente ocorreu quando o *joystick* foi retirado e a macaca continuou a jogar apenas observando a tela e desejando realizar os movimentos a partir da atividade cerebral captada, pensamentos estes transferidos diretamente ao braço robótico através da interface cérebro-máquina (ICM).

Um Prêmio Nobel de pai para filho e o Ano Internacional da Cristalografia¹

O ano de 2014 é considerado o Ano Internacional da Cristalografia segundo as Nações Unidas, pois há cem anos pai e filho descobriram como identificar a estrutura dos átomos e moléculas que compõem boa parte da matéria (dita sólida) a partir do uso dos raios X. Ambos foram agraciados com o Prêmio Nobel e fundaram um ramo de pesquisas denominado *cristalografia*, componente curricular fundamental para a ciência e engenharia modernas e para o futuro do planeta, conforme esclarecido adiante.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 21 de agosto de 2014.



W H Bragg

Figura 43 – Retrato oficial de William Henry Bragg (1862-1942), em 1915 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.



W L Bragg

Figura 44 – Retrato oficial de William Lawrence Bragg (1890-1971) em 1915 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.



M. v. Laue

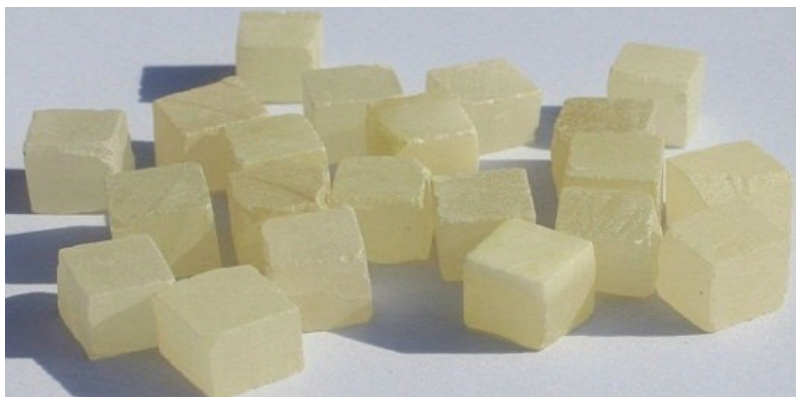
Figura 45 – Retrato oficial de Max Theodor Felix von Laue (1879-1960) em 1914 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Mais precisamente, a data é uma homenagem ao centenário do descobrimento da chamada “Cristalografia de Raios X”, que permite estudar e analisar a estrutura dos cristais e suas aplicações, graças aos trabalhos dos Prêmios Nobel William Henry Bragg (1862-1942) e do seu filho William Lawrence Bragg (1890-1971). Ambos se basearam nas incríveis descobertas do também Prêmio Nobel Max Theodor Felix von Laue (1879 - 1960).

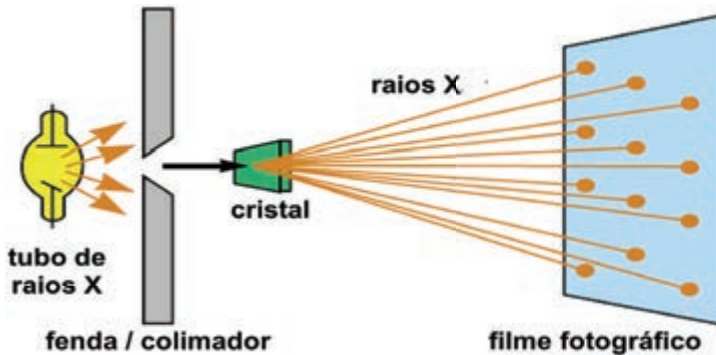
Tudo começou no verão de 1912, quando um recém-graduado em física de 22 anos foi visitar a família nas férias. Seu pai, o também físico William H. Bragg havia lido uma correspondência científica descrevendo uma dramática descoberta do pesquisador alemão Max von Laue. Esta consistia nas primeiras observações dos colegas alemães Walter Friedrich (1883-1968) e Paul Karl Moritz Knipping (1883-1935) a respeito do fenômeno da difração de raios X por um cristal, mais precisamente o mineral sulfeto de zinco (ZnS).

Figura 46 – Cristais de ZnS (estrutura similar ao cristal de cloreto de sódio, modernamente reconhecido como cúbica de faces centradas)



Fonte: acervo do autor.

Figura 47- Aparato experimental de Laue²



Fonte: elaborada pelo autor.

Havia uma verdadeira febre de pesquisas envolvendo estes misteriosos raios X (por isto o nome), descobertos pela primeira vez em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) e de imediata aplicação em medicina, por poder visualizar o interior da matéria (animada ou inanimada), como os ossos da palma de uma mão. Não à toa, Röntgen foi agraciado com o primeiro Prêmio Nobel, em 1901, mas curiosamente nunca patenteou sua descoberta de raios que simplesmente *a-tra-ves-sa-vam a ma-té-ri-a*, e eram invisíveis! A razão do porquê atravessam a matéria se deve ao fato que o comprimento da onda de raios X tem o tamanho de pequenos átomos, que também corresponde ao tamanho do espaçamento interatômico na matéria, da ordem de 10^{-9} cm (um bilionésimo ou ainda um milésimo de milionésimo do centímetro). Este pequeno tamanho, nanométrico, equivale a dividir um centímetro em um bilhão de partes.

Similar à obtenção de imagens dos ossos de uma mão por raios X descobertos por Röntgen, Laue substituiu o aparato que era aplicado

2 Neste aparato, um tubo de raios X emite ondas de diversos comprimentos λ , é colimado por uma fenda e atinge um cristal. Ao atravessá-lo, os raios X são difratados, criando pequenas manchas (*spots*) em disposições regulares e igualmente espaçadas num filme fotográfico. Mais informações em: FRIEDRICH, W; KNIPPING, P; LAUE, M. *Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen* (Fenômenos de Interferência com Raios X). *Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, Munchen, v. 8, p. 303-322, 1912.

à visualização do interior do corpo humano por simples cristais de rochas e minerais. O procedimento consistia no uso de um tubo de raios X, que emitia ondas de diversos comprimentos λ , era colimado por uma fenda e atingia um cristal. Ao atravessá-lo, os raios X eram difratados, criando manchas (*spots*), pequenos pontos, alguns maiores, outros menores. Certas manchas eram menos circulares (i.e., mais elípticas) e se distribuíam em curiosas disposições geométricas, *regulares*, bastante espaçadas entre si, de forma *simétrica* num filme fotográfico.

Pois bem: Lawrence, o filho, ao acompanhar os experimentos do pai, Henry, teve uma ideia *revolucionária* – imaginou que os resultados de von Laue poderiam ser interpretados como provenientes da reflexão de tais raios por planos de átomos numa disposição cristalina e, por conseguinte, regular, geométrica. Ele idealizou que as observações dos raios X serviriam de evidência do *arranjo* atômico num cristal.

Esta hipótese deveria ser testada.

E foi, resultando em Prêmios Nobel para esta tríade.

Interlúdio: a beleza e simetria das rochas e cristais sempre fascinaram por gerações. O físico inglês Robert Hooke (1635-1703) foi um dos primeiros a estabelecer relações entre a forma externa de um cristal e sua estrutura interna [entenda-se átomos, embora o termo somente fosse largamente utilizado quase dois séculos depois pelo químico inglês John Dalton (1766-1844)]. Em 1784 o mineralogista francês René Just Haüy (1743-1822) propôs que os cristais poderiam ser vistos como uma espécie de agrupamento ou empacotamento de unidades muito menores (i.e., átomos) em estruturas regulares. Portanto, a noção de átomo pode ser atribuída diretamente da cristalografia, e não somente da concepção do sábio grego Demócrito de Abdera (460 a.C. - 370 a.C.) de que tudo o que existe é composto por elementos indivisíveis chamados átomos (α = sem; $\tau\omicron\mu\omicron$ = partes).

Hoje sabemos que um material cristalino é aquele em que os átomos estão de fato posicionados em um arranjo repetitivo (regular, ou ainda periódico) ao longo de distâncias atômicas. Por sinal, algumas propriedades dos sólidos cristalinos dependem da sua estrutura, ou seja, da maneira pela qual átomos (íons, moléculas) estão espacialmente arranjos.

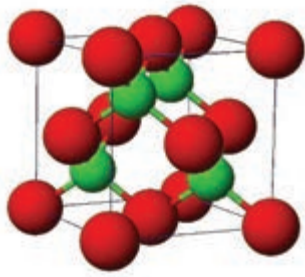


Figura 48 – Esquema da estrutura atômica do sulfeto de zinco (ZnS)³

Fonte: elaborada pelo autor.

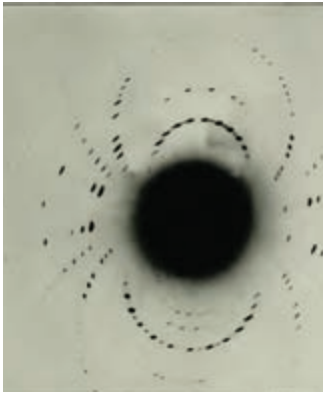


Figura 49 – Fotografia dos Braggs do resultado da difração do sulfato de níquel⁴

Fonte: Wikimedia Commons.

Na descrição das estruturas cristalinas os átomos (ou moléculas, ou ainda íons) são considerados como esferas sólidas/rígidas, de diâmetro definido (esta particular visão também foi concebida por Dalton em 1808), embora isto não seja obviamente de todo verdade – uma boa parte dos átomos tem formatos bem diversos de uma esfera.

A tese defendida por von Laue foi a seguinte: “se muitos sólidos são formados por um arranjo periódico de átomos (cristais) e se os raios X são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda λ comparável ao espaçamento interatômico, quando um feixe de raios X incidir sobre um cristal

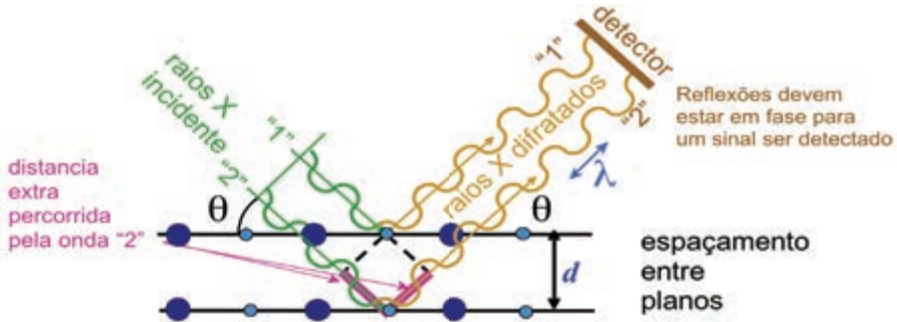
3 Esta disposição regular de átomos é reconhecida em cristalografia como estrutura cúbica de faces centradas.

4 Esta imagem revelou manchas (*spots*) de diversas formas e intensidades regularmente espaçadas. Baseado no livro de: BRAGG, W. H.; BRAGG, W. L. *X Rays and Crystal Structure* (Raios X e Estrutura Cristalina). London: G. Bell and Sons, p. 260, 1915.

deve, para determinadas condições, ocorrer interferência construtiva de tais ondas ou raios (e a partir disto surge o fenômeno da difração)”. Como na praia, ondas podem se combinar de formas construtivas ou destrutivas (neste último caso elas podem se anular, por estarem em fases opostas). A partir de um filme fotográfico de Laue foi possível deduzir a estrutura cristalina analisando as posições e intensidades dos vários pontos distribuídos a partir dos raios X que literalmente atravessam a matéria.

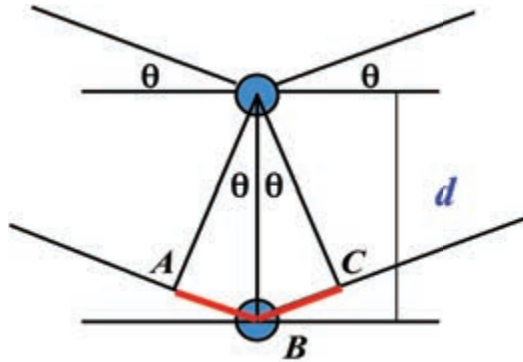
Já a ideia central de Bragg foi a de que átomos poderiam servir literalmente como “espelhos” aos raios X, pois ao formarem planos atômicos, espalhariam tal luz. Assim ambos, pai e filho, propuseram um experimento envolvendo um equipamento relativamente diferente, denominado modernamente de difratômetro – desta forma, um raio X de um comprimento de onda específico λ não atravessaria todo o cristal, mas *parcialmente*, como se este estivesse refletindo-o. Ao se coletar as intensidades do que era refletido pelo cristal, publicaram artigos científicos-chave em 1912 e 1913: em um deles, Lawrence demonstrou as estruturas dos cristais de cloreto de sódio, cloreto de potássio, brometo de potássio e iodeto de potássio; o segundo, escrito junto com seu pai, detalhava a estrutura dos átomos do diamante. Lawrence deduziu a principal e uma das mais simples equações da cristalografia moderna. Tal fórmula comprovava a existência de partículas organizadas numa escala atômica, suas posições relativas e ao mesmo tempo fornecia uma nova ferramenta para o estudo de cristais.

Figura 50 – Representação esquemática do experimento dos Braggs⁵



Fonte: ilustração do autor.

Figura 51 – Detalhamento da geometria do espaçamento entre planos de átomos⁶



Fonte: ilustração do autor.

- 5 A interação de um par de raios X incidentes e difratados numa rede de átomos, indicados por esferas. Lawrence demonstrou que a diferença de caminhos dos dois raios X da figura é $AB + BC = 2AB$, que é igual a $2d \sin \theta$ por simples trigonometria. Tendo o raio X um comprimento de onda de tamanho λ , este deve literalmente caber dentro do caminho AC, logo para tal espaçamento deverá haver apenas uma onda λ , ou duas, ou três... Pode-se então atribuir um número inteiro n de comprimentos de onda, $n\lambda$, que deve se ajustar a este espaçamento entre os pontos A e C. Em geral, n vale 1.
- 6 Os planos atômicos estão separados por uma distância d . Note a existência do caminho extra ABC que o raio X deve atravessar penetrando na matéria em comparação com o feixe incidente da camada superior de átomos.

Desta forma foi deduzida a principal e uma das mais simples equações da cristalografia moderna: $n\lambda=2d\text{sen}\theta$ por um jovem de pouco mais de vinte anos. De fato, a fórmula dos Braggs comprovava a existência de partículas organizadas numa escala atômica e ao mesmo tempo fornecia uma nova ferramenta para o estudo de cristais.

Assim, Max von Laue foi agraciado com o Prêmio Nobel de 1914 “pela sua descoberta da difração de raios X por cristais”. No ano seguinte foi a vez dos dois Williams: Henry e Lawrence, pai e filho, “pelos serviços na análise da estrutura cristalina por meio de raios X”. Para que não restem dúvidas, o comitê Nobel admitiu que as descobertas fundamentais e interpretações partiram do jovem *somente*.

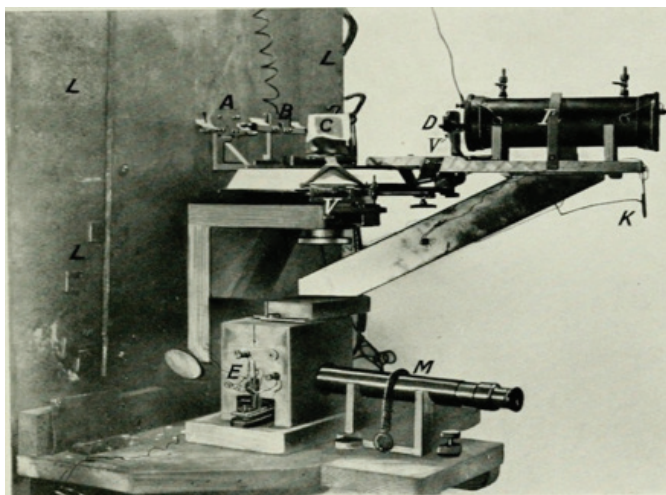
A proposta de Bragg com o passar dos anos mostrou-se muito mais prática para se determinar a estrutura cristalina de materiais sólidos, e a partir destas informações explicar as propriedades dos materiais. Sem dúvida, o método proposto pelos Braggs é ainda o coração da moderna cristalografia de raios X. Hoje a técnica encontra-se completamente automatizada, com sofisticados e ultrassensíveis detectores de raios X e associada a algoritmos (*softwares*) de análise de dados envolvendo centenas de milhares de estruturas já cadastradas.

O Ano da Cristalografia tem como ponto de partida a comemoração de uma disciplina que sustenta todas as ciências, porque os cristais estão em toda parte: seja num floco de neve, num grão de açúcar, nos novos materiais sintéticos, nos minerais, nas proteínas ou no DNA. Por sinal, a estrutura de dupla hélice do DNA foi definida pela técnica de cristalografia de raios X por James Dewey Watson (*n.* 1928) e Francis Harry Compton Crick (1916 - 2004) em 1953 (trabalhando no laboratório de W. Lawrence Bragg!). Pelo resultado, ambos receberam o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1962 “por suas descobertas sobre a estrutura molecular dos ácidos nucleicos e seu significado para a transferência de informação em material vivo”.

Alguns dos principais objetivos da comemoração do *Ano Internacional da Cristalografia* consistem em reforçar as capacidades dos países em desenvolvimento, compartilhando tecnologias e experiência, e impulsionar a cooperação internacional e as relações entre cientistas e políticos com representantes do setor privado. No entanto, apesar de ser a “coluna

vertebral” de indústrias como a farmacêutica, a agroalimentar, a informática, a espacial, a aeronáutica e a mineradora, entre outras, e também ser conhecimento essencial na criação de quase todos os novos materiais, ainda há, após cem anos, grandes obstáculos a superar, como a ainda pequena inserção de profissionais de exatas que dominam esta técnica, em geral ensinada, principalmente, em institutos e faculdades de física, química e em algumas engenharias. De fato, a cristalografia é um conhecimento essencial para o desenvolvimento sustentável e para enfrentar os desafios mundiais da fome, da água, do meio ambiente, da energia e da saúde. A obtenção de novos fármacos, novos materiais para produção de energia limpa, para aplicação em reuso da água por meio de filtros “inteligentes”, e da nanotecnologia passa pela compreensão de como os componentes das substâncias se unem, se ligam, criando estruturas atômicas únicas.

Figura 52 – Equipamento utilizado pelos Braggs para determinação das estruturas cristalinas de diversos cristais⁷



Fonte: Wikimedia Commons.

⁷ Publicado no livro: BRAGG, W. H.; BRAGG, W. L. *X Rays and Crystal Structure* (Raios X e Estrutura Cristalina), G. Bell and Sons, London, p. 260, 1915, plate II. O cristal encontra-se localizado em “C”. Um dos mais célebres artigos dos Braggs havia apresentado a estrutura do diamante: BRAGG, W. H.; BRAGG, W. L. *The Structure of*

O desenvolvimento precisa de inovação científica, e na maioria dos casos, é preciso aplicar os usos da cristalografia, pois a compreensão das formas básicas da matéria pode levar a melhorar o desenvolvimento da engenharia de novos materiais e, por conseguinte, uma mudança no futuro do planeta.

É importante frisar que, em verdade, foram quase duas dúzias de Prêmios Nobel distribuídos para trabalhos relacionados à cristalografia de raios X, que curiosamente iniciou no primeiro prêmio, cedido de forma indiscutível à espetacular descoberta de Röntgen. O último Prêmio Nobel a envolver raios X foi entregue em 2009 à Venkatraman Ramakrishnan (n. 1952), na categoria química, “pelos estudos da estrutura e função dos ribossomos”, dessa forma, a elucidação de alguns dos mistérios envolvendo certos “processos centrais da vida” – a saber, a tradução, realizada pelo ribossomo, da informação contida no DNA. O ribossomo tem então a importante tarefa de traduzir o código genético para a produção de proteínas, que são os blocos de construção da vida. Assim, os ribossomos produzem proteínas, que por sua vez controlam a química de todos os organismos vivos.

the Diamond (A Estrutura do Diamante). *Proceedings of the Royal Society*, London, v. 89, p. 277-291, 1913.

Figura 53 – Encontro entre prêmios Nobel (da esquerda para direita): Walther Hermann Nernst (Química, 1920), Albert Einstein (Física, 1921), Max Karl Ernst Ludwig Planck (Física, 1918), Robert Andrews Millikan (Física, 1923) e Max Theodor Felix von Laue (Física, 1914), na casa deste último em Berlim, 11 de Novembro de 1931



Fonte: Wikimedia Commons.

Como os ribossomos são cruciais para a vida, também se tornaram um alvo preferencial para o desenvolvimento de novos antibióticos. Em outras palavras, as pesquisas deste particular cientista puderam gerar modelos tridimensionais a nível atômico que mostram como diferentes antibióticos se ligam ao ribossomo, desativando bactérias, por exemplo.

A cristalografia de raios X consiste então numa incrível técnica que pode prever onde se encontram, inferir quem são e como se conectam as unidades da matéria numa determinada estrutura. E seus resultados se assemelham à máxima do apóstolo São Tomé: de “Ver para Crer”, mais precisamente em ciência e engenharia de materiais.

Figura 54 – Equipe do Prof. William Henry Bragg (ao centro) em 1931.
Na extremidade direita, o russo Georgiy Antonovich Gamov (1904- 1968)



Fonte: Wikimedia Commons.

Tal técnica persiste, portanto, como a mais simples e poderosa ferramenta analítica para cientistas das mais diversas áreas, como física, química, biologia, medicina, materiais, ciências da terra bem como muitas das engenharias. E Lawrence Bragg persiste como o mais jovem a receber o Prêmio Nobel, aos vinte e cinco anos, junto com seu pai.

Sobre o iPhone e a arte de produzir vidros inquebráveis (ou quase)¹

Não existe vidro inquebrável. Aliás, não existe nenhum material que ainda possa ser considerado inquebrável. Tecnicamente, vidros são considerados materiais *frágeis*. Fragilidade significa simplesmente uma pequena resistência ao impacto, a uma pancada, por exemplo, realizada por um martelo. Na verdade, este é o nome de um procedimento muito utilizado em engenharia, chamado *Teste Charpy*, em homenagem ao químico e engenheiro mecânico francês Georges Augustin Albert Charpy (1865 - 1945), criador do famoso teste de impacto.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia*, em 1 de setembro de 2014.

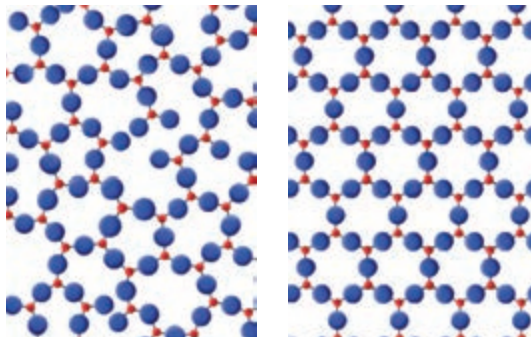
Figura 55 – Diagrama esquemático do teste de impacto Charpy. Um material qualquer pode ser testado ao ser posicionado neste dispositivo e sofrer o impacto de um martelo que gira sobre um determinado eixo a partir de uma altura inicial conhecida h . A altura final h' determinará a rigidez.



Fonte: Elaboração do autor.

Importante ressaltar que fragilidade não é o contrário de dureza. Esta é a medida da capacidade de um material riscar o outro, i.e., retirar partículas de uma superfície. O diamante riscar o vidro, mas o vidro não riscar o diamante. Logo, diz-se que o diamante é *duro* em relação ao vidro. Só que o vidro pode riscar, por exemplo, a madeira, enquanto o contrário nem sempre ocorre (claro que depende do tipo de madeira...).

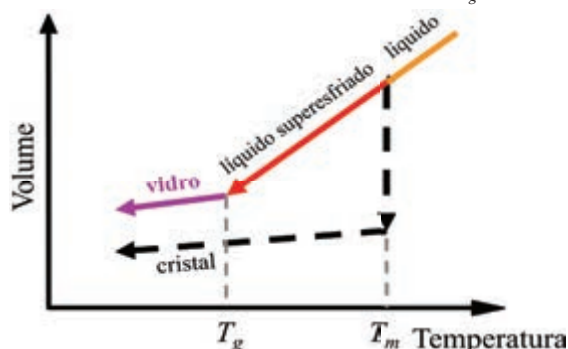
Figura 56 – Esquema de uma estrutura cristalina (ou regular) e de seu equivalente vítreo (irregular ou amorfo)²



Fonte: Elaboração do autor.

2 Esquema proposto pela primeira vez no trabalho científico de: ZACHARIASEN, W. H. The Atomic Arrangements in Glass (Arranjos Atômicos no Vidro). *Journal of the American Chemical Society*, v. 54, p. 3841-3851, 1932.

Figura 57 - Definição da temperatura de transição vítrea T_g^3



Fonte: Elaboração do autor.

Por definição, vidro é um sólido não-cristalino, ou ainda uma espécie de líquido congelado rapidamente. A maioria dos vidros é produzida a partir do resfriamento rápido de certos materiais, como a areia da praia (somente é necessário um forno a altíssima temperatura). No entanto, é possível fazer um certo tipo de vidro em casa. Com o auxílio de um adulto experiente na cozinha, basta seguir uma velha receita de vidro – é necessário apenas açúcar (e água, se quiser). Sob fogo baixo (sem deixar caramelizar, numa temperatura de aproximadamente 70°C) procure mexer com uma colher o açúcar. Assim que o material estiver líquido, jogue o conteúdo da panela numa forma de metal de maneira a resfriá-lo rapidamente. Assim você irá obter um vidro não muito diferente da composição que usam em cinema para cenas que envolvem estes materiais (principalmente garrafas, copos e pedaços de vidros) – quebram mais facilmente e não machucam (muito). De quebra, você tem também uma bola de açúcar...

Voltando ao teste de resistência à quebra, existe um vidro que pode resistir aos impactos – comercialmente são vendidos materiais com a terminologia de vidro *temperado*, que é cerca de três a cinco vezes mais resistente que os comuns e usados em pratos, cabines telefônicas ou mesmo *boxes* para banheiros. Há também o chamado vidro *blindado*, que além de

3 Materiais no estado líquido se cristalizam na temperatura de fusão T_p em geral diminuindo rapidamente seu volume em situações normais. No entanto, se o resfriamento for rápido, o líquido passa por um estado de superesfriamento e se torna vidro pouco tempo depois. A inflexão desta transição entre superesfriado e vítreo corresponde à T_g e a variação total do volume é relativamente menor.

vidro, é composto de um sanduíche onde existe no meio um polímero, chamado policarbonato, tão transparente como o vidro, junto com outros dois tipos de plástico. Muito aplicado em janelas de carros que requerem segurança, não quebra se for atingido por um tiro de arma comum, mas não resiste a um tiro de fuzil, por exemplo.

Figura 58 - Uma ilustração da produção medieval de vidros junto ao poço de Mêmnon⁴



Fonte: Cortesia The British Library.

- 4 “Livro Ilustrado das Viagens de Sir John Mandeville”, c. 1410, *folium* 16, provavelmente da Boêmia, República Checa. O desenho mostra uma antiga vidraria em operação e todo o processo de produção. Na parte inferior à direita, um jovem alimenta um forno com madeira ou carvão por uma pá. Próximo a ele, um vidreiro manipula o material fundido num cadinho por meio de uma tenaz. Outro, um soprador, através de uma *cana* (tubo metálico) conforma um material vítreo incandescente, moldando-o na forma de um vasilhame. Na parte inferior à esquerda, alguém acrescenta ou mesmo retira vidros sob recozimento num outro forno anexo, à temperatura mais baixa. Na parte interna da vidraria, alguém analisa e / ou estoca os produtos elaborados. Na parte superior trabalhadores recolhem e transportam areia para produção de vidros, provavelmente acrescentando cinzas de plantas para diminuir o ponto de fusão. Cortesia: *British Library*, Londres, Reino Unido. Disponível em: <www.bl.uk>.

Mas o vidro mais resistente já produzido pela indústria tem o singelo nome de “vidro gorila” (*gorilla glass* em inglês). A empresa americana Corning Inc.,⁵ grande fabricante de vidros com sede em Nova York, o produzia desde a década de 1960, mas com outro nome: Chemcor. Na verdade consiste num vidro relativamente comum (tecnicamente é um vidro álcali-aluminossilicato) que passa por um processo de troca química (iônica) para fabricar um tipo de vidro altamente resistente a impactos. Submerso em uma solução de sais de potássio a temperaturas de 400 °C, isso permite com que os íons de sódio presentes no vidro sejam substituídos por íons potássio da solução a partir da superfície; estes, por serem maiores, deixam menos espaço entre cada átomo, criando uma camada muito mais densa e resistente. Portanto, a troca de íons produz uma camada de compressão na superfície do vidro, tornando-o um material de melhor qualidade. De fato, em comparação a outros materiais, ele seria praticamente tão duro quanto o titânio, quase equivalente à safira, e perdendo apenas para o diamante. Porém, o mercado para este tipo de vidro era bastante restrito a alguns setores como aviação, automotivo e farmacêutico, e a Corning decidiu parar de fabricá-lo depois de quase 30 anos.

Nestes dias que antecedem o lançamento de uma nova versão do iPhone, é importante destacar que este vidro especial é o carro chefe quando o assunto é proteger dispositivos portáteis, sejam *smartphones*, *tablets*, *notebooks*... sendo considerado praticamente *indestrutível* – importante frisar: pelo *marketing*, mas não pela ciência e engenharia.

Tudo mudou quando, certo dia, o empresário e inventor americano Steven Paul Jobs (1955-2011) estava pesquisando sobre a qualidade e resistência ao impacto de vidros na tela do primeiro iPhone, e um amigo lhe sugeriu procurar o presidente da Corning, Wendell Weeks (n. 1959), para ver se eles fabricariam o vidro que ele precisava. As características básicas eram de algo como um supervidro: duro, leve e bastante delgado, como uma folha de papel, relativamente maleável, com brilho ainda por cima reciclável – como são os vidros. Depois de saber que a empresa tinha esta invenção engavetada desde a década de 1990, Jobs insistiu que fosse

5 <www.corning.com>.

retomada a produção para equipar o novo celular da Apple. Detalhe: isso tudo no prazo de seis meses.

Weeks ficou perplexo ao ouvir isso, achando impossível o pedido. Além das dificuldades técnicas, a Apple nunca tinha feito um celular antes e o investimento todo poderia ser uma grande perda de tempo. Weeks então afirmou que não havia capacidade, pois nenhuma das fábricas produzia tal vidro.

Óbvio que Jobs não aceitou um não como resposta e respondeu com um singelo “- Não tenha medo. Você consegue”.

Figura 59 – Este detalhe da pintura do artista holandês Jan van Eyck (c. 1390-1441): *Madona com criança e com padre Joris van der Paele* (1434/1436)⁶



Fonte: Wikimedia Commons.

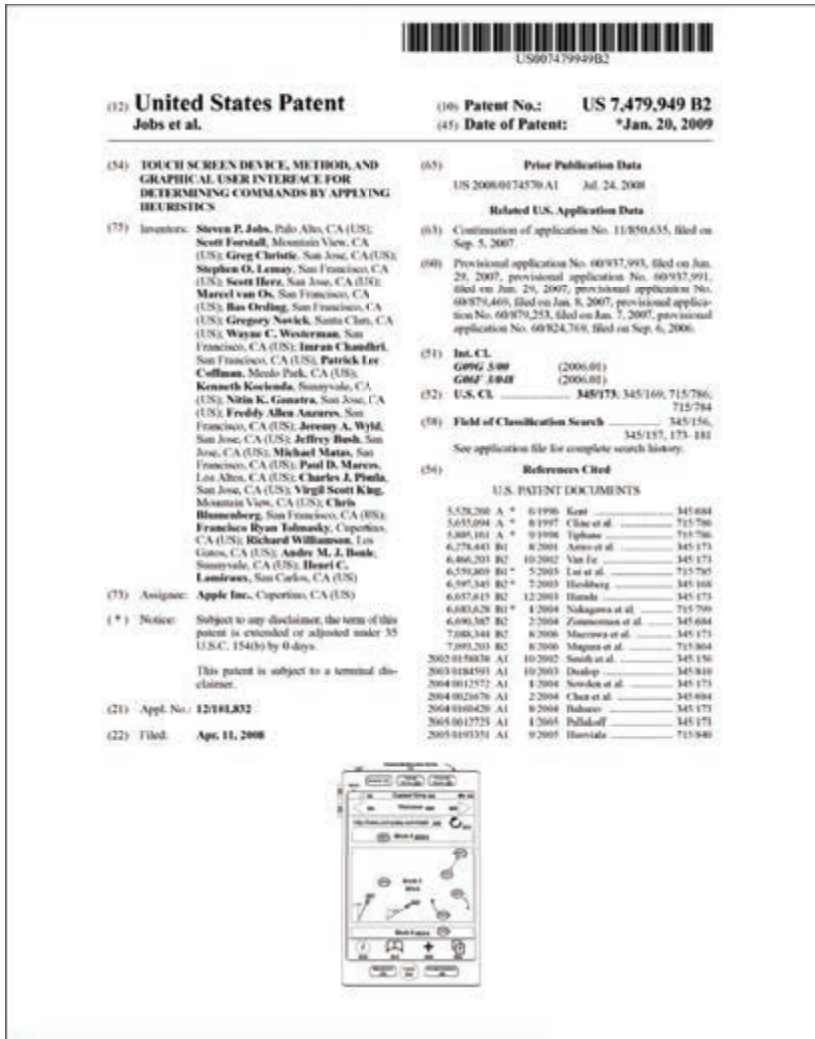
A incrível capacidade de Jobs em convencer as pessoas a fazer algo que parece impossível funcionou mais uma vez e, seis meses depois, o iPhone era lançado em meados de 2007, como sendo o primeiro celular a trazer o vidro gorila na sua tela.

Desta forma, Weeks passou a produzir um vidro que de fato nunca tinha sido feito em grande escala. A fábrica da Corning em Harrodsburg, Kentucky, que fazia telas de cristal líquido, foi convertida quase da noite

⁶ Esta obra apresenta a mais antiga descrição de lentes côncavas para miopia. Tal invenção abriu caminho na Europa para o uso de lentes convexas de vidro um século e meio depois. Cortesia: *Groeningemuseum*, Bruges, Bélgica.

para o dia para a produção do vidro gorila em tempo integral. Para tanto foi necessário integrar equipes com os melhores cientistas e engenheiros trabalhando nisso. Com tecnologia e composição novas, o vidro gorila foi então relançado já em fins de 2006, e em 2010 já era aplicado em aproximadamente 20% dos dispositivos móveis no mundo (como em alguns modelos da LG, Motorola, Asus, Nokia e Samsung, entre outros – além, é claro, do iPhone), com cerca de 200 milhões de unidades produzidas. Atualmente, a Corning é capaz de fabricar o vidro gorila com espessuras que vão de 0,5 mm até 2 mm, ou seja, quase tão fino quanto um fio de cabelo ou mesmo uma folha de papel. Com isso, também existe a vantagem de que ele é muito mais leve e maleável que os vidros comuns. O material está agora na sua terceira geração, mas é importante lembrar: ele ainda pode quebrar!

Figura 60 – Patente americana US 7,479,949 de Jobs et al., de 364 páginas para o iPhone, submetida em 11 de abril de 2008 e aprovada em 20 de janeiro de 2009⁷



Fonte: The United States Patent and Trademark Office (USPTO).

- 7 Na parte de baixo na patente encontra-se indicado um esquema do aparelho com suas funções mais gerais. A empresa tem centenas de patentes depositadas ao redor do mundo, protegendo as tecnologias desenvolvidas, como por exemplo a patente de *design* do iPhone (US D 672,769S, submetida em 4 de outubro de 2011 e aceita em 18 de dezembro de 2012).

Em seu escritório, Wendell Weeks possui na parede uma mensagem de Steve Jobs emoldurada, enviada no dia do lançamento do primeiro iPhone: “- Não teríamos conseguido sem você” (“*We couldn't have done it without you*”). Esta e outras interessantes histórias podem ser lidas no curioso livro *Steve Jobs - A Biografia*, do jornalista e escritor americano Walter Isaacson (n. 1962), publicado pela editora Companhia das Letras em 2011.

Shiguelo Watanabe

90 incríveis anos de ciência,
ensino & matemática¹

No último dia 4 de abril, uma sexta feira, o físico brasileiro Shiguelo Watanabe comemorou 90 anos de vida fazendo o que mais gosta: *trabalhando*, mais precisamente ministrando uma aula de pós-graduação nas dependências do Instituto de Física² da Universidade de São Paulo (USP).

Cientista de renome internacional, nascido em Araçatuba/SP, desde cedo mostrou notável capacidade para a matemática, foi o primeiro *nikkei* (descendente nascido fora do Japão) a se tornar professor titular no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). Não à toa é Presidente Honorário da Sociedade Brasileira de Pesquisadores *Nikkeis*.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 4 de agosto de 2014.

² Ver: <www.if.usp.br>



Shiguelo Watanabe

Figura 61 – Shiguelo Watanabe (n. 1924), físico brasileiro, por volta de 1950, quando ministrava aulas na Escola Estadual Nossa Senhora da Penha, SP

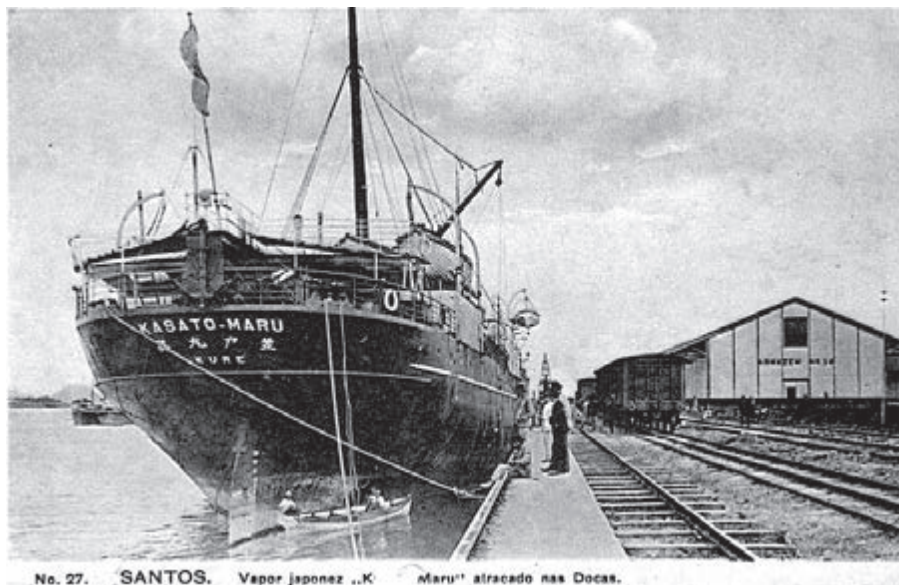
Fonte: *Cortesia* acervo da Escola Estadual Nossa Senhora da Penha, em domínio público.

De origem bastante humilde, pais lavradores, é filho dos primeiros imigrantes japoneses que abarcou no Brasil através do célebre navio Kasato Maru em 1908. Dizia que seu pai não aceitou sua escolha de pronto em se tornar um cientista; e que ele somente teve orgulho do filho quando recebeu uma bolsa para ir estudar nos Estados Unidos por dois anos e dois meses em Princeton³. Houve outras bolsas e viagens depois. Diz que foi inspirado por professores como Benedito Castrucci (1909-1995) no secundário, antigo ensino médio. Foi aluno de uma das primeiras turmas do curso de Física, mais precisamente em 1944, na então criada Universidade de São Paulo, fundada dez anos antes, que é ainda a maior e mais antiga instituição de pesquisa e ensino no país na área.

Teve aulas com os primeiros físicos brasileiros: Mario Schenberg (1914-1990), Abrahão de Moraes (1917 - 1970), Marcelo Damy de Sousa Santos (1914-2009) e Oscar Sala (1922-2010), entre outros. Casou com a matemática Renate Watanabe (n. 1930), também professora da USP, e teve dois filhos: Shiguelo Jr. e Ernesto.

³ Ver: <www.ias.edu>

Figura 62 – Kasato Maru, o navio que trouxe os primeiros imigrantes japoneses para o Brasil, atracado na doca do armazém 14 do Porto de Santos em 1908



No. 27. SANTOS. Vapor japonês „K. Maru“ atracado nas Docas.

Fonte: Wikimedia Commons.

Watanabe é *PhD* em Física Nuclear pela Universidade Washington em 1961, e foi durante um bom tempo pesquisador de física nuclear, mas a partir de 1968 atuou na área de cristais iônicos, com ênfase em minerais naturais brasileiros à base de silicatos. Trabalhou durante um bom tempo em novos materiais vítreos e vitrocerâmicos, inaugurando o primeiro simpósio nacional da área em 1995. Ingressou como professor no atual IFUSP em 1952 (substituindo Schenberg, que havia viajado para o exterior, na cadeira de Mecânica Racional), atingindo o nível de titular em 1977, tendo se aposentado em 1994. Nesse período foi chefe do Departamento de Física da antiga Faculdade de Filosofia Ciência e Letras (FFCL) e posteriormente do atual Departamento de Física Nuclear do IFUSP. Foi ainda o primeiro chefe de departamento do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares⁴ e professor emérito desde 2005.

4 Veja em: <www.IPEN.br>.



Figura 63 – Shiguelo Watanabe (n. 1924), físico brasileiro. Celebração de seus 70 anos pelo IFUSP - Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Fonte: Cortesia acervo histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Departamento de Física Nuclear.

Ainda ministra aulas com maestria, utilizando suas notas manuscritas e escrevendo com belíssimas letras cursivas no quadro-negro. Pioneiro da Física Médica no Brasil, foi homenageado no ano de 2014 com o Prêmio *Janus*, que é concedido pelo Instituto de Estudos Avançados (IEA), Pólo São Carlos, a personalidades do meio científico - outro nome ilustre a receber tal homenagem foi o prêmio Nobel de Física de 1979, Abdus Salam (1926-1996).

É autor de mais de 160 trabalhos científicos publicados em revistas de circulação nacional e internacional. Publicou diversos livros e traduções científicas de destaque, sendo o último “Primeiros Imigrantes Japoneses - Algumas Histórias”, pela Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP) em 2011. Orientou impressionantes 45 dissertações de mestrado e 30 teses de doutorado, com mais seis orientados em andamento. Para cada uma destas defesas finalizadas sempre conta “mais um” ao término.

Foi organizador de mais de uma centena de simpósios técnico-científicos e educacionais e editor dos anais desses simpósios. Fundou em 1977 e desde então organizou 21 Olimpíadas de Matemática do Estado de São Paulo que tiveram a participação de 2 milhões de alunos entre níveis fundamental e médio; oito anos depois, veio a fundar a Olimpíada de Física, e em sequência, a de Química. Foi secretário por sete vezes do Simpósio Nipo-Brasileiro de Ciência e Tecnologia. Foi Diretor Executivo da Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP)⁵ de 1976 a 1997.

5 Acesse: <www.acadciencias.org.br>

Foi o primeiro presidente da Sociedade Brasileira de Pesquisadores *Nikkeis* e da Associação Brasileira de Físicos na Medicina; e foi conselheiro do CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), da Sociedade Brasileira de Física (SBF),⁶ do Conselho de Curadores da Universidade Federal de São Carlos e do Conselho de Curadores da Fundação Adib Jatene e do Instituto de Cardiologia Dante Pazzanese.

Em 1998, em comemoração aos 90 anos da imigração japonesa no país, foi condecorado em visita ao Brasil pelo próprio Imperador Akihito do Japão (n. 1933) com a Comenda *Zuïhosho Kunsanto* (3º Grau, que é a mais alta concedida para estrangeiros) pelo grande esforço e colaboração para o desenvolvimento das relações culturais e científicas entre os países. Recebeu ainda títulos honoríficos da *John Simon Guggenheim Foundation*, nos Estados Unidos em 1961 e do *Nuclear Energy Forum*, em 1993, além da Ordem Nacional de Mérito Educativo, Grau de Grande Mestre em 2002 pelo Ministro da Educação.



Figura 64 – Marcello Damy de Sousa Santos (1914-2009), físico brasileiro, foi professor de varias gerações de cientistas, entre eles o Prof. Shiguelo Watanabe

Fonte: Cortesia Centro de Apoio à Pesquisa Histórica “Sérgio Buarque de Holanda” da Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia (CAPH).

Costuma dizer que sua principal contribuição científica foi um trabalho teórico em física nuclear que ele havia denominado “Espalhamento de Dêuterons de Alta Energia por Núcleos Complexos”,⁷ em particular envolvendo o carbono-12. O próton e o nêutron quando interagem com o núcleo do átomo de carbono apresentam cada qual um potencial elétrico. Quando o próton e o nêutron se juntam, formando o dêuteron, apresentam um potencial diferente dos potenciais individuais, e o potencial

⁶ <www.sbfisica.org.br>

⁷ WATANABE, S. *High Energy Scattering of Deuterons by Complex Nuclei* (Espalhamento de Dêuterons de Alta Energia por Núcleos Complexos). *Nuclear Physics*, v. 8, p. 484-492, 1958.

proposto para o dêuteron recebeu o nome de “Potencial de Watanabe”, merecendo destaque no meio científico.

Mas houve outras contribuições – na área de cristais iônicos, mais precisamente em datação arqueológica, realizou outra interessante descoberta: segundo pesquisas internacionais, o continente americano foi habitado por humanos há cerca de 13.000 anos. A teoria mais aceita sobre o povoamento do continente diz que o homem veio pelo estreito de Behring, entre a Rússia e o Alasca, por volta desta época.

Entretanto, análises de datação por carbono-14 feitas em amostras de carvão de restos de fogueiras encontradas no Parque Nacional da Serra de Capivara, no Piauí pela arqueóloga brasileira Niède Guidon (*n.* 1933), apontam para a idade de 50.000 anos. O prof. Shiguelo fez análises por termoluminescência e por ressonância magnética eletrônica em filetes de calcita sobre as pinturas rupestres desse Parque. Como a idade desse mineral, denominado calcita, que cobria a pintura indicava 33.000 anos, esses achados vão contra a teoria mais aceita, e tal descoberta se trata então do que se pode considerar do *primeiro brasileiro* (revista *Superinteressante*, v. 184, 2003). O Brasil tem vários destes sítios arqueológicos, um deles fica no município de Central, a 502 quilômetros de Salvador (Revista *Muito*, v. 48, 2009). Para quem nunca ouviu falar, termoluminescência é basicamente uma técnica que se utiliza da luz emitida pelos materiais quando aquecidos, e que o prof. Shiguelo estabeleceu no Brasil na década de 1970.

Figura 65 - Uma garrafa de água tônica sob luz normal, e a mesma quando iluminada por luz ultravioleta (UV), emitindo um brilho característico devido à substância quinina ($C_{20}H_{24}N_2O_2$)⁸



Fonte: Wikimedia Commons.

Intrépido, o Prof. Shiguelo fazia visitas *in loco* para coleta de materiais para datação, e numa destas, já aposentado, contraiu leishmaniose cutânea. Felizmente, conseguiu identificar e diagnosticar rapidamente o problema, encontrando uma solução a partir de um colega infectologista da própria universidade.

Mas de fato uma de suas maiores contribuições é a descoberta de jovens talentos, que sempre fala com muito orgulho. Na qualidade de diretor executivo da Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), ao realizar tantas Olimpíadas de Matemática, descobriu um filho de operário de São Bernardo do Campo que se classificou por duas vezes em primeiro lugar na Olimpíada Nacional e por duas vezes em primeiro lugar na Olimpíada Internacional. Ao entregar o prêmio, o pai deste rapaz, muito

⁸ Muitas substâncias brilham sob condições como aquecimento (termoluminescência), como o diamante, ou ainda sob presença de luz (fluorescência). Ou seja, a quinina responde emitindo luz ao ser excitada por uma radiação (outra fonte de luz, enquanto houver estímulo).

emocionado, disse que seria o último ano de seu filho estudando, pois precisaria dele para auxiliar nas despesas da família e teria que trabalhar, pois era de origem bastante humilde. O prof. Shigueo conseguiu uma bolsa de estudos equivalente a um salário mínimo para o jovem não precisar trabalhar. Pouco tempo depois, uma escola do Rio de Janeiro o adotou (com outra bolsa de estudos), ele prestou exame vestibular para o Instituto Militar de Engenharia (IME) e passou em primeiro lugar, ganhando um fusca (e a escola, obviamente, um bom *marketing* sobre a conquista deste estudante). O mesmo chegou a terminar os estudos de graduação, deu prosseguimento, defendendo um doutorado nos Estados Unidos e hoje é professor do IME. Para ajudar outras crianças inteligentes e de origem humilde, efetivou uma bolsa de estudos que ajudou cerca de 300 estudantes, e continua até hoje. Um destes bolsistas recebeu suporte desde a 7ª série do ensino fundamental e passou no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Era esta então uma de suas metas: implementar bolsas para que alunos de baixa renda bastante inteligentes pudessem completar seus estudos e tivessem a oportunidade de ingressar em uma universidade pública de alto nível. Importante frisar, embora não goste de admitir, que muitas vezes tirou dinheiro do próprio bolso para auxiliar estudantes carentes.

Figura 66 – Visita do Prof. Shigueo Watanabe ao Largo do Pelourinho, Centro Histórico de Salvador, Bahia, após participação no 47º Congresso Brasileiro de Geologia, em setembro de 2014



Fonte: acervo do autor.

Muitos colegas gostam de lembrar com saudade da personalidade de professores e cientistas que nos deixaram. O prof. Shiguelo não é somente uma lembrança – muito pelo contrário, continua firme, forte e atuante, realizando pesquisas de ponta, orientando alunos, publicando trabalhos. Nomes como o de Shiguelo Watanabe, um brasileiro como poucos, deveriam ser sempre lembrados em nosso país, homenageando suas importantes contribuições para a ciência, ensino e matemática. Como disse certa vez um aluno seu desejando vida longa e próspera, *banzai*, professor!

Figura 67- A obra do pintor americano Charles Robert Knight (1874-1953) de 1920: *Cro-Magnon artists painting in Font-de-Gaume* (“Artistas Cro-Magnon pintando na [Caverna de] Font de Gaume”, no sudoeste da França)⁹



Fonte: Wikimedia Commons.

⁹ A ilustração mostra antepassados do *Homo Sapiens* numa caverna e suas artes rupestres, como alguns mamutes. Devido a condições geológicas, em alguns locais, com o passar dos anos, tais rochas pintadas são recobertas por filetes do mineral calcita (CaCO_3), que é termoluminescente. Tal material, cuidadosamente recolhido das pinturas, pode servir de base para datações arqueológicas, uma das especialidades do Prof. Shiguelo Watanabe. Cortesia: acervo do Museu Americano de História Natural (*American Museum of Natural History*): <www.amnh.org>.

As forças que unificam as coisas no mundo¹

Das quatro forças fundamentais que a física tem conhecimento, a *gravitacional* é a mais notável no nosso dia-a-dia. É ela que faz as folhas secas caírem, que orienta os engenheiros nas construções e que mantém o sol no firmamento. Já a força *elétrica*, responsável pelo ordenamento dos átomos e moléculas nos objetos é menos notável, porém comparativamente muito mais forte (cerca de um trilhão de trilhão de trilhão de vezes) se compararmos as *interações* (outra denominação para forças) elétricas e gravitacionais de dois pedaços quaisquer de matéria.

Entre estas forças existem semelhanças e diferenças: a semelhança maior é a propriedade do inverso do quadrado da distância, ou seja, para dois pedaços de matéria distanciados por 2 metros a força entre eles diminuirá a 1/4 da força que haveria se a distância fosse 1 metro. A 4 metros a força decairá a 1/16, e assim por diante. A diferença fundamental reside no fato de que a força gravitacional exige da matéria a propriedade da *massa*, enquanto a elétrica exige algo também intrínseco da

¹ Publicado no site *Experimentos Legais que Você Pode Fazer em Casa* em 29 de maio de 1999.

matéria – a *carga* – que diferente da massa possui dois tipos, ou características, contrários e, no entanto, complementares – *positiva* e *negativa*.

Figura 68 – Palma da mão separando garrafas



Fonte: ilustração do autor.

Matérias com um mesmo tipo de carga repelem-se e de tipos contrários atraem-se.

Toda a matéria é uma mistura de *prótons* positivos e *elétrons* negativos, atraindo-se e repelindo-se através de forças elétricas formando os átomos. O balanço destas forças é tão perfeito que nos passa despercebido.

Para se ter uma ideia de tal grandeza, se pudéssemos separar 10% das cargas elétricas de 2 garrafas pequenas de coca-cola com um palmo de distância entre elas observaríamos uma força capaz de levantar uma montanha! Mas a matéria parece combinar-se de tal forma a cancelar estas forças e, por isso, não vemos os objetos andando por aí sozinhos. Porém esta força não é perfeitamente equilibrada quando tomamos pedaços muito pequenos da matéria; aliás, é este “desequilíbrio” de cargas que mantém os átomos e moléculas unidos, formando as coisas ao nosso redor, e assim fornecendo as características necessárias para que os objetos sejam mais duros, leves, condutores, líquidos, etc.

Contudo, se esta força é tão grande por que o elétron negativo não vai de encontro e colide com o próton positivo no núcleo? Isto não ocorre devido a uma regra (ou se quiser uma *lei*) chamado *Princípio da Incerteza*, que estabelece ser impossível confinar um elétron numa região muito

pequena, mesmo que seja muito próxima do próton, pois não saberíamos como ele iria se comportar, ou seja, não teríamos muita certeza para onde ele iria se dirigir; e se a região fosse suficientemente grande saberíamos para onde ele iria, mas não teríamos muita certeza de onde estaria. Este é um fato estranho, estranhíssimo mesmo, mas é o comportamento que as coisas muito pequenas realmente têm. E este estudo do mundo submicroscópico pertence ao terreno da *Mecânica Quântica*.



Figura 69 – Retrato oficial de Werner Karl Heisenberg (1901-1976) em 1932 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Propôs o Princípio da Incerteza

Fonte: Wikimedia Commons.

W. Heisenberg

Outra questão é o que mantém os prótons no núcleo unidos se as forças de repulsão entre eles são gigantescas. É neste momento que a terceira força, a *nuclear*, atua, equilibrando o núcleo atômico, mas num alcance deveras curto. Ou seja, se a distância entre os prótons exceder a um certo valor a força elétrica se sobressai, partindo o núcleo atômico. Quando o limite é ultrapassado, como ocorre com os átomos de urânio, o núcleo se rompe e libera a energia de uma bomba nuclear; na verdade uma energia proveniente da natureza *elétrica* da matéria.

A quarta e última força é a chamada *nuclear fraca*, ou *eletrofraca*, que também possui um alcance muito curto, próprio de regiões muito pequenas como o núcleo atômico, mas importante para a manutenção do equilíbrio de cada átomo. Estas duas últimas forças, a *nuclear* e a *eletrofraca* não são atuantes em nosso dia-a-dia, porém foram de importância capital nos primeiros momentos da criação do Universo. Logo o nosso mundo tem esta exata aparência devido à atuação destas forças quando houve a Primeira Luz – o *Big Bang*.

Figura 70 – Werner Heisenberg e Niels Bohr no Fermilab, U.S. Department of Energy, em 1934



Fonte: Wikimedia Commons.

A antiga Teoria Quântica¹

Em 14 de dezembro de 1900 a Sociedade Alemã de Física recebeu uma proposta que viria a mudar radicalmente a interpretação que havia sobre o universo. Apresentada pelo genial professor Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), seu trabalho consistia no estudo das trocas de energia e emissão de radiações térmicas de um *corpo negro*. Um corpo negro é qualquer pedaço de matéria que seja ôca e tenha um pequeno furo em sua superfície. Assim descrito, um quarto escuro visto através de uma fenda ou pequena fresta é um corpo negro, faltando-lhe apenas observar o comportamento da radiação, ou se preferir luz, por ele emitida quando aquecido.

¹ Publicado no site *Experimentos Legais que Você Pode Fazer em Casa* em 11 de outubro de 1999.



M. Planck

Figura 71 – Retrato oficial de Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) em 1918 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Aquecer um corpo significa, basicamente, aumentar a agitação dos átomos em seu seio. Quanto maior a temperatura maior a movimentação dos átomos. Pois bem, quando a temperatura chega próximo de 600 graus Celsius os materiais aquecidos começam a emitir *radiação*, ou *luz*, visível. Isto não significa que não havia emissão de luz quando a temperatura era menor. Apenas significa que existe luz invisível e, provavelmente, você já tomou um “banho” dela quando foi tirar uma abreugrafia.

Uma luz invisível aos nossos olhos, mas muito especial chamada raios X foi a responsável pela possibilidade de enxergar o seu esqueleto através de uma chapa fotográfica.

Mas voltemos ao corpo negro aquecido. A luz que ele emite através de um pequeno furo, visível ou não, possui energia. Contudo, de onde vem esta energia? Só pode provir do aquecimento, ou seja, do movimento das moléculas que compõem o corpo negro. O que os físicos estudam neste fenômeno é o que chamam de *radiância*, uma medida da quantidade de energia liberada por uma superfície num tempo. Esta energia é proveniente, como dissemos, do aquecimento, que faz mover as moléculas que compõem o corpo negro. Só que estas moléculas não vibram igualmente. Assim como um pêndulo de um relógio move-se da direita para a esquerda com certa *frequência* (número de vaivéns por segundo), cada uma das moléculas de um corpo negro vibram com várias frequências, e o professor Planck descobriu que havia um valor de frequência em que a radiância era *máxima*. O mérito de Planck foi encontrar a relação entre estas grandezas

(radiância e frequência) e interpretar o seu significado, valendo-lhe o Nobel e uma nova interpretação para os mecanismos básicos da natureza.

Planck chegou à conclusão de que a quantidade de energia emitida ou absorvida deveria ser igual a um múltiplo inteiro de uma quantidade mínima a que denominou *quantum* elementar de ação h vezes a frequência ν com que cada molécula vibra; o h vale 6,626 bilionésimos de bilionésimos de ergs vezes segundo – um número muito pequenino (o erg é uma unidade de energia usada em física atômica).



Figura 72 - O jovem Planck em 1878

Fonte: Wikimedia Commons.

Se pudéssemos visualizar este fenômeno com o que carregamos de nossa experiência cotidiana, esperaríamos que um relógio de pêndulo que não recebesse mais corda diminuísse sua amplitude, ou alcance do seu vaivem, até chegar a um valor mínimo, ou seja, 1 *quantum* de energia $h\nu$ – de forma descontínua. Isto é, veríamos a amplitude diminuir em “saltos”; como, por exemplo, se o pêndulo tem um vaivem de alcance 10 unidades de comprimento e a energia está diminuindo, os seus próximos vaivéns terão alcances de 9, 8, 7, ..., e assim por diante, até chegar ao valor de energia mínima, um vaivem curtinho QUE NÃO É ZERO – ou seja, o pêndulo jamais pararia, oscilando sempre. O próprio Planck ficou desacreditado com este resultado, mas o apresentou assim mesmo, talvez esperando uma melhor interpretação da comunidade de físicos.

Em 1905, numa série de trabalhos, entre os quais a famosa Relatividade, Albert Einstein (1879-1955) aplicou a hipótese quântica ao *efeito fotoelétrico*, obtendo sucesso. Ele admitiu que um elétron é liberado de um átomo por

um *quantum* de luz, denominado *fóton*, com aquela mesma energia $h\nu$. Outras explicações posteriores foram fornecidas aplicando a Teoria Quântica às riscas dos espectros atômicos e ao calor específico das substâncias. Em particular, na década de 1950, Robert Henry Dicke (1916-1997), Arno Allan Penzias (n. 1933) e Robert Woodrow Wilson (n. 1936) estavam estudando uma melhoria da comunicação entre satélites, quando desconfiaram de uma interferência persistente em seu aparelho (era um radiotelescópio). A princípio pensaram ser “sujeira de pombo” na antena do aparelho. Depois de muita investigação e certeza de que estava tudo limpo, descobriram que a interferência era proveniente de uma radiação muito fraca vinda do espaço, e estudando o trabalho de Planck sugeriram que esta luz era o resquício da Primeira Explosão – o *Big Bang* – imaginando o espaço primordial como um gigantesco corpo negro.

Porém o estudo de Max Planck já tinha nascido incompleto. Mesmo assim a Teoria dos *Quanta* forneceu a Niels Henrik David Bohr (1885-1962) auxílio para interpretar o funcionamento do átomo primordial, o de hidrogênio, com sucesso quase absoluto. O problema surgia quando se aplicava o estudo de Bohr a outros átomos. Só que a falha não estava na interpretação quântica e sim na visão mecanicista que se usava de um elétron orbitando ao redor do próton, como a lua orbita em torno da terra. A explicação do funcionamento da estrutura atômica só surtiu efeito com a fantástica interpretação de que não podemos visualizar um elétron numa órbita atômica, e sim uma *nuvem de probabilidade* onde ele pode ser encontrado; ou seja, se pudéssemos enxergar um átomo não veríamos um elétron e sim uma “fumaça” de elétron. A partir daí, conduzidos por Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887-1961), Max Born (1882-1970), Werner Karl Heisenberg (1901-1976), Louis-Victor-Pierre-Raymond, 7º Duque de Broglie (1892-1987), Ernst Pascual Jordan (1902-1980) e Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984), entre outros, os fundamentos elementares da natureza tomaram um novo rumo – a chamada *Mecânica Quântica*.

Mario Schenberg

Centenário de ciência, política & arte¹

Há *cem anos*, no dia 2 de julho de 1914, nascia o físico brasileiro de renome internacional, matemático, engenheiro, político e crítico de arte Mario Schenberg. Albert Einstein (1879-1955) o apontou certa vez como um dos dez mais importantes cientistas de sua época.² Considerado por muitos o maior físico teórico do país antes mesmo de Einstein declarar ao mundo, assinava Schönberg em seus trabalhos científicos e teve atuação política intensa, sendo eleito duas vezes deputado estadual

¹ Publicado na versão *on-line* do jornal *Tribuna da Bahia* em 19 de setembro de 2014

² De acordo com o Prof. José Luiz Goldfarb, entre as pessoas mais admiradas por Albert Einstein estava o físico brasileiro. Segundo uma possível lista elaborada pelo famoso pai da teoria da relatividade, ele foi considerado um dos dez cientistas mais representativos na ciência do século XX. “Nós não temos comprovação dessa lista, não há documentos. O que sabemos é que Schenberg não trabalhou com Einstein; eles [apenas] se conheceram na Universidade de Princeton (mais precisamente no Instituto de Estudos Avançados: www.ias.edu), nos Estados Unidos, durante um período de estudos do brasileiro, em que Einstein teria ficado muito impressionado com Schenberg”. Maiores detalhes em: GOLDFARB, J. L.. Encontros na fronteira. *Revista Pesquisa FAPESP* – Edição Especial Einstein: O Universo Além da Física, p. 54-55, 2009.

por São Paulo, primeiro ligado ao Partido Comunista Brasileiro (PCB) em 1946, e depois pelo Partido Trabalhista Brasileiro (PTB) em 1961, onde teve a maior votação dentro do partido no estado. Iniciou na capital paulista a campanha “O Petróleo é Nosso”, que culminou na criação da Petrobras.



Mario Schenberg

Figura 73 – Mario Schenberg, foto da formatura do Bacharelado em Matemática pela USP em 1936

Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo.



Figura 74 – Mario Schenberg em 1952

Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo.

Em particular, lutou pela defesa dos minérios nucleares do país e esteve envolvido nos debates sobre as centrais nucleares. Foi cassado e preso mais de uma vez pela ditadura civil-militar (1964-1985). Participou ainda nos palanques da campanha “Diretas Já” em 1983/1984, reivindicando eleições presidenciais diretas.

Desde cedo mostrou notável capacidade para a matemática, principalmente com a geometria, que teve forte influência em seus trabalhos. Iniciou os estudos na Faculdade de Engenharia do Recife em 1931,

mas acabou se transferindo e formou-se em engenharia elétrica na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) em 1935, bem como em matemática na recém-fundada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da Universidade de São Paulo (USP) em 1936.

Foi professor catedrático e diretor do Departamento de Física da FFCL, agora Instituto de Física entre 1953 e 1961.³ Foi presidente da Sociedade Brasileira de Física⁴ de 1979 a 1981. Alguns dos maiores físicos brasileiros, como Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924 - 2005), José Leite Lopes (1918-2006), Abrahão de Moraes (1917-1970), Alberto Luiz da Rocha Barros (1930-1999), Shiguo Watanabe (n. 1924) e Jayme Tiomno (1920 - 2011), entre outros, foram seus alunos.

Fundou o Laboratório de Física do Estado Sólido e participou da aquisição do primeiro computador da USP (importante frisar: embora com alguma resistência por parte da comunidade acadêmica...). Implementou os primeiros cursos de cálculo e de computação na USP. Com isto, em particular, mostrou notável capacidade de predição dos rumos da ciência e tecnologia, pois hoje, no Brasil, é a área da física que reúne o maior número de pesquisadores. Pode-se dizer também que percebeu muito cedo que as novas revoluções do século XX girariam em torno da eletrônica e da informática. Em especial, um dos projetos enquanto deputado levou à concepção da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em 1960, cujo modelo inspirou a fundação da FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) em 2002.⁵ Provavelmente, sua formação de engenheiro o auxiliou a compreender melhor o sentido e a relevância da nanotecnologia, que rapidamente revolucionou o mundo desde o século passado.

3 Ver em: <www.if.usp.br>

4 Veja mais em: <www.sbfisica.org.br>

5 Consulte: <www.fapesp.br> e <www.fapesb.ba.gov.br>

Figura 75 – Mario Schenberg trabalhando numa sala no prédio da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na Avenida Tiradentes em 1937



Fonte: Cortesia do acervo histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Schenberg trabalhou e publicou com grandes nomes da física do século XX. Esteve de fato envolvido em pesquisas nos principais temas da ciência que moldaram a visão de mundo na atualidade, sempre viajando pelos quatro cantos do planeta, visitando os principais centros de investigação. Por exemplo, Schenberg pesquisou sobre as origens dos raios cósmicos e das partículas elementares, métodos e teorias matemáticas na física, unificação teórica das interações fundamentais, a causalidade como princípio básico para uma teoria unificadora. Seus primeiros trabalhos foram com o físico nuclear italiano Enrico Fermi (1901-1954). Apresentou contribuições originais, com grande poder imaginativo conceitual e formal, sobre funções e teorias matemáticas na composição das linguagens teóricas da física clássica, mecânica estatística, mecânica quântica, termodinâmica, relatividade e eletromagnetismo, publicando mais de cento e trinta trabalhos. Schenberg ainda apresentou importantes contribuições em astrofísica, particularmente na teoria de processos nucleares

na formação de estrelas supernovas envolvendo partículas subatômicas denominadas neutrinos, em estudo conjunto com o físico ucraniano naturalizado americano George Anthony Gamow (1904-1968) na década de 1940, conhecido como processo U.R.C.A..O batismo do processo por este nome se deve ao próprio Gamow, pois observou que as estrelas perdiam neutrinos tal como os jogadores perdiam dinheiro no Cassino da Urca. Neste particular trabalho,⁶ propôs que o colapso das estrelas devia-se à emissão de partículas recentemente descobertas à época, denominadas *neutrinos* (termo cunhado por Fermi). Resumidamente, o colapso estelar ocorreria da seguinte forma: quando o centro de uma estrela atinge uma densidade muito alta e começa a haver a captura de elétrons (e^-), há uma fuga de neutrinos (n_ν) que provoca o seu resfriamento e, conseqüentemente, o seu colapso. Essa fuga de neutrinos procede do mecanismo conhecido pelo nome de *neutronização*, que ocorre no interior de uma estrela, no qual um próton (p) ao absorver um elétron (e^-) se transforma em um nêutron (n) e um neutrino, segundo a reação $p+e^- \rightarrow n+n_\nu$.



Albert Einstein

Figura 76 – Albert Einstein em 1912, Prêmio Nobel de Física em 1921 “por seus serviços à física teórica, e, especialmente, por sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico”

Fonte: Wikimedia Commons.

⁶ GAMOW G.; SCHOENBERG, M. *Neutrino Theory of Stellar Collapse* (Teoria do Neutrino para o Colapso Estelar). *Physical Review*, New York, v. 59, p. 539-547, 1941.



Enrico Fermi

Figura 77 – Retrato oficial de Enrico Fermi (1901-1954) em 1938 ao receber o Prêmio Nobel de Física “por suas demonstrações da existência de novos elementos radioativos produzidos por irradiação de nêutrons, e por sua descoberta relacionada de reações nucleares provocadas por nêutrons lentos”

Fonte: Wikimedia Commons.



S Chandrasekhar

Figura 78 – Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995) em 1983 ao receber o Prêmio Nobel de Física “por estudos teóricos de processos físicos referentes à estrutura e à evolução das estrelas”

Fonte: Wikimedia Commons.

É interessante conhecer as palavras do próprio Schenberg a respeito deste trabalho.

Esse episódio ilustra uma coisa curiosa que eu gosto de contar, porque é estimulante para os jovens. A importância que tem um jovem quando começa a pesquisar é exatamente o não estar imbuído das ideias dominantes. No meu caso, não estava imbuído de nada, porque minha ignorância em matéria de astrofísica era total [...]. Eu disse para o Gamow: ‘Olha Gamow, as conclusões deste trabalho [...] não se justificam, porque ele não leva em conta a existência do neutrino [...]’. Quando eu falei isso, o Gamow até pôs a mão na cabeça. ‘Pronto, aí está o X da

questão', disse. O que estava faltando e que podia dar o colapso era exatamente o neutrino [...]. A emissão dos neutrinos esfriaria o centro da estrela e produziria um colapso, porque, diminuindo a pressão no centro, ele não aguentaria mais o peso das camadas externas. O colapso no centro seria acompanhado de uma expansão na parte mais externa. A supernova é tão luminosa, não porque a temperatura em sua atmosfera seja muito elevada, mas porque ela cresce em tamanho.⁷



Figura 79 – Mario Schenberg ao lado da crítica de arte Maria Eugênia Franco (1915-1999), década de 1940. Cortesia: acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Fonte: Wikipedia Commons

O nome do processo foi chamado de U.R.C.A. pois “fomos jogar no cassino da Urca, e o Gamow havia ficado muito impressionado com a mesa da roleta, onde o dinheiro sumia; com um espírito muito alegre, disse: “Bem, a energia está sumindo no centro da supernova com a mesma rapidez com que o dinheiro sumia naquela mesa de roletas [...]”. Existe uma na literatura a interpretação de que URCA seria uma abreviação de *Ultra Rapid CAstastrophe*, mas foi só uma alusão ao cassino...” No dialeto russo utilizado por Gamow, *urca* pode também significar *ladrão* ou *gangster*.

Schenberg trabalhou ainda no Observatório Yerkes em 1941, com o futuro Prêmio Nobel Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995) em outros problemas de astrofísica, retornando ao Brasil somente em 1942. O brasileiro foi inclusive membro do Instituto de Estudos Avançados de Princeton.⁸ Num dos trabalhos publicados: “Sobre a Evolução das Estrelas da

7 Descrito em: GOLDFARB J. L. *Voar também é com os Homens*. Pensamento de Mario Schenberg. São Paulo: EDUSP, p. 205, 1994.

8 Ver em: <www.ias.edu>.

Sequência Principal” (numa tradução livre),⁹ Schenberg e Chandrasekhar apresentaram uma análise da evolução do Sol e de estrelas semelhantes que compõem a chamada sequência principal do agora conhecido diagrama de Hertzsprung-Russell. Nessa análise, na qual há um estudo da luminosidade desse tipo de estrela em função de sua massa, basicamente, foi verificado o que acontecia quando fosse queimado todo hidrogênio do centro dessas estrelas. Mostraram que não existe estrela estável na qual o núcleo de hélio contém mais de 10% da massa da estrela. Esse resultado, conhecido como limite de Schenberg-Chandrasekhar, explica a formação de estrelas gigantes vermelhas durante o curso da evolução estelar.



Figura 80 – Mario Schenberg, por volta de 1960

Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP.
Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg,
Universidade de São Paulo.

Schenberg também mantinha grande interesse por artes plásticas, tendo convivido críticos de arte, como Maria Eugênia Franco (esposa do escultor Franz Josef Weissmann, 1911-2005), bem como com artistas brasileiros do porte de Emiliano Augusto Cavalcanti de Albuquerque Melo (Di Cavalcanti, 1897-1976), Lasar Segall (1891-1957), Giuseppe Giannini Pancetti (1902-1958), Mário Gruber (1927-2011) e Cândido Torquato Portinari (1903-1962); do mesmo modo interagiu com artistas estrangeiros, como Bruno Giorgi (1905-1993), Marc Zakhovich Chagall (1887-1985) e Pablo Picasso (1881-1973). Atuou também como escritor e crítico de arte, área em que cultivou muitas amizades, escrevendo diversos artigos sobre artistas contemporâneos brasileiros como Haroldo Eurico Browne

⁹ SCHÖNBERG, M.; CHANDRASEKHAR, S. *On the Evolution of the Main-Sequence Stars* (Sobre a Evolução das Estrelas da Sequência Principal). *The Astrophysical Journal*, New York, v. 96, p. 161-172, 1942.

de Campos (1929-2003), Alfredo Volpi (1896-1988), Clarice Lispector (1920-1977), Lygia Clark (1920-1988) e Hélio Oiticica (1937-1980).

Muitos colegas lembram com saudade da personalidade do professor Schenberg. Uma de suas marcas mais notáveis era a de ministrar suas brilhantes palestras e aulas de olhos fechados, embora estivesse bastante atento ao que estava acontecendo ao seu redor. Insistia na ideia de que é preciso estudar ciências como se estuda música, praticando regular e diligentemente os instrumentos. Mesmo sendo teórico, valorizava a pesquisa tecnológica:

[...] a ciência é a base da tecnologia e essa é uma questão fundamental... o homem não poderia sobreviver nem um dia sem ter uma tecnologia". Numa dessas aulas chegou a dizer *As pessoas estão acostumadas a pensar apenas na coragem física*. Mas [...] há também a *coragem intelectual*, pois sem ela é impossível fazer uma ciência de alta qualidade. É preciso ter coragem de fazer uma coisa que pareça absurda, que aparentemente contradiga as leis existentes [...]. Que violação maior houve nas leis da Física Clássica do que a introduzida com a Teoria da Relatividade, e depois com a Mecânica Quântica? Mas foi exatamente através dessas violações das leis de Newton que a ciência pode progredir." Também disse: "... E como já estou no fim de minha carreira, há um conselho que dou a vocês: não tenham medo, não só de levar pancada, mas também de expor suas ideias. Porque se tiverem medo, nunca poderão criar nada de original. É preciso que não tenham medo de dizer alguma coisa que possa ser considerada como erro. Porque tudo o que é novo aparece aos olhos antigos como coisa errada. É sempre nessa violação do que é considerado certo que nasce o novo e há criação.

Em relação ao ensino, defendia a ideia de que "... o principal não é transmitir aos alunos um certo cabedal de conhecimentos, mas transmitir certos pontos de vista [...]. A minha filosofia geral para todo o ensino não é empanturrar o aluno de conhecimentos, mas estimular sua criatividade.¹⁰

¹⁰ GUINSBURG, G. K; GOLDFARB, J. L. *Mario Schenberg: Entre-vistas*. São Paulo: Instituto de Física USP: Ed. Perspectiva, p. 174, 1984.



Figura 81 – Mario Schenberg como Parainfno da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, década de 1960

Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP.
Cortesía: Ana Clara Guerrini Schenberg,
Universidade de São Paulo.

[...] Sou uma pessoa de tendências intuitivas, não sou uma pessoa de muito raciocínio. Comporto-me como a minha intuição me sugere, desde a maneira de dar uma aula. Posso ter preparado a aula e, ao chegar à sala, mudar completamente, porque na hora surgiu outra idéia, e vou atrás daquela do momento, que me fascina mais. Sendo assim, não gosto muito de separar as coisas da vida. Acho que tudo é uma coisa só. A vida não se separa em ciência, em atividade política, em atividade filosófica, ou outras coisas. A vida é uma coisa só, naturalmente toda marcada pela personalidade da pessoa.¹¹

Com relação ao pensamento matemático, afirmava que: “... o grande matemático não é um tipo de calculadora, de computador. É antes uma espécie de poeta. Ele cria teorias matemáticas como se fosse uma criação poética. Quem descreveu isso muito bem um grande matemático, [Jules] Henri Poincaré” (1854-1912). Afirmava que “... a imaginação é provavelmente a maior qualidade criativa do homem em qualquer campo do pensamento e da ação humana”, conforme descrito no livro “Voar Também É com os Homens”.

¹¹ SCHENBERG, M. *Pensando a Física*. São Paulo: Landy, p. 208, 2001.



Figura 82 – Pintura de Mário Schenberg em 1978 por Mário Gruber (1927-2011), pintor, gravador, escultor e muralista brasileiro.

Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP.
Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo.

Sobre a engenharia e tecnologia, assegurava que “... contudo, muitas vezes, na passagem de um princípio teórico para a aplicação experimental, há uma demora despropositada. Um dos casos mais curiosos é o *laser*. O princípio do *laser* já tinha sido descoberto por Einstein em 1917.¹² Em dois trabalhos que ele publicou, mostrou que existia uma emissão estimulada da luz. Depois ficou compreendido melhor o motivo dessa emissão estimulada de luz. Decorre do fato de que os *quanta* de luz (os fótons) são partículas que seguem a estatística de Bose. Entretanto, levou quase 50 anos, em pleno século XX, para que a ideia de emissão estimulada de luz, de extraordinária importância científica, se tornasse importante também no campo das aplicações tecnológicas [...] Houve quem dissesse que bastaria esta ideia de emissão estimulada da luz para que Einstein fosse reconhecido como um dos grandes físicos teóricos [...]. Foi só na década de 1960 que se começou a fazer os *lasers*. Agora o *laser* está realmente se tornando algo fabuloso, utilizado em toca-discos, aplicações médicas em pequenas cirurgias, indústria, etc. [...]. De qualquer maneira, o *laser* já não é mais uma coisa misteriosa, esotérica, e tornou-se a base de uma das indústrias mais pujantes nos países de alta tecnologia”, com discutiu no livro *Pensando a Física*.

¹² EINSTEIN. A. *Zur Quantentheorie der Strahlung* (Sobre a Teoria Quântica da Radiação). *Physikalische Zeitschrift*, Leipzig, v. 18, p. 121-128, 1917.

Preocupava-se com a formação científica e técnica dos jovens:

[...] Devemos apressar a preparação de cientistas e técnicos para a produção de eletricidade por energia solar, depois de utilizar as possibilidades da energia hidrelétrica, acompanhando atentamente o desenvolvimento da energia de fusão [...]. Para o desenvolvimento brasileiro serão necessários homens com uma apreensão viva da realidade em seu *Devir* histórico. É um tipo de homem completamente diferente dos tecnocratas que orientaram tão erradamente o Brasil nesses últimos tempos: homens conhecedores de tecnologias, mas, sobretudo, capazes de criar novas tecnologias de acordo com as necessidades dos novos tempos, homens que saibam descobrir, pelo seu senso da realidade histórica em processo de nascimento, as possibilidades de novas soluções e de novos caminhos e, portanto, homens eminentemente políticos atuando em áreas tecnológicas, em vez de robôs tecnológicos aplicadores de receitas pré-fabricadas". Em particular, criticava veementemente as escolas de ensino de física brasileiras: "... Em geral, a formação dos nossos físicos tende para a superficialidade e não para uma compreensão mais profunda dos problemas".¹³

Na aplicação tecnológica da ciência, assim como se busca precisar no caso do desenvolvimento de seus conceitos e teorias, é necessário perceber a realidade e encontrar, com uma visão privilegiada, as linhas e rumos a seguir. A aplicação tecnológica da ciência (enfim, as engenharias), é parte do mesmo sistema que estrutura o seu desenvolvimento.

Infelizmente o regime político em 1965 deixou sua marca na carreira de Schenberg, primeiro prendendo-o no Departamento de Ordem Política e Social (DOPS) por dois meses e algum tempo depois aposentando-o compulsoriamente via AI-5 (Ato Institucional Nº 5), não mais permitindo assim sua participação na universidade. Schenberg retornou à USP somente em 1979 com a abertura política. Recebeu o título de Professor Emérito em 1982. Após a reintegração, ministrou alguns cursos de pós-graduação, entre eles a famosa e bastante disputada (entre os discentes) componente curricular *Evolução dos Conceitos da Física*, cujas transcrições deram origem ao delicioso

¹³ SCHENBERG, M. *Diálogos com Mário Schenberg*. São Paulo: Nova Stella Editorial, p. 120, 1985.

livro *Pensando a Física*, Nova Stella Editorial (1990). Um outro interessante livro a respeito deste eminente brasileiro é da lavra do Prof. Jose Luis Goldfarb: *Voar Também É com os Homens - Pensamento de Mario Schenberg*, já citado.



Figura 83 – Mario Schenberg (1914-1990), físico, político e crítico de arte brasileiro

Fonte: Cortesia do acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Em célebre discussão com Lygia Clark, concordaram de certa forma ressentidos que o artista deverá no futuro ser uma espécie de ‘engenheiro de lazeres’.¹⁴ Enquanto ativista, no campo das artes, solicitou ao cantor baiano Gilberto Passos Gil Moreira (n. 1942) uma composição explícita contra o regime do *apartheid*, que resultou na bela canção em ritmo de *reggae* “Oração pela Libertação da África do Sul”, integrante do disco *Dia Dorim Noite Neon* de 1985, e que foi dedicada ao grande cientista.¹⁵ O poeta Haroldo de Campos o homenageou com a poesia concreta Parafísica: “No espaço curvo nasce um crisantempo”, presente no livro homônimo.¹⁶

Infelizmente, sofrendo com sintomas de uma doença degenerativa, veio a falecer na tarde de sábado, 10 de novembro de 1990, no Hospital da Santa Casa de São Paulo, deixando uma filha, Ana Clara Guerrini Schenberg (c. 1943). Está enterrado no Cemitério Ecumênico São Paulo, no bairro do Morumbi. Sua obra é, em geral, pouco conhecida pelos jovens pesquisadores e estudantes brasileiros.

A uma plateia de estudantes disse enquanto paraninfo da turma: “... Desejaria agora vos dirigir algumas palavras, a vós particularmente,

¹⁴ SCHENBERG, M. *Pensando a Arte*. Nova Stella, São Paulo, p. 221, 1988.

¹⁵ Ver em: <www.gilbertogil.com.br>.

¹⁶ CAMPOS, H. *Crisantempo* (Coleção Signos, n. 24). São Paulo: Perspectiva, p. 374, 1998.

bacharelados de hoje. Tudo o que marca decisivamente os destinos humanos é obra da inteligência e esforço dos homens. O Brasil carece de riquezas acumuladas, de poderosos parques industriais, de lavouras opulentas e de rebanhos inumeráveis. Nunca fomos mais pobres do que hoje, na verdade nunca fomos tão ricos nem se nos deparou futuro promissor. A garantia deste futuro sois vós, jovens que, em número crescente, saís cada ano de nossas escolas com o espírito forjado nas duras disciplinas da ciência; e que aprendestes – na labuta dos laboratórios e das bibliotecas, nas longas horas passadas em convívio com os segredos da natureza e as grandes manifestações do espírito humano – a serem justos, imparciais, generosos e infatigáveis. Temos tudo com que se faz a grandeza das nações”.

O célebre escritor baiano Jorge Leal Amado de Faria (1912-2001) assim o definiu: “... o que disseram a seu respeito teria afogado em vaidade qualquer outro. A ele, não afetou: sendo mestre, manteve-se estudante; vendo cintilações de estrelas novas, soube ser sábio para servir ao homem e cumprir a obrigação que a todos nos compete. Empunhou, então, as bandeiras da luta pela paz, pela liberdade, pela justiça, pelo socialismo, as bandeiras da alegria e do futuro...”(conforme livro de Guinsburg e Goldfarb - *Mario Schenberg: entre-vistas*, já citado).

O grande poeta Ferreira Gullar (*alias* José Ribamar Ferreira, 1930-2016) assim o descreveu no supracitado livro de Guinsburg e Goldfarb: [...] “quem passa por ele na rua não desconfia disso. Mas quem convive um pouco com ele, percebe que não está tratando com um ser meramente terrestre. Há em seu rosto, em seu jeito de falar e de sorrir, sinais de quem já fez vertiginosas viagens ao avesso da matéria, de quem conhece as muitas velocidades em que ela se movimenta, se inventa e se dissipa. Mesmo assim, ele não se perde das pessoas. O estampido do cosmo não o ensurdeceu para a débil voz humana”.

Nomes como o de Mario Schenberg, um brasileiro como poucos, deveriam ser sempre lembrados em nosso país, homenageando suas importantes contribuições para a ciência, tecnologia, política e arte. Como escreveu certa feita o professor Henrique Fleming (*n.* 1938), do Departamento de Física Matemática do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), sobre seu “último trabalho”: “... embora nos faça imensa falta a estatura de Schenberg, as suas ideias continuam conosco, vivas e inspiradoras”.¹⁷

17 FLEMING, H. O Último Trabalho de Mario Schenberg. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, p. 471-473, 2001.

Oração pela Libertação da África do Sul

*Gilberto Gil*¹⁸

Se o rei Zulu já não pode andar nu
Se o rei Zulu já não pode andar nu
Salve a batina do bispo Tutu
Salve a batina do bispo Tutu
Ó, Deus do céu da África do Sul
Do céu azul da África do Sul
Tornai vermelho todo sangue azul
Tornai vermelho todo sangue azul

Já que vermelho tem sido todo sangue derramado
Todo corpo, todo irmão chicoteado - iô
Senhor da selva africana, irmã da selva americana
Nossa selva brasileira de Tupã

Senhor, irmão de Tupã, fazei
Com que o chicote seja por fim pendurado
Revogai da intolerância a lei
Devolvei o chão a quem no chão foi criado

Ó, Cristo Rei, branco de Oxalufã
Ó, Cristo Rei, branco de Oxalufã
Zelai por nossa negra flor pagã
Zelai por nossa negra flor pagã

Sabei que o papa já pediu perdão
Sabei que o papa já pediu perdão
Varrei do mapa toda a escravidão
Varrei do mapa toda a escravidão

18 In: GIL, G. *Dia Dorim Noite Neon*. [S.l.]: WEA, 1985. 1 disco LP. Faixa 7 (3 min 34 s).

Sobre a arte de enxergar o interior das pessoas e o primeiro Nobel¹

Era uma noite fria e chuvosa de inverno, sexta feira, 8 de novembro de 1895. Depois de trabalhar arduamente durante o dia inteiro no laboratório de física na Universidade de Würzburg, Alemanha, o Prof. Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) fez uma descoberta simplesmente incrível: literalmente ele conseguiu enxergar o interior das pessoas, e por isso foi o primeiro cientista a conseguir conquistar o Prêmio Nobel de Física.

Assim como outros pesquisadores, ele trabalhava com descargas elétricas um tubo de vidro, chamado de Hittorf-Crookes. No interior de tal vidro havia baixíssima pressão (praticamente vácuo). Diferentemente dos demais, e não se sabe por qual motivo, aplicava altíssimas tensões, por volta de 30 kV, utilizando um dispositivo curioso chamado Bobina de Ruhmkorff (um tipo de transformador), que propiciava tais voltagens a partir de uma

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 1 de outubro de 2014.

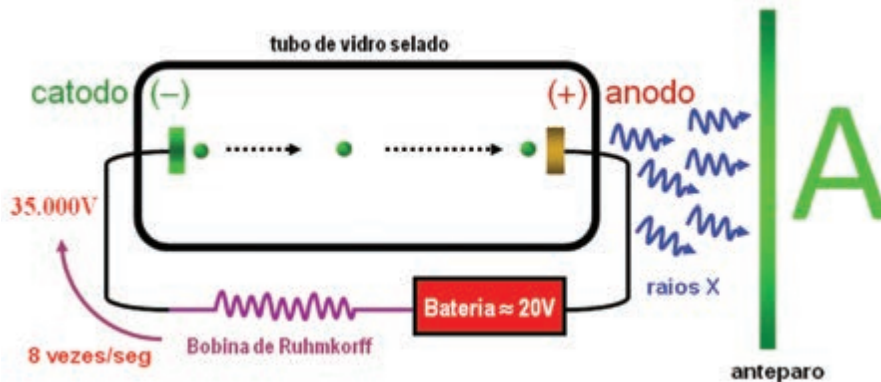
pequena bateria de 20 V, pulsando uma corrente elétrica a cada 8 vezes por segundo. Ele não sabia muito bem, mas estava preparado e estudava algo novo à época: elétrons (chamados à época de raios catódicos, originário do alemão *kathodestrahlen*) que partiam de um filete de metal aquecido pela passagem de corrente elétrica dentro do vidro encapsulado (chamada cátodo) e, em linha reta (por isso o termo “raio”), atingiam um alvo metálico chamados de ânodo.



Figura 84 – Retrato oficial de Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) em 1901 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 85 – Esquema do experimento de Röntgen²



Fonte: elaborado pelo autor.

- Röntgen utilizou um tubo de descarga elétrica (Hittorf-Crookes), baixa pressão (praticamente vácuo) e altas tensões (30 kV). Elétrons eram emitidos por filamento aquecido pela passagem de corrente elétrica no cátodo (à esquerda), colidindo com o ânodo. O anteparo foi pintado com uma letra utilizando platinocianeto de bário (ou BaPt(CN)₆), um material fosforescente, que brilhava à medida que

O problema é que raios catódicos são *invisíveis*. A presença deles pode ser demonstrada ao se modificar o alvo com alguns elementos, e neste particular caso, durante as colisões, há surgimento de pequenas luzes. Não era o que acontecia naquela noite. Literalmente, o Prof. Röntgen estava prospectando, procurando, investigando, estudando... e de certa forma se divertindo como todo cientista, fazendo-se a seguinte pergunta: para um aparato destes, o que acontece quando vamos ao limite, por exemplo utilizando altíssimas tensões?

Certamente havia interação entre os elétrons que partiam do cátodo ao ânodo, mas como eram invisíveis, somente uma mente muito aguçada e curiosa poderia estar pronta para vislumbrar pequenos detalhes. E de fato aconteceu algo surpreendente.

Numa mesa ao canto havia uma substância fosforescente verde, chamada platinocianeto de bário ($\text{BaPt}(\text{CN})_4$). A fosforescência é uma propriedade de alguns materiais que, quando excitados por alguma fonte – seja calor ou luz, literalmente brilham. Röntgen percebeu, provavelmente entre espantado, assustado e surpreso, que a substância começou a brilhar em seu laboratório. Deve ter levado um pouco de tempo até perceber que ela somente brilhava enquanto o aparelho estava ligado.

Mas como isso aconteceu? Se fosse algo proveniente do equipamento, como funcionava? Havia um tubo de vidro, descargas elétricas e alta tensão. Pensando a respeito, procurou fazer mais experimentos, e percebeu que o brilho da substância aumentava à medida que a aproximava do tubo de vidro, mais precisamente do alvo (ânodo). Tomou a substância, pincelou-a no anteparo de frente ao aparelho e percebeu que a figura que tinha escrito brilhava à medida que ligava o aparato.

o equipamento era ligado. Tentou barrar a passagens dos misteriosos raios com o que tinha à disposição: livros, madeira, vidro, metais, imãs... Somente conseguiu com uma placa de chumbo.

Figura 86 - Diploma do Primeiro Nobel de Física para Wilhelm Conrad Röntgen (1901), cedido pelo mesmo à Universität Würzburg, Alemanha³



Fonte: Wikimedia Commons

Fez-se uma excelente observação: se o brilho da substância se deve à aproximação, algo segue em linha reta – saindo do tubo (i.e., atravessando o vidro), embora seja também *invisível*. Era claramente algo novo, não registrado. Testou com diferentes distâncias, de até dois metros. Seria um *novo tipo de raios*, certamente, e *misteriosos* – chamou-os de raios X. Em seguida pensou em utilizar de obstáculos para evitar que tais raios, ainda que invisíveis, atingissem o anteparo com a substância em sua superfície. Tentou com chapa de ferro, vidro de janela, placa de alumínio, borracha, líquidos... Chegou a recobrir tudo com papelão preto e realizou o experimento no escuro, mas nada entre o aparato e a substância parecia diminuir o brilho, que continuava à medida que o sistema estava em operação. Aqueles raios misteriosos pareciam penetrar em qualquer coisa. Até que fez uma observação literalmente *assombrosa*. Escreveu: “- Se a mão for

³ www.uni-wuerzburg.de

mantida entre o aparelho de descarga e a tela, vê-se a sombra mais escura dos ossos dentro da sombra ligeiramente escura da própria mão”.⁴

Isto era realmente surpreendente! Os raios atravessavam qualquer coisa, inclusive uma mão! E as aplicações desta nova descoberta eram literalmente espantosas. Esta simples descrição teve uma incrível influência no desenvolvimento destes novos raios em aplicações médicas. O Prof. Röntgen, nos dias seguintes à descoberta (foram quase seis semanas), praticamente comeu e dormiu no laboratório. A bem da verdade, ele morava na universidade, e sua casa era no andar superior do seu laboratório. Fez outras várias tentativas de bloqueio dos raios: livros, madeira, outros metais, imãs... Somente conseguiu com uma placa de chumbo. Percebeu ainda que filmes fotográficos escureciam quando revelados, mostrando uma viabilidade de uso, pois os misteriosos raios interagem com filmes. Anotava tudo, fazia experimentos de forma diligente e sistemática: seu artigo é um primor em como conduzir um experimento de forma ordenada e lógica, e utilizando poucos recursos. Entre outras coisas, distinguiu claramente os raios catódicos de dentro do tubo dos raios X que saíam dele.

Chegou a dizer: “- Quando fiz primeiramente a chocante descoberta dos raios penetrantes, o fenômeno era tão espantoso e extraordinário que eu tive que me convencer repetidamente, fazendo o mesmo experimento de novo, de novo e de novo, para ficar absolutamente certo de que os raios realmente existiam. Eu não estava consciente de mais nada além do estranho fenômeno no laboratório. Era um fato ou uma ilusão? Eu estava dilacerado entre dúvida e esperança, e não queria ter quaisquer outros pensamentos que interferissem com meus experimentos. Tentei excluir tudo o que não fosse pertinente ao trabalho de laboratório de minha mente. Qualquer interferência poderia ter me levado a falhar na criação de condições idênticas para substanciar a descoberta. Fiz as observações muitas e muitas vezes antes de ser eu próprio capaz de aceitar o fenômeno. Durante estes dias de testes eu estava como em um estado de choque”. Em uma carta ao Prof. Ludwig Louis Albert Zehnder (1854-1949) escreveu:

4 Conforme tradução de: MARTINS, R. A. A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Röntgen. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 20, p. 373-391, 1998.

“- Não falei com ninguém sobre meu trabalho. Para minha esposa, mencionei apenas que eu estava fazendo algo sobre o qual as pessoas, quando descobrissem, iriam dizer: ‘Röntgen provavelmente enlouqueceu’”. É possível que Röntgen tivesse receio de que sua descoberta fosse confundida com descrições de fenômenos espiritualistas, bastante em voga naquela época.

Aproximadamente duas semanas após sua descoberta, tirou a primeira fotografia da mão esquerda de sua esposa, Anna Bertha Röntgen (1833 - 1919), que ficou imediatamente famosa. Por sinal, tal foto tinha por característica apresentar dois anéis no dedo anelar, um deles de casamento, e foi dada de presente ao Prof. Ludwig Zehnder no dia 1 de janeiro de 1896. Importante ressaltar que para obter tal imagem, a partir de um dispositivo inventado pelo próprio Röntgen, era necessário manter a mão por vários minutos imóvel. Diz-se que a reação de Anna ao ver tal resultado foi uma mescla de fascinação e temor, e teria dito “que viu a própria morte” pelo modo como notou os ossos de sua mão.



Figura 87 -A primeira radiografia mostrando parte do corpo humano - a mão esquerda da esposa de Röntgen, incluindo os anéis do dedo anelar, um deles de casamento. Obtida em 22 de dezembro de 1895

Fonte: Wikimedia Commons.

Finalizou o trabalho científico no Natal, em tempo recorde, e sem submeter a uma revisão por seus pares, encaminhou seu memorável artigo a uma revista de física médica, sob o título: *Über eine neue Art von*

Strahlen.⁵ Nesta obra apresentava uma descrição da produção e propriedades destes misteriosos raios. Tal manuscrito foi publicado às pressas no dia 28 de dezembro daquele ano, com grande receio de que outros pesquisadores houvessem percebido os mesmos efeitos antes dele. Resultou num dos mais célebres trabalhos experimentais da história das ciências.

Figura 88 - Primeiro artigo sobre a descoberta dos raios X, por Röntgen: *Über eine neue Art von Strahlen (Sobre uma Nova Espécie de Raios)* de 28 de dezembro de 1895



Fonte: Wikimedia Commons.

5 RÖNTGEN, W. C. Über eine neue Art von Strahlen (Sobre uma Nova Espécie de Raios). *Sitzungsberichte der Wuerzburger Physikalisch-medizinische Gesellschaft*, Würzburg, v. 9, p. 132-141, 1895.

Notícias sobre seu grande feito percorreram o mundo de forma impressionante, avassaladora e veloz. É curiosa a sucessão de eventos que levaram a uma tão rápida divulgação de uma descoberta científica no meio leigo. Pela primeira vez, uma importante descoberta científica foi difundida em todo o mundo, em questão de dias, através do telégrafo. Exemplos de alguns jornais: *Die Presse*,⁶ Viena (Áustria), em 5 de janeiro de 1896 foi publicada a reportagem “Uma Descoberta Sensacional!”, em primeira página, e inteira, sobre os raios X, sugerindo aplicações em medicina diagnóstica; no jornal *The New York Times*⁷ (EUA) em 7 de fevereiro de 1896 foi publicado a reportagem “O Raio Roentgen”; no *Jornal do Commercio*⁸ (Brasil) em 16 de fevereiro de 1896 foi publicada a reportagem “A Photographia atravez dos Corpos Opacos”. A prestigiada revista científica *Nature* republicou o artigo (coisa rara de acontecer em ciência...), traduzindo-o para o inglês em 23 de janeiro de 1896,⁹ com fotos de duas mãos e os ossos nítidos, além de um extenso comentário. Nos primeiros dias de janeiro de 1896, Röntgen enviou quase uma centena de cartas, contendo separatas de seu trabalho e fotos de radiografias humanas para os mais conhecidos cientistas da Alemanha, Suíça, Áustria, Holanda, França, Inglaterra e Suécia. A febre dos raios X havia apenas começado.

Apesar do grande sucesso dos misteriosos raios X, muitos citavam a descoberta como “raios Röntgen”, sugestão que o mesmo rejeitava; curiosamente, é esta a maneira como certos países reconhecem até hoje a descoberta, entre eles a Alemanha, Finlândia, Rússia, Japão, Holanda e Noruega. A primeira patente do tubo de raios X foi depositada pela firma Siemens & Halske (S&H) sob número DE 91028 no dia 24 de março de 1896, meros três meses após a publicação. O Prof. Röntgen recusou qualquer participação na elaboração desta e de futuras patentes associadas aos misteriosos raios, pois acreditava ser esta a melhor maneira de os raios X serem investigados, estudados e aplicados havendo total liberdade de pesquisa.

6 <www.diepresse.com>.

7 <www.nytimes.com>.

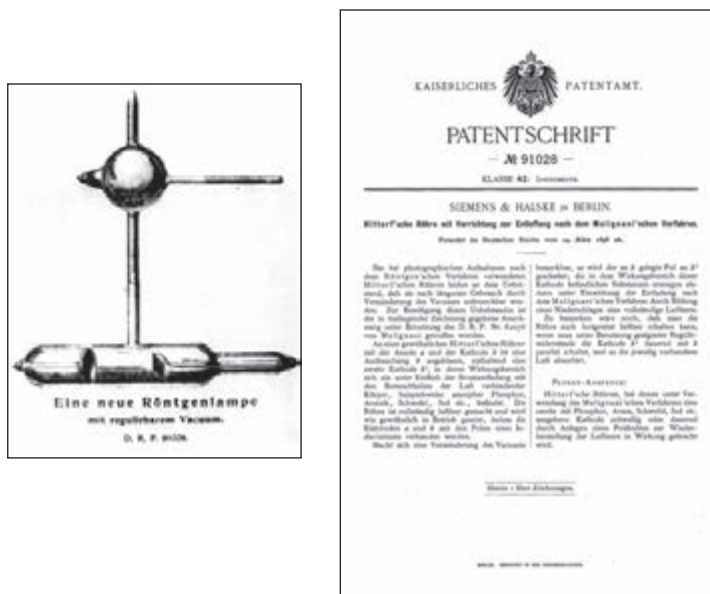
8 <www.jornaldocomercio.com.br>.

9 RÖNTGEN, W. C. *On a New Kind of Rays* (Sobre uma Nova Espécie de Raios). *Nature*, London, v. 53 p. 274-277, 1896.

Seis anos depois, em dez de dezembro de 1901, seria a primeira pessoa a receber um prêmio Nobel de Física,¹⁰ “em reconhecimento pelos extraordinários serviços prestados pela descoberta dos notáveis raios, posteriormente nomeados em sua homenagem”. Tal prêmio foi doado à Universidade de Würzburg. Após a primeira guerra, cedeu todos os demais prêmios à Alemanha, num esforço visando a recuperação do país.

Em 1894, um ano antes de sua descoberta, Röntgen havia sido nomeado reitor da Universidade de Würzburg. No seu discurso de posse mencionou as seguintes e proféticas palavras: “- A Natureza frequentemente permite a produção de milagres surpreendentes que se originam das mais ordinárias observações, mas que são reconhecidas somente por aqueles imbuídos de sagacidade e pesquisa perspicaz, e que consultam a experiência, a professora de todas as coisas”.

Figura 89 – A primeira patente de tubo de raios X, da empresa Siemens & Halske, DE 91028 (24 de março de 1896), elaborada sem a participação do seu descobridor.



Fonte: Cortesia: Deutsche Patent- und Markenamt ¹¹

¹⁰ Veja em: <www.nobelprize.org>.

¹¹ Escritório Alemão de Marcas e Patentes: <www.dpma.de>.

Röntgen encarnou o símbolo de excelência da pesquisa científica de seu tempo e sua descoberta foi indiscutivelmente o marco decisivo na história da ciência moderna, praticamente moldando o século XX. Este achado desempenhou um papel no início das mudanças evolucionárias na compreensão do mundo físico. O desenvolvimento da ciência moderna teria sido claramente difícil sem os benefícios dos raios Röntgen e melhorias tecnológicas subsequentes. Hoje em dia os raios X ainda são a tecnologia mais frequentemente utilizada em imagens médicas – é praticamente inconcebível não contar com tal técnica na prática de hospitais e clínicas.

De fato, ainda é difícil pensar em qualquer outra descoberta científica que se espalhou tão rápido em todo mundo e que não foi reivindicado por seu inventor / pesquisador, o primeiro a poder enxergar literalmente através das pessoas.

A bota do índio, o Sr. Goodyear, Serendipismo e a escola que queremos¹

***E*ngana-se quem acredita** que as ciências ensinadas nas escolas, como a química, surgiram apenas nos laboratórios e da mente de pesquisadores brilhantes e altamente preparados. A escola não é chata, mas pode ser um fardo a qualquer estudante inteligente se não for interessante, atraente, divertida, instigante e desafiadora. A história das ciências mostra que grandes descobertas podem ser encontradas a todo momento: basta apenas olhar e prestar atenção. A descoberta pertence a toda pessoa curiosa, que se encanta com o que a natureza é capaz de fazer. E há casos onde o acaso é importante, conforme descrito adiante.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 16 de outubro de 2014.

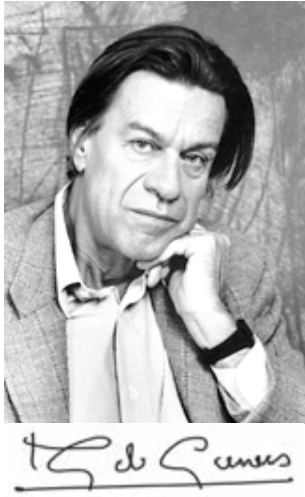


Figura 90 – Retrato oficial de Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007) em 1991 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Cortesia The Nobel Foundation.

Há pouco tempo o Brasil comemorou 500 anos de descoberta. E havia uma preocupação em ensinar ciências vinculada àquele momento histórico. O tempo passou, mas qualquer professor(a) de química com preocupações similares em tornar mais aprazíveis suas aulas poderiam se basear no exemplo que o Prêmio Nobel francês Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007), um excelente físico e professor, contava à crianças e adolescentes. Era uma história curiosa que envolvia um jovem e adorável país que este cientista gostava muito e descreta o início de um delicioso livrinho intitulado *Os Objetos Frágeis*, publicado pela Editora Unicamp em 2008.

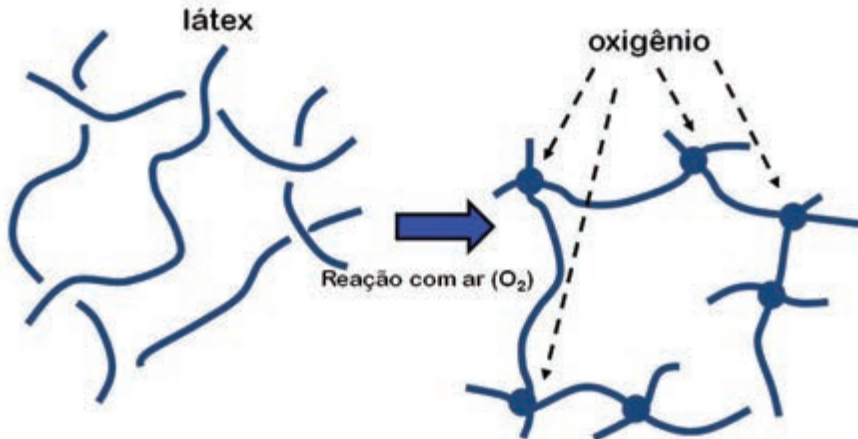
De Gennes contava que alguns dos índios da Amazônia costumavam pegar a seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*) – um tipo de líquido esbranquiçado, pegajoso, de aspecto leitoso – e lambuzavam os seus pés. Cada árvore produz cerca de 30 gramas de seiva todos os dias, que pode ser extraído do caule por meio de incisões ou ranhuras. O material que escorre é então coletado em pequenas tigelas. De fato, alguns nativos chamavam essas plantas de *cahuchu* ou *caa-o-chu* – algo como “madeira que chora”. No início essa seiva de seringueira continua um simples líquido. Passados aproximadamente 20 minutos ele coagula e o índio obtém algo bem parecido a uma bota.

Esta é uma reação química, e bem interessante. Foi descoberta intuitivamente por algum antepassado índio brasileiro bastante esperto há cinco

mil anos (e pelo menos há uns 3,6 mil anos para índios mesoamericanos, segundo Hosler, Burkett e Tarkanian).² Este líquido é chamado de *látex*, e contém moléculas de cadeias bem longas, que podemos imaginar como fios de espaguete cozido, muito moles e flexíveis.

Só que logo após o índio ter lambuzado seu pé interveio um novo ator: o oxigênio do ar. Este elemento químico realiza uma reação notável: ele cola as cadeias de moléculas da seiva, endurecendo e formando o que se chama de *borracha natural*. Tal endurecimento é também uma forma de observar a transição do estado líquido ao sólido.

Figura 91 – Diagrama esquemático de Gennes das possíveis mudanças nas ligações químicas entre as longas cadeias de moléculas de látex (à esquerda) na presença do ar (à direita, especificamente com moléculas de oxigênio, O_2) – chama-se de reação de oxidação



Fonte: ilustração do autor.

De Gennes chamava a atenção de que esta bota do índio é engenhosa, mas não muito satisfatória: a cobertura de látex desagrega ao fim de um dia! O que acontece é que o oxigênio do ar produz inicialmente uma reação útil quando ele fixa as cadeias (juntando os ‘fios de macarrão’ do

² HOSLER, D.; BURKETT, S. L.; TARKANIAN M. J. *Prehistoric Polymers: Rubber Processing in Ancient Mesoamerica* (Polímeros Pré-Históricos: Processamento da Borracha na Antiga Mesoamérica). *Science*, New York, v. 284, p. 1988-1991, 1999.

látex entre si). No entanto, como o oxigênio é muito ativo, ele continua a agir quimicamente sobre a estrutura e, em uma etapa seguinte, começa a cortar as cadeias, muito pelo excesso de ligações que passa a ocorrer. Tudo se passa como se, armados de uma tesoura, cortássemos ao acaso as malhas de uma rede de pesca. Em um dado momento a rede se desfaz. É o que ocorre com a bota do índio com o passar do dia: ela perde então sua rigidez, quebrando-se.



Chat Goodyear

Figura 92 - Charles Goodyear (1800-1860),
inventor norte-americano

Fonte: Wikimedia Commons.

Como evitar isso? A partir de um processo inventado em 1844 (após cinco anos de tentativas) por um americano que virou sinônimo de pneu: Goodyear. Por quê? Segundo suas palavras, “provavelmente não há outra substância inerte assim que estimule a mente” (uma tradução livre de “*there is probably no other inert substance which so excites the mind*”). De fato, a borracha tem propriedades únicas, como elasticidade, certa dureza, impermeabilidade, alguma resistência mecânica à compressão, bom isolante elétrico etc., que fazem dela um dos produtos de consumo mais necessários no mundo moderno.

Durante muitos anos o Brasil foi o principal produtor mundial de borracha de origem silvestre. Infelizmente, várias sementes foram contrabandeadas, principalmente para a Ásia, hoje maior produtora mundial, e passou a ser conhecida como “*India rubber*”, ou borracha indiana.

Charles Goodyear (1800-1860) por curiosidade pegou o látex da seringueira e decidiu fervê-lo com enxofre no quarto dos fundos de sua casa. Ele provavelmente não tinha a menor ideia (naquele momento) do que

era o látex, pois a *Tabela Periódica dos Elementos* foi publicada pela primeira vez pelo químico russo Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) em 1869.³ Goodyear talvez soubesse que o látex apenas continha carbono e hidrogênio e a concepção de moléculas de cadeias longas talvez lhe fosse estranha. Mas ele tentou e obteve um produto escuro, ao mesmo tempo deformável e robusto: a *borracha*. E inventou um processo que passou a ser chamado de *vulcanização*, em homenagem a Vulcano, o deus romano do fogo. Essa borracha, a primeira e mais versátil dos plásticos modernos, um século e meio depois de Goodyear, continua sendo uma das bases de nossas atividades industriais.

Figura 93 – “A Forja de Vulcano” (*La Fragua de Vulcano*, 1630), do pintor espanhol Diego Rodríguez de Silva y Velázquez (1599-1660), no Museo Nacional del Prado, Madrid, Espanha



Fonte: Wikimedia Commons.

³ MENDELEJEFF, D. *Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente* (Sobre as Relações das Propriedades dos Pesos Atômicos dos Elementos). *Zeitschrift für Chemie*, Leipzig, v. 12, p. 405-406, 1869.

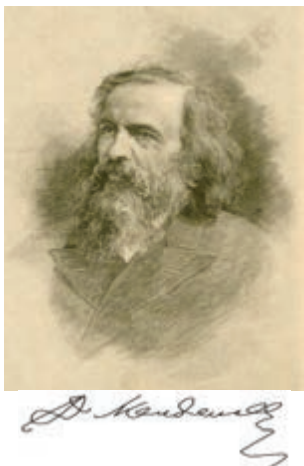


Figura 94 – Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo

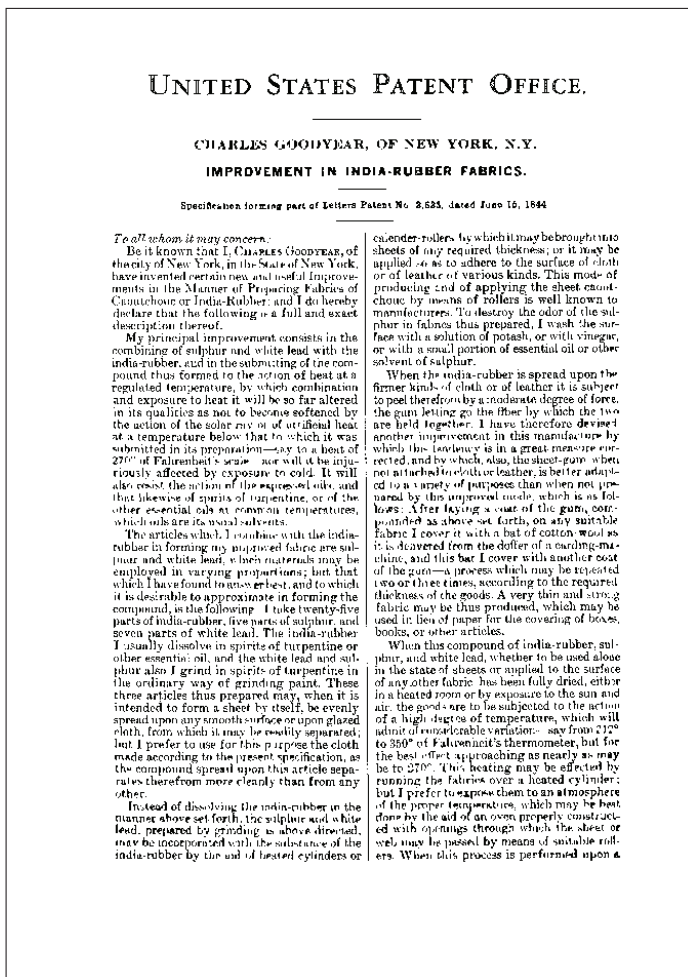
Fonte: Wikimedia Commons.

Descobertas afortunadas feitas, aparentemente, ao acaso tem um nome: *serendipidade*.⁴ A história da ciência está repleta de casos que podem ser classificados como *serendipismo*, em particular a descoberta da borracha (pelos índios brasileiros) ou a vulcanização (por Goodyear). Não se sabe ao certo precisamente por que Goodyear teve a ideia de utilizar o enxofre, mas sabemos a chave do seu sucesso. O enxofre tem mais ou menos as mesmas propriedades químicas do oxigênio – ele está na mesma coluna da Tabela Periódica dos Elementos – embora seja menos reativo.

É capaz de fixar as cadeias do látex em alguns pontos, mas ao mesmo tempo não é ativo o suficiente para cortar as próprias cadeias. Aí está o segredo da borracha.

⁴ A palavra *serendipismo* se origina do inglês *serendipity*, criada pelo escritor britânico Horace Walpole (1717-1797) em 1754, a partir do conto persa infantil: *Os Três Príncipes de Serendip*. A história de Walpole contava as aventuras de três príncipes do Ceilão, atual Sri Lanka, que viviam fazendo descobertas inesperadas, cujos resultados eles não estavam procurando realmente.

Figura 95 – Patente US 3,633 de Charles Goodyear, de 15 de junho de 1844: Improvement in India-Rubber Fabrics (Melhoria na Fabricação da Borracha-da-Índia)



Fonte: Google Patents.

Goodyear começou a vender seus produtos, aplicando-os em solas de sapatos, capas e guarda-chuvas, sem muito sucesso. Em parte porque pessoas já vendiam produtos a base de borracha sem utilizar seu processo de vulcanização, e estas estragavam de modo relativamente fácil com o passar dos dias, (i.e., em um pouco mais de tempo, mas de forma similar ao que

ocorria com bota do índio da Amazônia). Pior: antes da descoberta de Goodyear, no calor a borracha natural começava a colar, e no frio, ficava quebradiça, o que era péssimo para o consumidor. Ainda que com poucos recursos financeiros durante toda a vida (teve doze filhos, a metade falecida durante a infância...), ele chegou a patentear sua descoberta (patente US 3,633 em 15 de junho de 1844, de apenas uma página e meia). Quase quatro décadas depois de seu falecimento, em 1898, foi fundada a empresa que leva seu nome, mas sem qualquer ligação com seus descendentes. O segredo do sucesso desta empresa esteve intimamente ligado à de outra indústria – a automobilística – mais precisamente a Henry Ford (1862-1947), empreendedor e inventor americano – pois era necessário proteger as rodas dos primeiros veículos movidos à combustão de impactos e desgaste – e assim surgiu o pneu moderno. Mas antes disto a empresa começou vendendo pneus para bicicletas, carruagens, revestimentos para ferraduras, anéis vedantes para enlatados, mangueiras e até fichas de pôquer. Hoje corresponde a uma empresa com capital de 20 bilhões de dólares.⁵



Figura 96 – Mercúrio, obra de 1611 do pintor alemão-holandês Hendrick Goltzius (1558-1617), no Museu Frans Hals, Holanda

Fonte: Wikimedia Commons.

⁵ <www.goodyear.com>.

O carro-chefe da empresa é baseado na produção de pneus, e seu *slogan* de época: “Mais Gente Roda Com Pneus Goodyear” passou a ser mundialmente conhecido. O símbolo da marca contém uma “bota com asas”, introduzido em seu logotipo separando o nome em duas partes. Tal símbolo foi inspirado no deus Mercúrio, vinculado à velocidade, por um dos fundadores da empresa, Frank Augustus Seiberling (1859-1955), empreendedor e inventor americano. Por sinal, o pneu de um carro é uma estrutura complexa onde a borracha (látex) é apenas uma das componentes, que possui em média meia dúzia de elementos (entre os quais carcaça, aro, flanco, lona e banda de rolamento) e uma dúzia camadas com funções diferentes. Vale ressaltar que entre elas muitas são feitas ainda hoje da mesma maneira como há cento e cinquenta anos.



Figura 97 – Cartaz dos pneus Goodyear com a célebre logomarca em 1920, mostrando o uso fora da estrada para caminhões.

Fonte: Wikimedia Commons.

Segundo de Gennes, a história da borracha não deveria jamais ser contada na frente de pessoas que tomam decisões nos governos, para as quais se tem normalmente o discurso: “- Para fazer novos materiais é preciso antes de tudo compreender a estrutura da matéria, o que pressupõe muita pesquisa. Só depois se poderá elaborar um bom material, aquele com propriedades adequadas para esta ou aquela aplicação. Este resultado é correto para certos casos, mas em outros, como o da borracha e o processo de vulcanização precedeu em muito a compreensão dos fenômenos”. Desconhecem o significado de *serendipidade*.



Figura 98 – Charles Goodyear (1800-1860), inventor norte-americano⁶

Fonte: Wikimedia Commons.

Voltando à escola que queremos: é preciso resgatar, não somente nos alunos, como também nos pais e professores o gosto de aprender. Trazer mais sabor ao saber. Nesta escola, o aspecto lúdico, interessante, prazeroso e curioso deve estar presente, inclusive nas aulas de química. Não basta só a teoria. É preciso também por a mão na massa, como faziam os índios que descobriram o látex e como fez Goodyear.

⁶ Imagem, em gravura do livro: ILES, G.. *Leading American Inventors* de (1852-1942). New York: H. Holt & Co., 1912. p. 176. Baseado numa pintura de G. P. A. Healy, no *Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences*.

90 anos de César Lattes, a pesca do índio e um quase Nobel¹

Ao se perguntar aos jovens pelo menos um nome de um grande cientista brasileiro, equiparável a qualquer vencedor de um Prêmio Nobel, incluindo entre eles estudantes universitários, as repostas apresentam poucos resultados, se tanto. Mesmo citando nomes de grandes personagens da história recente, há entre eles um enorme desconhecimento do que se fez e faz de ciência no país e com qualidade.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 19 de novembro de 2014.



Figura 99 – Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), físico brasileiro

Fonte: Cortesia Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

Sempre que posso, apresento uma história que pude presenciar enquanto estudante universitário. Ocorreu durante as comemorações dos “50 Anos da Descoberta do Méson Pi” em 1997, pelo grande físico brasileiro Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), mais conhecido como César Lattes, no célebre Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).² Se vivo fosse, Lattes faria 90 anos, e boa parte da população desconhece que foi um dos poucos cientistas brasileiros que quase chegaram lá, ou seja, por *muito, muito* pouco receberam o Prêmio Nobel.

Em sua palestra para mostrar aos jovens de uma vasta plateia que os primeiros brasileiros já dominavam o conhecimento científico – e ainda, que em ciência não existe predomínio de determinadas culturas, Lattes lembrava que os índios da Amazônia costumavam caçar e pescar para sobreviver, e assim faziam há *milênios*.

Ao pescar com uma lança ou flecha, e até hoje, um índio quase sempre não mira o peixe no lugar onde está – e sim um pouco abaixo, pois ele sabe, por tentativa e erro, que precisa mirar numa posição um pouco deslocada da imagem que enxerga.

De acordo com Lattes, esta história exemplifica as etapas de qualquer metodologia científica: observação, questionamento, formulação de hipótese, exaustiva repetição (experimentação), controle e divulgação. Em partes: i) Observa-se que nem sempre o peixe pode ser arremessado por uma lança

² Ver em: <www.if.usp.br>.

ou flecha ao mirá-lo diretamente; ii) Surge um questionamento natural sobre o fato; iii) Percebe-se que se pode atingi-lo se mirar próximo, mas não exatamente na imagem do peixe; iv) Testa-se a hipótese, experimentando por diversas vezes via uso de lanças ou flechas; v) Percebe-se por exemplo que apenas observando o peixe visto de cima é possível atingi-lo diretamente na vertical; vi) Informa-se aos outros integrantes da tribo (principalmente os mais jovens), divulgando e ensinando a descoberta.



Figura 100 – O físico brasileiro Cesar Lattes desembarcando no Brasil de um avião da companhia aérea PanAir no final da década de 1940, depois de ganhar fama mundial pela descoberta da partícula méson π (hoje, pión)

Fonte: Cortesia Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Desta forma, lembrava Lattes que a palavra *ciência* deriva do latim e significa *conhecimento, saber*, e está vinculada a qualquer forma de cultura, e não apenas a uma dita “cultura estrangeira”. Qualquer estudante dos ensinos médio ou mesmo fundamental pode reconhecer que este problema trata-se da distorção da visão devido à luz que passa por dois meios transparentes como o ar e a água (ambos com diferentes índices de refração). Para o índio, o peixe parece estar mais perto da superfície da água por observar sua imagem distorcida (assim como uma caneta fica quando imersa parcialmente num copo d’água). Lattes defendia assim a ideia de que existia conhecimento científico há muito tempo no Brasil, até mesmo antes do seu descobrimento (ou “achamento”, se preferir).

Mas a comemoração naquele dia especial no IFUSP referia-se a algo nunca antes feito por um brasileiro. Sem dúvida, a descoberta do méson π

(na época chamado *píon*) foi um passo fundamental na compreensão do mundo subatômico. Ao longo do século XX, as ideias sobre a matéria foram se tornando gradualmente mais complexas. Ao contrário do que aprendemos na escola, a composição dos átomos não se resumem apenas a nêutrons, prótons e elétrons. O que prende os prótons e os nêutrons uns aos outros para formar o núcleo dos átomos? Eles não podem se atrair eletricamente – pelo contrário, os prótons se repelem uns aos outros, e os nêutrons não possuem carga. Era necessário supor um novo tipo de forças nucleares, mais fortes do que a repulsão elétrica, para manter a coesão núcleo.

Em 1935, o físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981) propôs uma teoria para explicar as forças nucleares. Ele sugeriu a existência de uma partícula ainda desconhecida, com uma massa cerca de 200 vezes maior do que a do elétron, que poderia ser emitida e absorvida por prótons e nêutrons.



Figura 101 - Retrato oficial de Hideki Yukawa (1907-1981) em 1949, ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Hideki Yukawa

A troca dessa partícula entre os constituintes do núcleo atômico produziria uma atração entre eles, de curto alcance, que poderia explicar a estabilidade nuclear. Portanto, de acordo com Yukawa, sem algo como o *méson*, não existiria a matéria. Por ter uma massa intermediária entre a do elétron e a do próton (este 2.000 vezes mais massivo que o elétron), recebeu assim o nome de *méson*. Essas partículas só poderiam existir durante um tempo muito curto, e se desintegrariam fora do núcleo atômico, depois de apenas um bilionésimo de segundo. Em 1949, dois anos

após a primeira grande descoberta de Lattes, Yukawa recebeu o Prêmio Nobel por sua previsão teórica da existência dos *mésons* baseado em seus trabalhos teóricos sobre as forças nucleares.

De fato, o primeiro grande trabalho de Lattes foi de capturar e registrar o trajeto dos *mésons*, que podiam ser detectados livremente apenas a partir de reações estelares intensas – radiações cósmicas, e que viajando muito rapidamente, também atingiam a Terra, ainda que existindo livremente num tempo muito curto. Para obtê-los era então necessário montar um laboratório em grandes alturas (acima de 3.000 metros), pois tais partículas se desintegram em cascatas de outras partículas muito rapidamente. Foram capturados pela primeira vez por um tipo de emulsão especial, nuclear, mas próxima de uma gelatina (embora mais consistente), elaborada pela genialidade do próprio Lattes. Tais emulsões funcionavam seguindo o mesmo princípio da fotografia comum, à base de filmes fotográficos. As emulsões eram expostas às partículas de interesse dentro de um invólucro hermeticamente fechado – não sendo permitido entrar luz de jeito nenhum – e as partículas que atravessam o envoltório deixavam um traço na emulsão, que depois de revelada se assemelham a eventos que estariam numa fotografia. A partir de características como grau de sinuosidade da trajetória e alcance (comprimento) era possível determinar a massa de variadas partículas, diferenciando, por exemplo, um *méson* de um elétron ou outra partícula subatômica.



Figura 102 – O físico experimental brasileiro César Lattes com seu irmão, Davide Lattes (de camisa branca), e seus pais, Carolina Maria Rosa Lattes e Giuseppe Lattes, na década de 1940³

Fonte: Cortesia Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Quando revelaram as chapas, os pesquisadores provavelmente ficaram boquiabertos com a quantidade de fenômenos registrados nas emulsões especiais carregadas com bórax (i.e., tetraborato de sódio – produto químico muito comum em materiais de limpeza doméstica). Tal nova composição foi uma das principais modificações sugeridas por Lattes na elaboração da emulsão. Um evento em especial era realmente impressionante: consistia no traço de um méson, que diminuía continuamente a velocidade e parava, dando origem a um novo traço. As emulsões expostas revelaram cerca de 30 rastros de mésons, não restando dúvidas da grande descoberta. Tais medidas foram fundamentais, pois Lattes chegou a uma massa compatível com aquela que Yukawa previa em sua teoria. Seus melhores dados foram obtidos no monte Chacaltaya, na Bolívia, cerca de 30 km da capital, 5.400 m de altitude.

Embora tenha sido o principal pesquisador e primeiro autor do histórico artigo referente a estas descobertas, publicado numa das mais

3 Nesta época o físico brasileiro ganhou notoriedade por sua participação decisiva na descoberta do méson π na radiação cósmica e em que produziu, com o colega norte-americano Eugene Gardner, os primeiros mésons artificiais no então maior acelerador de partículas do mundo, o *sincrociclótron* de Berkeley (EUA).

prestigiosas revistas científicas⁴ e descrevendo o méson π , foi Cecil Frank Powell (1903-1969) o único agraciado com o Nobel de Física em 1950, nos dizeres da Academia Real de Ciências Sueca, mantenedora do prêmio: “pelo seu desenvolvimento de um método fotográfico de estudo dos processos nucleares e sua descoberta que levou ao descobrimento dos mésons”. A razão para esta aparente negligência de não considerar os outros autores foi a política do Comitê do Nobel, que até a década de 1960 era de premiar somente o líder do grupo de pesquisa. De toda forma, demonstrar a existência do méson π foi útil para entender como uma forma de energia se transforma em outra, e como o núcleo dos átomos se mantém estáveis.



Figura 103 - Retrato oficial de Cecil Frank Powell (1903-1969) em 1950 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

C. F. Powell

Mas Lattes não se contentou com este único trabalho. Um sensacional e novo produto como consequência deste artigo ocorreu em Berkeley no ano seguinte, nos Estados Unidos: Lattes provou aos 24 anos que tais partículas poderiam ser obtidas *artificialmente*. Ou seja: pela primeira vez o homem seria capaz de controlar a produção de tais partículas,⁵ tendo seu trabalho publicado em outra das mais prestigiosas revistas científicas. Lattes conseguiu tais resultados trabalhando com o físico americano Eugene Gardner (1913-1950) no laboratório onde havia um acelerador

4 LATTES, C. M. G. et al. *Processes Involving Charged Mesons*. (Processos Envolvendo Mesons Carregados). *Nature*, London, v. 159, p. 694-697, 1947.

5 GARDNER, E.; LATTES, C.M.G. *Production of Mesons by the 184-Inch Berkeley Cyclotron* (Produção de Mésons utilizando o Ciclotron de Berkeley de 184 polegadas). *Science*, v. 107, p. 270-271, 1948.

de partículas chamado Sincro-cíclotron. Tal descoberta também poderia concorrer ao Prêmio Nobel, mas Gardner faleceu precocemente dois anos depois por contaminação com produtos que manipulava há pelo menos dez anos – e a Academia não costuma conceder prêmios postumamente. De toda sorte, Lattes poderia ter feito uma brilhante e muito bem remunerada carreira nos Estados Unidos. Preferiu voltar ao Brasil para dar sua contribuição ao desenvolvimento científico e tecnológico do país.



G. Occhialini

Figura 104 - Giuseppe Occhialini (1907-1993), físico italiano

Fonte:Wikimedia Commons.



Gleb Wataghin

Figura 105 - Gleb Vassilievich Wataghin (1899-1986), físico ítalo-ucraniano

Fonte: Cortesia Centro de Apoio à Pesquisa Histórica (CAPH) Sérgio Buarque de Holanda da Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia.

É importante destacar que, no livro *The Oxford Companion to the History of Modern Science*,⁶ especificamente sobre a biografia de Lattes, há uma citação sobre a existência de uma carta ainda lacrada do físico e Prêmio Nobel Niels Henrik David Bohr (1885-1962) que faz referências à exclusão do nome dele na premiação do Nobel. De acordo com o desejo de Bohr, a carta deveria ser tornada pública em 2012, cinquenta anos após seu falecimento, mas até hoje seu conteúdo (se existe) é desconhecido. O Instituto Niels Bohr tem um *site*⁷ disponibilizando vários arquivos com todas as correspondências deste grande cientista. Lattes inclusive conheceu Bohr numa visita que fez ao seu instituto na década de 1940. É possível localizar no meio dos documentos virtuais a existência de uma correspondência endereçada a Lattes, série 1, caixa 16, rotulada *La-Le*, pasta numerada 25, datada de 1949, mas o acesso a seu conteúdo infelizmente encontra-se restrito. Na biografia de Cesar Lattes na *Wikipedia* é dito que “existem rumores de que Niels Bohr poderia ter deixado uma carta intitulada ‘Por que César Lattes não Ganhou o Prêmio Nobel - Abra 50 Anos Após a Minha Morte’”. Seria importante que o governo brasileiro solicitasse formalmente todo o conteúdo relacionado à Lattes diretamente a este instituto, até para satisfazer o desejo de Bohr.

Resta dizer apenas mais algumas linhas sobre este grande cientista. Lattes nasceu em Curitiba, estado do Paraná. Fez os seus primeiros estudos naquela cidade e depois em São Paulo, vindo a graduar-se precocemente na Universidade de São Paulo (USP),⁸ formando-se em 1943 em matemática e física, nove anos depois da fundação da USP. Importante frisar que, aos 16 anos, pelas mãos do seu pai, encontrou-se com o físico ucraniano (naturalizado italiano) Gleb Vassielievich Wataghin (1899-1986), introdutor da física moderna no Brasil e também professor da USP. Wataghin o aconselhou a aproveitar uma portaria governamental da época, deixar de lado os anos que faltavam para finalizar o equivalente ao ensino médio e ingressar

6 HEILBRON, J. L. *The Oxford Companion to the History of Modern Science*. New York: Oxford University Press, 2003. p. 452.

7 <www.nba.nbi.dk>.

8 Conforme informações no *site*: <www.USP.br>.

imediatamente na então Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (FFCL-USP).

Portanto, foi com 19 anos, idade na qual muitos estudantes ainda estão se preparando para entrar numa Universidade, Lattes já ganhava seu primeiro salário como professor assistente da USP. Faleceu aos 80 anos, no dia 8 de março de 2005 devido a um ataque cardíaco. O merecido Nobel acabou vindo postumamente, na forma de um erro da grande imprensa: ao anunciar a morte de Lattes no dia seguinte, a renomada agência de notícias *Associated Press* (AP) o descreveu como “físico ganhador de um Prêmio Nobel”.

Figura 106 - Capa da revista *Science News Letter* destacando o físico brasileiro César Lattes e o norte-americano Eugene Gardner, pela descoberta do méson π no acelerador sincro-cíclotron de 184” em Berkeley – então o mais poderoso do mundo, em março de 1948



Fonte: Cortesia Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Sem exagero, Lattes é considerado um dos mais distintos e condecorados físicos brasileiros, com trabalhos fundamentais no desenvolvimento da física subatômica. Não restam dúvidas de que fez a primeira grande conquista intelectual de um brasileiro na ciência. Também foi um líder dos cientistas brasileiros e uma das principais personalidades por trás da criação de várias instituições importantes, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)⁹ e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).¹⁰ Em sua homenagem, o CNPq batizou o sistema utilizado para cadastrar cientistas, pesquisadores e estudantes como o nome de Plataforma *Lattes*.¹¹ Tal plataforma consistiu numa base de dados de currículos e instituições não somente das áreas de Ciência e Tecnologia (C&T), envolvendo também as áreas de humanidades, artes e saúde. O Currículo *Lattes* registra a vida profissional dos pesquisadores, sendo elemento indispensável à análise de mérito e competência dos pleitos apresentados, atualmente, à quase todas as agências de fomento no Brasil. Contabiliza em novembro de 2014 mais de 116 mil doutores e 80 mil mestres, além de outros milhares de graduandos e graduados.

Em oposição a nomes de grandes artistas, sejam da música ou artes plásticas, ou ainda grandes atletas, como futebolistas, tenistas ou lutadores de artes marciais – que certamente merecem destaque pelos seus feitos, há uma enorme necessidade de se informar sobre brasileiros extraordinários que se destacaram na ciência e tecnologia. Pessoa simples, Lattes oferecia o calor de sua intimidade indistintamente a quantos o procuravam. Ele foi, indubitavelmente, um dos maiores cientistas brasileiros de todos os tempos. De acordo com a história, a Academia Real de Ciências Sueca já incorreu em mais de um deslize na outorga de Prêmios Nobel. Mas poucos foram tão infelizes quanto o cometido em relação ao renomado físico brasileiro, pois ele teve *duas* chances. A omissão de seu nome na premiação que celebrou a descoberta do méson π até hoje espanta os historiadores da ciência. Lattes foi um dos grandes responsáveis pelo desbravamento do mundo subatômico, demonstrando experimentalmente que a matéria não

9 <www.CNPq.br>.

10 <www.CBPF.br>.

11 <<http://lattes.cnpq.br>>.

Figura 108 – Entrevista do Prof. Cesar Lattes ao jornal Folha da Manhã¹³



Fonte: Cedido The Niels Bohr Archive

passagem em uma placa de emulsão nuclear, conforme proposto por Lattes em seu trabalho. O méson π se transforma, ao decair em méson μ (múon, conforme trajeto na vertical). Ao fim (na parte de baixo) a partícula transmuta-se num elétron (não revelado na imagem). Note as assinaturas de Lattes, Ochiellini e Powel, datada de 3 de abril de 1947.

¹³ A imagem do cientista e sua recém-esposa, Martha Siqueira Neto Lattes (1923-2003) em 8 de abril de 1949, p. 19, ao retornar de viagem dos Estados Unidos. Publicado em: NASCIMENTO, M. L. F. *On the "Missing Letter" to Lattes and the Nobel Prize in Physics* (Sobre a "Carta Perdida" de Lattes e o Prêmio Nobel de Física). *Ciência e Sociedade*, Rio de Janeiro, v. 3 p. 35-42, 2015.

Um sortudo centenário, inventor de milhões de dólares e milhares de empregos¹

Faleceu aos 99 anos, no último dia 4 de novembro, devido a complicações cirúrgicas por implante ósseo no quadril, o químico e inventor americano Stanley Donald Stookey (1915-2014). Boa parte das pessoas talvez nunca tenha ouvido falar deste nome, mas certamente possui em sua cozinha ou ainda carrega consigo itens acessórios criados pela mente atenta deste prolífico e brilhante pesquisador, que também contou com o acaso e a sorte...

Como assim, sorte?

É fato que o Dr. Stookey não planejou sua principal invenção. Pode o acaso então influenciar descobertas científicas? A resposta é *sim*.

¹ Publicado na versão impressa do jornal *Correio da Bahia* em 2 de dezembro de 2014, p. 2.



Don Stookey

Figura 109 – Stanley Donald Stookey (1915-2014), químico e inventor americano²

Fonte: Cortesia Corning Incorporated Department of Archives & Records Management.

Pois foi de uma maneira assim, acidental, que Stookey desenvolveu o primeiro material vitrocerâmico sintético comercial, denominado Pyroceram®, ao trabalhar na empresa americana Corning.³ Tal material pode resistir até um pouco mais de mil graus Celsius, e apresenta excelentes propriedades mecânicas, como resistência ao impacto e dureza. Elaborou então pratos, caçarolas e diversos tipos de vasilhames que podiam ser expostos ao fogo, ou mesmo inseridos num forno, sem quebrar. Desta forma, revolucionou a indústria de vidros e cerâmicos, elaborando uma invenção de milhares de dólares que gerou (e ainda mantém) dezenas de milhares de empregos.

Bem, a ciência costuma utilizar de um termo onde eventos fortuitos auxiliam na descoberta – chama-se *serendipidade*. Este termo se originou da palavra inglesa *serendipity*, criada pelo escritor britânico Horace Walpole (1717-797), que escreveu o conto persa infantil *Os Três Príncipes de Serendip* em 1754. A estória contava as aventuras de três príncipes do Ceilão, atual Sri Lanka (mas que se chamava *Serendib* pelos árabes séculos atrás). Eles viviam fazendo descobertas inesperadas, cujos resultados não estavam procurando realmente. Graças à capacidade de observação e sagacidade, descobriam “acidentalmente” a solução para alguns dilemas impensados.

2 Stookey manipulando sua primeira descoberta: um vidro *fotosensitivo*. Note que há uma fotografia num suporte, próximo da mão esquerda. Tal imagem foi transmitida ao vidro que segura na outra mão.

3 Veja mais em: <www.corning.com>.

Sua descoberta foi totalmente ocasional: trabalhando numa nova composição, patenteada em 1950 denominada vidro *fotosensitivo*, ele a deixou em meados de um certo dia de 1953 num forno que atingiu 900°C, onde esperava operar no máximo a 600°C. Antes de abrir o forno, já tinha percebido o erro, e imaginado que o material vítreo deveria estar todo derretido dentro do forno, que provavelmente estaria estragado. Qual a surpresa dele ao perceber que o material resultante estava inteiriço, embora não mais transparente (como em geral são os vidros). Totalmente opaco, com um aspecto leitoso, ele buscou retirar do forno (que não estava de fato arruinado) com uma grande pinça, ainda impaciente. Sem tomar cuidado, deixou-a cair no chão, mas esta não quebrou com a queda (diferente do que em geral acontece com os vidros). Algo realmente muito *curioso*.

Figura 110 – A descoberta acidental de Stookey possibilitou a confecção de utensílios de cozinha como o vasilhame vitrocerâmico Pyroceram® (somente a tampa é vítrea).



Fonte: Wikipedia Commons.

Logo depois, pesquisou porque o material deixou de ser vítreo, devido basicamente ao tratamento térmico dentro do forno, que *recristalizou*. Assim começou a estudar esta nova composição vítrea modificada, cristalizada, e produzir novos materiais mais resistentes a choques mecânicos e térmicos. De fato, este novo material ficava até 9 vezes mais resistente a impactos quando comparado ao vidro sem tratamento térmico, e poderia ser retirado do congelador e inserido diretamente num forno sem quebrar.

Além de itens de cozinha, o Pyroceram® serviu para construir cones de mísseis balísticos durante a Guerra Fria, pois era bastante resistente e não

era feito de metal; sendo assim, possibilitava as transmissões de radar a partir da central de comando diretamente aos sensores sem interferência.

A descoberta do Pyroceram® foi considerada equivalente a de outro material muito utilizado em algumas cozinhas e diversos laboratórios: o vidro *borossilicato*, inventado no século XIX, também conhecido pela marca Pyrex, patenteada pela mesma empresa Corning. A produção do Pyroceram® em larga escala começou em 1958.

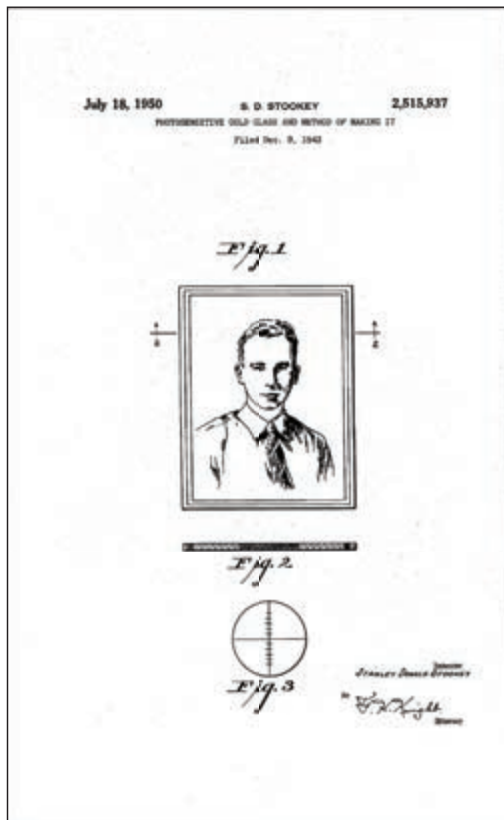
Figura 111 - Primeira patente de Stookey sobre os vidros fotosensitivos, US 2,515,937⁴



Fonte: Wikipedia.

- 4 A patente foi depositada em 8 de dezembro de 1943 e publicada em 8 de Julho de 1950. Na próxima figura há uma imagem ilustrando o que seria o produto de uma fotografia embutida no vidro fotosensitivo, imagem esta do próprio autor do

Figura 112 – Figura ilustrando o que seria o produto da imagem de uma fotografia embutida no vidro fotosensitivo



Fonte: Wikipedia.

Por sinal, os vidros fotosensitivos foram os primeiros dispositivos onde era possível armazenar imagens, como uma fotografia, de forma perene, colorida e em 3D, dentro de um vidro. Ele também criou os óculos denominados *fotocrômicos* na década de 1960 – aqueles que escurecem na presença da luz do sol. E participou da descoberta do vidro *Gorilla*, um melhoramento do vidro-base que forma o Pyroceram®, um novo material

artigo (comparar com a fotografia de Stookey na primeira página deste capítulo). A partir de tal composição, tratada termicamente numa temperatura mais alta por um determinado tempo, Stookey produziu a vitrocerâmica Pyroceram®.

super-resistente que é a base da tela dos modernos *smartphones*, *tablets* e *notebooks*.

Trabalhou na mesma empresa por quase 50 anos, chegando a ser diretor de pesquisas. Bacharel em química e matemática em 1936, finalizou um doutorado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology, MIT) em 1940 e logo após foi trabalhar na sua primeira e única empresa. Escreveu em sua autobiografia⁵ que não planejou trabalhar numa indústria de vidros – de fato, desconhecia totalmente o assunto. Produziu 58 patentes e publicou duas dúzias de trabalhos científicos. Em 1986 recebeu das mãos do presidente dos Estados Unidos, Ronald Wilson Reagan (1911-2004), a Medalha Nacional de Tecnologia.

Sempre muito solícito, Stookey dizia ser muito feliz em ter tido a sorte de descobrir estes novos materiais. E mais ainda por ser reconhecido e cumprimentado pelos demais colegas da empresa, por ter gerado muitos empregos (estima-se que por volta de 10 mil, além de vendas anuais ultrapassando 500 milhões de dólares, de acordo com seu obituário no jornal *The Washington Post*). Sem dúvidas, Stookey foi um centenário homem de sorte.

5 STOOKEY, S. D. *Explorations in Glass: An Autobiography* (Explorações em Vidros: uma Autobiografia). Nova York: Wiley-Blackwell: The American Ceramic Society, p. 74, 2000.

A incrível descoberta do elemento químico 117 e a paleta de Deus¹

Um pintor utiliza de uma paleta de cores para criar suas obras. Ao criar nosso universo, Deus também precisou de uma paleta, esta de elementos químicos para se produzir a matéria. A questão continua válida, acreditando num ser supremo ou não, pois apenas observando nós mesmos, é possível verificar que somos feitos de elementos como: cálcio (elemento químico Ca), presente nos ossos, controlador da pressão do sangue, etc; carbono (C), elemento primário de qualquer tecido orgânico; hidrogênio (H), presente tanto nos tecidos vivos como na água; nitrogênio (N) nas proteínas; oxigênio (O) do ar respirável e também presente na composição da água; fósforo (P), presente nos ossos e dentes, e assim por diante. De toda sorte, sempre que posso pergunto aos estudantes de qualquer idade: quantos *tipos* de elementos ou átomos existem no universo? Quantos destes seriam necessários?

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 12 de dezembro de 2014.

Figura 113 – A Tabela Periódica dos elementos químicos atualizada, incluindo os elementos 114 e 116 recém-descobertos, oficialmente denominados Fleróvio (Fl) e Livermório (Lv), respectivamente. O elemento 117 também se encontra indicado temporariamente como “ununséptio” (Uus)

Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Período																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lantanídeos			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
Actinídeos			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Fonte: Wikimedia Commons.

São muitas as respostas, algumas muito boas. É importante destacar que na pergunta inicial desconsideramos detalhes como a presença de isótopos (variantes de um elemento químico particular) somente para facilitar o raciocínio. Uma das melhores envolve a mais correta: “por volta de uma centena”. Sim, existem um pouco mais de cem elementos químicos no universo todo. Parece pouco, mas não é. Sabemos desta verdade ao observar a composição química de elementos existente em nosso planeta, assim como em lugares tão longínquos como as estrelas mais remotas, que emitem luzes e, por conseguinte, informações sobre os tipos de átomos situados em tão distantes lugares.

Outra boa resposta é: “são tantos elementos quantos os existentes na Tabela Periódica”. Esta refere-se àquela tabela da química ensinada nas escolas que disponibiliza vários símbolos de átomos em formatação regular de suas principais propriedades, do mais leve ao mais massivo. Foi elaborada em 1869 pelo genial químico e inventor russo Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), que na época conhecia apenas 63 dos elementos

químicos, publicado no estupendo trabalho “Sobre as Relações das Propriedades dos Pesos Atômicos dos Elementos”.²

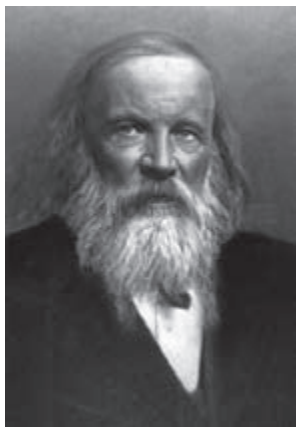


Figura 114 – Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo

Fonte: Wikimedia Commons.

Mas nem sempre foi assim. Já dizia o filósofo grego Aristóteles (384-332 a.C.) há mais de 2 mil anos que toda a matéria era composta de ar, água, fogo e terra, embora muito tempo antes civilizações como a egípcia, babilônica e maia conhecessem e trabalhassem com um pouco mais de meia dúzia de elementos, a maioria metais, como: ouro (Au), prata (Ag), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg), estanho (Sn), chumbo (Pb), carbono (C) e enxofre (S). Com o passar dos anos, foi o químico francês Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) quem primeiro compilou uma lista de por volta de duas dúzias de elementos químicos no seu célebre *Traité Élémentaire de Chimie* (Tratado de Química Elementar) de 1789.

De Mendeleev até nossos dias outros elementos foram descobertos. No dia 1º de maio de 2014 foi publicada a última descoberta num prestigioso jornal,³ envolvendo 72 pesquisadores de 16 instituições diferentes

2 MENDELEJEFF, D. *Ueber die Beziehungen der Eigenschaftenzuden Atomgewichten der Elemente* (Sobre as Relações das Propriedades dos Pesos Atômicos dos Elementos), *Zeitschrift für Chemie*, Leipzig, v. 12, p. 405-406, 1869.

3 KHUYAGBAATAR, J.; YAKUSHEV, A.; DÜLLMANN, CH. E.; ACKERMANN, D.; ANDERSSON, L.-L.; ASAI, M.; BLOCK, M.; BOLL, R. A.; BRAND, H.; COX, D. M.; DASGUPTA, M.; DERKX, X.; DI NITTO, A.; EBERHARDT, K.; EVEN, J.; EVERS, M.;

de diversos países. Rapidamente, a mídia passou a noticiar o registro de um novo elemento químico. Ainda sem nome oficial, é supermassivo e foi criado bombardeando íons de cálcio (elemento Ca com um pouco mais ou menos elétrons) em amostras de berquélio (Bk). Este novo elemento pesado foi confirmado por experimentos com um *colisor* (uma espécie de acelerador de partículas) na Alemanha e deverá ocupar sua justa posição como Elemento 117, o mais novo da Tabela Periódica, assim que houver novos experimentos confirmando o achado. Por exemplo, os últimos elementos 114 e 116 recém-descobertos agora são oficialmente denominados Fleróvio (Fl) e Livermório (Lv), respectivamente, em homenagem aos grupos de pesquisa onde foram sintetizados: Laboratório Flerov de Reações Nucleares, Rússia⁴ e Laboratório Nacional Lawrence Livermore, Estados Unidos,⁵ após confirmações.

Na escola aprendemos que embora os átomos tenham este nome, e signifique α =sem, $\tau\omicron\mu\omicron$ =partes, eles são de fato *divisíveis*, formados basicamente de um núcleo, composto por prótons e nêutrons, e que tal núcleo é rodeado por elétrons. Quanto mais prótons, mais elétrons são necessários em iguais quantidades, pois ambos têm uma propriedade chamada carga elétrica (prótons são positivos e elétrons, negativos, e suas cargas se cancelam, deixando o átomo neutro). Os nêutrons não possuem carga elétrica.

FAHLANDER, C.; FORSBERG, U.; GATES, J. M.; GHARIBYAN, N.; GOLUBEV, P.; GREGORICH, K. E.; HAMILTON, J. H.; HARTMANN, W.; HERZBERG, R.-D.; HEBBERGER, F. P.; HINDE, D. J.; HOFFMANN, J.; HOLLINGER, R.; HÜBNER, A.; JÄGER, E.; KINDLER, B.; KRATZ, J. V.; KRIER, J.; KURZ, N.; LAATIAOUI, M.; LAHIRI, S.; LANG, R.; LOMMEL, B.; MAITI, M.; MIERNIK, K.; MINAMI, S.; MISTRY, A.; MOKRY, C.; NITSCHKE, H.; OMTVEDT, J. P.; PANG, G. K.; PAPADAKIS, P.; RENISCH, D.; ROBERTO, J.; RUDOLPH, D.; RUNKE, J.; RYKACZEWSKI, K. P.; SARMIENTO, L. G.; SCHÄDEL, M.; SCHAUSTEN, B.; SEMCHENKOV, A.; SHAUGHNESSY, D. A.; STEINEGGER, P.; STEINER, J.; TERESHATOV, E. E.; THÖRLE-POSPIECH, P.; TINSCHERT, K.; TORRES DE HEIDENREICH, T.; TRAUTMANN, N. ; TÜRLER, A.; UUSITALO, J.; WARD, D. E.; WEGRZECKI, M.; WIEHL, N.; VAN CLEVE, S. M.; YAKUSHEVA, V. ⁴⁸Ca + ²⁴⁹Bk Fusion Reaction Leading to Element Z=117: Long-Lived α -Decaying ²⁷⁰Db and Discovery of ²⁶⁶Lr (Reação de Fusão ⁴⁸Ca + ²⁴⁹Bk que Leva ao Elemento Z=117: Decaimento de partículas- α de vida longa do ²⁷⁰Db e Descoberta do ²⁶⁶Lr). *Physical Review Letters*, Nova York, v. 112, n. 17, 2014. 172501

4 <flerovlab.jinr.ru/flnr>.

5 <www.llnl.gov>.

Pois bem: o elemento químico mais simples é o hidrogênio (símbolo H) com apenas um próton e um elétron. O cálcio (Ca) tem 20 prótons, 20 nêutrons e 20 elétrons; e o ouro (Au), 79 prótons, 118 nêutrons e 79 elétrons. À medida que o número de prótons aumenta (ou seja, quanto maior o núcleo atômico), há a necessidade de um número *maior* de nêutrons, que auxilia na estabilidade do núcleo, mantendo os prótons unidos (de outra forma, os prótons tenderiam a se separar por ter cargas elétricas iguais, estando muito próximos). Portanto, quanto mais massivos, menos estáveis, ou ainda *radioativos*. De fato, é o que acontece com elementos mais massivos que o urânio (elemento químico U, que tem 92 prótons, 146 nêutrons e 92 elétrons) - todos os demais não são comumente encontrados na natureza, mas podem ser criados em laboratórios. Um exemplo é o próprio berquélio (Bk), que tem 97 prótons, 150 nêutrons e 97 elétrons.

Todo nome de elemento químico tem uma origem, e Bk consiste numa homenagem à Universidade da Califórnia, em Berkeley.⁶ O novo elemento descoberto aguarda apenas que um nome lhe seja atribuído pela União Internacional de Química Pura e Aplicada, na sigla em inglês IUPAC.⁷ Temporariamente este novo integrante da Tabela Periódica está sendo descrito como “ununséptio” (Uus), alusão direta ao numeral 117. Como se esperava, seu núcleo inflado de nêutrons é bastante *instável*. Uma enorme equipe de cientistas do Laboratório de Oak Ridge, nos EUA,⁸ conseguiu criar 13 miligramas de berquélio (uma pequena pitada de átomos), quantidade necessária para ser bombardeada com átomos de cálcio pelos pesquisadores do *Gesellschaft für Schwerionenforschung* (GSI) Helmholtz, Centro de Pesquisas de Íons Pesados, na cidade de Darmstadt, Alemanha.⁹ Tal pesquisa levou um ano e meio para ser finalizada.

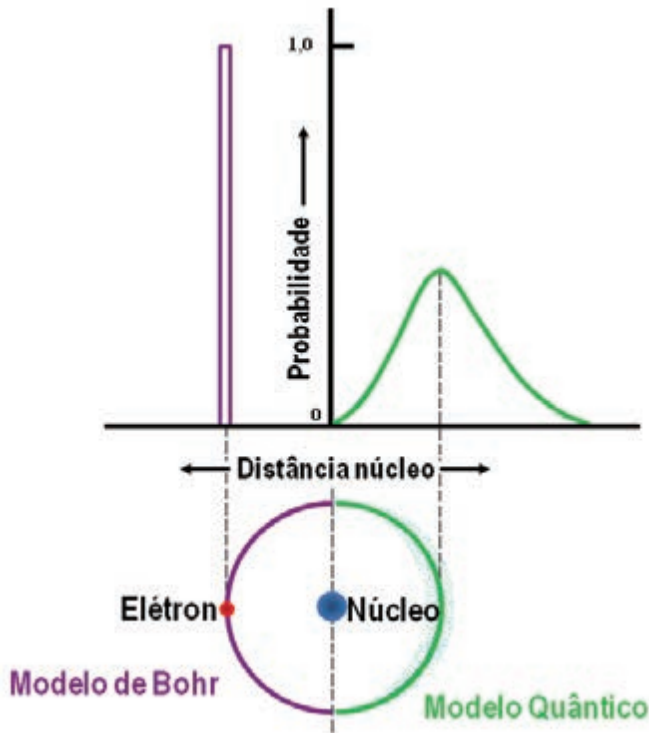
6 <www.berkeley.edu>.

7 <www.IUPAC.org>.

8 <www.ornl.gov>.

9 <www.gsi.de>.

Figura 115 - Diferenças básicas entre o modelo atômico clássico (ou de Bohr, de elétrons ao redor de um núcleo) em contraposição ao modelo quântico, onde cada elétron é uma onda (ou 'nuvem'), e portanto somente faz sentido calcular sua probabilidade de localização em relação ao núcleo



Fonte: ilustração do autor.

Assim, dezenas de pesquisadores de várias partes do mundo aceleraram íons de cálcio (número de prótons $p=20$) a 10% da velocidade da luz, e fizeram com que colidissem com berquélio ($p=97$) no GSI. Quando um núcleo de Ca colidia diretamente com um de Bk, ocasionalmente os dois se fundiam, dando origem a um novo elemento com um total de 117 prótons, produzindo cerca de um átomo por semana. Este novo elemento químico é 40% mais massivo que o chumbo e com meia-vida relativamente longa, de 50 milésimos de segundo. Isto que significa que dentro desse tempo, sendo instável, metade dele decairá em elementos mais leves, transmutando-se.

Algumas pessoas fazem a associação de pesquisas como essas apenas com coisas negativas, como bombas atômicas ou armas nucleares, mas

tais estudos têm diversas aplicações em nosso dia a dia. Em medicina, um exemplo ocorre quando vamos fazer uma cintilografia com o intuito de verificar as condições de nossos órgãos internos, e introduzimos no organismo uma pequena quantidade de materiais radioativos. Estes elementos químicos são denominados *radiotraçadores*, e possuem a propriedade de se acumularem em um determinado órgão, além de emitirem radiação característica. Assim, um radiologista pode determinar o nível e a localização das radiações emitidas por estes elementos após o paciente receber uma pequeníssima dose de material radioativo. Tais radiações incidem sobre detectores especiais, depois repassados para filmes fotográficos, e estes refletem imagens da região ou do órgão que se pretende estudar. Os próprios equipamentos, chamados *colisores* ou aceleradores de partículas, também podem servir para produzir feixes de partículas visando tratamento de cânceres – basta focalizar o feixe, incidindo-o em determinada região do paciente por frações de segundo.

Figura 116 – Artigo original manuscrito de Mendeleev, em 17 de fevereiro de 1869. Note a disposição em forma de tabela dos pesos atômicos com os poucos elementos conhecidos à época

The image shows a handwritten manuscript of Mendeleev's periodic table from 1869. The table is arranged in a grid with columns and rows. The elements are labeled with their chemical symbols and atomic weights. The handwriting is in Russian. The table includes elements such as Lithium (Li), Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Aluminum (Al), Silicon (Si), Phosphorus (P), Sulfur (S), Chlorine (Cl), and others. The atomic weights are listed next to the symbols. The table is surrounded by handwritten notes and a signature.

Fonte: Wikimedia Commons.

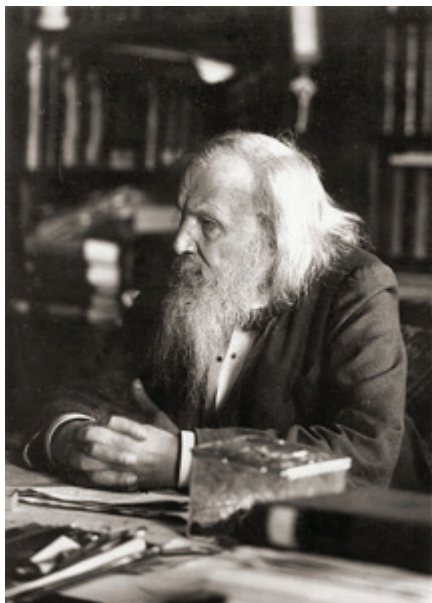


Figura 117 - O professor Mendeleev em seu gabinete (1897)

Fonte: Wikimedia Commons.

A bíblia na ponta de um alfinete e o profeta da nanotecnologia¹

S*ala de aula* pode também ser lugar de profecias. Quando o professor é cativante, excelente, charmoso, empolgado, engajado, o assunto muito interessante, curioso, motivador, inteligente e se envolve ciência ou tecnologia, há grandes chances de ideias maravilhosas simplesmente surgirem. Uma delas de fato ocorreu com ninguém menos que o memorável físico americano Richard Philips Feynman (1918-1988), Prêmio Nobel de Física de 1965 numa bela conferência em sala de aula, a convite da Sociedade Americana de Física, no dia 29 de dezembro de 1959, no célebre Instituto de Tecnologia da Califórnia,² uma das melhores universidades do mundo.

Feynman tinha um jeito todo especial de motivar alunos, ele mesmo um eterno admirador e apaixonado pelas regras da

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 22 de dezembro de 2014.

² <www.Caltech.edu>.

Natureza. Abriu sua interessante palestra, chamada de “Há Mais Espaços Lá Embaixo” (uma tradução livre de *There’s Plenty of Room at the Bottom*), instigando os jovens com a seguinte pergunta: “seria possível colocar todo o conteúdo da Bíblia na ponta de um alfinete? Ou ainda todos os 24 volumes da Enciclopédia Britânica?”

Pareceu estranho provocar uma plateia desta forma no fim da década de 1950, mas hoje isto parece ser brincadeira de criança, pois de fato podemos miniaturizar as informações e depositá-las em regiões tão pequenas como uma cabeça de alfinete.



Figura 118 – Richard Phillips Feynman (1918-1988), físico americano e Prêmio Nobel de Física em 1965³

Fonte: Wikimedia Commons.

Richard P. Feynman

Mas como assim, isto hoje é fácil?

Ora, é só pensar um pouco: quando utilizamos dispositivos como *pen-drives*, eles nada mais fazem do que armazenar informações em pequenas regiões de um dispositivo bastante simples e ordinário nos nossos dias. A profecia de Feynman se concretizou apenas algumas décadas depois. E o segredo se baseia na manipulação em escala atômica: o saber que domina este novo conhecimento chama-se *nanociência*, e a prática deste, *nanotecnologia*. *Nano* em grego significa *muito pequeno*, e desta palavra surgiram outras como “anão”.

³ Foto obtida em 1984 por Tamiko Thiel (n. 1957) próximo da casa de campo de Robert Treat Paine Estate, mais conhecida por *Stonehurst*, Waltham, MA.

Embora Feynman não tenha utilizado estes termos, o conceito foi primeiramente estabelecido por ele naquela célebre aula, *não restam dúvidas*. E discutiu, antevendo um futuro não muito distante, mais precisamente nosso presente, explicando que não apenas haveria muitos “espaços lá embaixo”, ou seja, na escala atômica (i.e., um bilionésimo do metro), como também este novo conhecimento estaria de acordo com as Leis da Natureza.

Ele argumentou o seguinte: “este fato – que quantidades enormes de informação podem ser colocadas em um espaço extraordinariamente pequeno – é, evidentemente, bem conhecido dos biólogos, e resolve o mistério que existia antes de compreendermos tudo isso claramente, ou seja, como podia ser que, na mais diminuta célula, toda a informação para a organização de uma criatura complexa como nós mesmos podia estar armazenada. Toda essa informação – se temos olhos castanhos, se raciocinamos mais rápido, ou que no embrião o osso da mandíbula deveria se desenvolver inicialmente com um pequeno orifício no lado, de forma que mais tarde um nervo poderia crescer através dele - toda essa informação está contida em uma fração minúscula da célula, em forma de uma longa cadeia de moléculas de DNA, na qual aproximadamente 50 átomos são usados para cada *bit* de informação sobre a célula”.

Anteviu, portanto, nesta aula a possibilidade de construção dos circuitos elétricos que formam os *chips* dos computadores, e em especial as nanomáquinas, estas baseadas na ideia de seu aluno, depois amigo, o matemático americano Albert Roach Hibbs (1924-2003). Elas são como as máquinas que inundam nosso cotidiano. Têm eixos, rolamentos, engrenagens e rodas, respondem a comandos e são alimentadas por energia. A diferença é que suas dimensões são da ordem de 10^{-9} m, ou seja, um metro dividido em um bilhão de partes. O curioso é que as nanomáquinas podem ser naturais ou artificiais. As naturais trabalham em nosso organismo, e podemos citar várias delas, como os ribossomos ou ainda a proteína miosina. Esta última é responsável pela contração e extensão muscular e pertence a uma classe de motores lineares proteicos que convertem energia química em trabalho, com base nos movimentos coletivos de seus componentes moleculares. Consiste numa máquina biológica

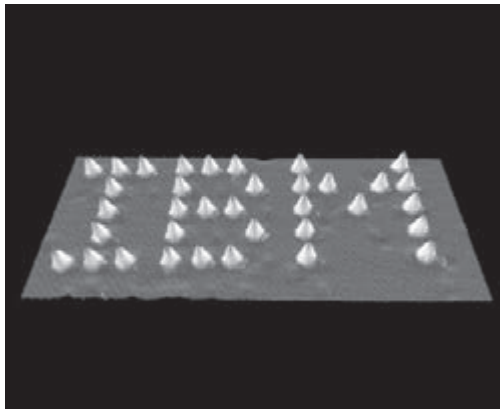
complexa e sofisticada cujo funcionamento é responsável por um processo vital do organismo.

Assim, Feynman antecipou o conceito utilizado pelo genial escritor russo-americano Isaac Asimov (1920-1992) no célebre roteiro do filme de ficção científica “Viagem Fantástica”,⁴ que também se tornou um *best-seller*. Nesta, um submarino é reduzido a tamanho microscópico e introduzido no corpo de uma pessoa, a fim de destruir um coágulo sanguíneo de um grande cientista em coma. O erro da obra é imaginar o processo de miniaturização do submarino (impossível fisicamente, portanto, é ficção mesmo!), mas a construção de nanomáquinas percorrendo a corrente sanguínea é um conceito correto e possível.

O termo *nanotecnologia* foi criado pelo cientista japonês Norio Taniguchi (1912-1999) numa Conferência Internacional sobre Engenharia de Produção em Tóquio, no ano de 1974 (faz, portanto, 40 anos o uso do termo...). Pouco tempo depois foi inventado o “Microscópio de Corrente de Tunelamento” (*Scanning Tunneling Microscope*, STM), elaborado em 1981 pela dupla de físicos Heinrich Rohrer (1933-2013, suíço) e Gerd Binnig (n. 1947, alemão) na International Business Machines (IBM) de Zurique, recebendo ambos o Prêmio Nobel em 1986. Neste mesmo ano surgiu o primeiro livro sobre o assunto, “Motores da Criação” (uma tradução livre de “*Engines of Creation*”), que foi transformado numa tese em 1991 pelo engenheiro americano Kim Eric Drexler (n. 1955). Pode-se dizer que Drexler levou a nanotecnologia ao conhecimento de uma vasta audiência, até então restrita a físicos, químicos e engenheiros de materiais, e lembrou a aula magna de Feynman no Caltech.

4 ASIMOV, I. *Fantastic Voyage* (Viagem Fantástica). Ed. Bantam, Nova York, p. 239, 1966.

Figura 119 – O célebre feito de Donald Eigler e Erhard Schweizer em 1990, posicionando 35 átomos de Xenônio num substrato de níquel metálico à temperatura ultrabaixa utilizando a ponta de um Microscópio de Corrente de Tunelamento



Fonte: Cortesia IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda.

Um último importante acontecimento científico ocorreu em 1990, quando foi publicado na prestigiosa revista *Nature* o espantoso experimento de Donald Eigler (n. 1953) e Erhard Schweizer (c. 1963), quando manipularam precisamente 35 átomos de xenônio (elemento químico Xe) na superfície de níquel metálico (Ni, direção preferencial 110) utilizando a ponta de um STM sob temperatura de incríveis 4 K, onde escreveram o nome da empresa deles, IBM.⁵ O sonho de Feynman da manipulação átomo a átomo finalmente tornou-se realidade e o nanomundo começou a se modificar com estes 35 átomos.

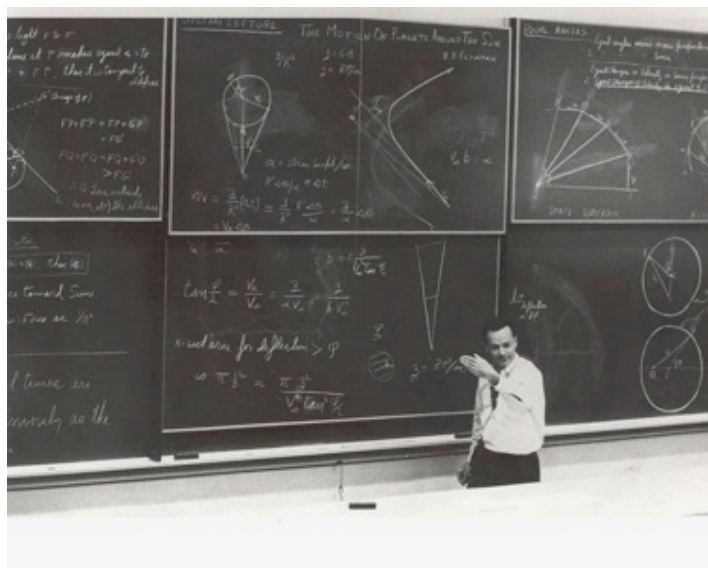
De forma bastante resumida, existem dois tipos básicos de construção em nanotecnologia: a) *Bottom-up* ('de baixo para cima', ou átomo a átomo, como no experimento de Eigler-Schweizer); b) *Up-down* ('de cima para baixo', por exemplo desbastando ou desgastando um determinado material átomo a átomo). Há muitos exemplos de dispositivos elaborados

⁵ EIGLER, D. M.; SCHWEIZER, E. K. *Positioning Single Atoms with a Scanning Tunneling Microscope* (Posicionando Átomos com um Microscópio de Corrente de Tunelamento). *Nature*, London, v. 344, p. 524-526, 1990.

com base na nanotecnologia. Entre eles podemos citar: i) Testes de gravidez utilizando partículas nanométricas de ouro (elemento químico Au); ii) Protetores solares com nanopartículas de óxido de zinco (ZnO); iii) Lentes fotocromáticas, que escurecem na presença de luz solar, pois contêm nanopartículas de prata; iv) Baterias de celulares e *notebooks*, entre outros. Novos medicamentos, materiais e dispositivos deverão ser criados à luz deste novo conhecimento, de alcance bilionário.

Para quem tiver curiosidade, pode encontrar a transcrição da espetacular conferência de Feynman,⁶ ou ainda na internet. Ele simplesmente escreveu um dos mais famosos livros de física que existe: *Lições de Física de Feynman*, publicado pela Editora Bookman em 2008. Há também uma hilária autobiografia intitulada *O Senhor está Brincando, Sr. Feynman?* - *As Estranhas Aventuras de um Físico Excêntrico*, publicado pela Editora Campus em 2006.

Figura 120 – Palestra especial do Prof. Richard Feynman “Sobre o movimento dos planetas ao redor do Sol” em 13 de março de 1964 no Caltech



Fonte: Wikimedia Commons.

6 FEYNMAN, R. P. *There's Plenty of Room at Bottom* (Há mais espaços lá embaixo). *Engineering and Science*, Pasadena, v. 23, p. 22-36, 1960.

Nela vamos descobrir que visitou o Brasil, mais precisamente o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), residindo no Rio de Janeiro – adorava samba e aprendeu a tocar bongô aqui. Outras informações sobre a vida e trabalhos deste incrível cientista, basta acessar o *site* da família Feynman.⁷ Como um profeta, ele literalmente abriu as portas do mundo muito, muito... pequeno, pequeníssimo, e mostrou que ainda há realmente muitos espaços lá embaixo: manipulando na escala atômica, onde é possível deixar para a posteridade todas as palavras do Senhor na cabeça de um alfinete, todo o conteúdo da bíblia e mais, muito, muito... mais!

Figura 121 – Almoço durante uma das visitas do físico norte-americano Richard Feynman ao Brasil em 1952⁸



Fonte: Cortesia Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

7 <www.feynman.com>.

8 À esquerda da mesa, na ordem, Roberto Aureliano Salmeron, Gabriel Fialho, Francisco Mendes de Oliveira Castro, Gerard Hepp, Álvaro Diffini, Cesare Mansueto Giulio Lattes, Antônio José da Costa Nunes, Ugo Camerini, José Leite Lopes, Paulo Emídio Barbosa, e Homero Lenz César. À direita, na ordem, Homero Brandão, Henry British Lins de Barros, Nelson Lins de Barros, Neusa Margem (depois Amato), Richard Philips Feynman, Elisa Frota-Pessoa, Guido Beck, Helmut Schwartz, Jayme Tiomno, Reinhard Oehme e George Heinrich Rawitscher. A foto está assinada pelos presentes.

A paciente descoberta da Tabela Periódica, o alfabeto do universo¹

O universo é feito de átomos. Existem outros ingredientes, como a energia, luz e o vácuo. Mas o que surpreende os cientistas é que são necessários um pouco mais de uma centena de tipos de elementos químicos (ou átomos) na natureza. Decerto sempre existem os incrédulos a duvidar, pois o universo é enorme e complexo...

Sabemos desta verdade ao observar a composição química de elementos existentes em nosso planeta, assim como em lugares tão longínquos como as estrelas mais remotas, que emitem luzes e, por conseguinte, informações sobre os tipos de átomos situados em tão distantes lugares. Mais recentemente a sonda *Curiosity* revelou que, além de água (H₂O), a composição

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 11 de janeiro de 2015.

de elementos químicos das rochas na superfície do planeta Marte não difere do que se encontra no nosso planeta.²



Figura 122 - Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Pintura a óleo incompleta de Anna Ivanovna Mendeleeva (1860-1942) em 1885

Fonte: Wikimedia Commons.

Isto não surpreende, pois quando o homem alcançou a Lua, em 20 de julho de 1969 a partir da missão da *Apollo 11*, foi possível trazer materiais lunares (principalmente rochas) para estudos e análises – e os elementos químicos verificados foram dos mesmos tipos existentes na Tabela Periódica.

Um simples argumento numérico a favor da quantidade de tipos de elementos químicos no universo é que existem apenas 23 letras no alfabeto, e apenas com estes símbolos podemos escrever *tudo* em nossa língua, sejam aspirações, desejos, romances, poemas, grandes obras ou mesmo este despretenso texto. Incluindo outras 3 letras (K, W e Y), o alfabeto abrange outras línguas e culturas, com capacidade similar de expressão.

Vale lembrar, ainda com relação aos tipos de átomos no universo, que desconsideraremos detalhes como a presença de isótopos (variantes de um elemento químico particular) somente para facilitar o raciocínio. De fato, poucos conhecem a interessante história do descobrimento da Tabela Periódica, que apresenta todos os elementos químicos identificados por símbolos de átomos em formatação regular de suas principais propriedades, do mais leve ao mais massivo. Foi elaborada em 1869 pelo genial químico e inventor russo Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), que

² GROTZINGER, J. P. *Analysis of Surface Materials by the Curiosity Mars Rover* (Análise de Materiais da Superfície de Marte pelo *Curiosity Rover*). *Science*, Nova York, v. 341, p. 1475, 2013.

também se escreve *Mendeleiev*, *Mendelejev*, *Mendelejeff* ou *Mendeleef*. Ele na época conhecia apenas 63 dos elementos químicos, e publicou um estu-
pendo trabalho: “Sobre as Relações das Propriedades dos Pesos Atômicos
dos Elementos” em apenas duas páginas.³ Naquela época os átomos eram
ainda considerados *indivisíveis*, ou seja, ainda não se conhecia a estrutura
interna, de um núcleo massivo com prótons e nêutrons arrodoados de elé-
trons bastante leves e rápidos.



Figura 123 – Pintura a óleo de Mendeleev por Ilya Yefimovich Repin (1844-1930) em 1885. Galeria Tretyakov, Moscou, Rússia

Fonte: Wikimedia Commons.



Figura 124 – Pintura a óleo de Mendeleev por Nikolai Alexandrovich Yaroshenko (1846-1898) em 1886. Arquivo do Museu Dmitri Mendeleev na Universidade Estatal de São Petersburgo, Rússia

Fonte: Wikimedia Commons.

³ MENDELEJEFF, D. *Ueber die Beziehungen der Eigenschaftenzuden Atomgewichten der Elemente* (Sobre as Relações das Propriedades dos Pesos Atômicos dos Elementos). *Zeitschrift für Chemie*, Leipzig, v. 12, p. 405-406, 1869.

Figura 125 - Artigo original de Mendeleev em 1869⁴

Bei der Vergleichung der gefundenen Zusammensetzung des Korns mit der des Mehls ergibt sich, dass verloren gingen:

Asche	Kleber	Stärke	
0,043 Proc.	1,142 Proc.	6,459 Proc.	zusammen 7,644 Proc.

Davon wurden verliert 3,988 Proc. Mehl, also beträgt die Differenz der Analysen etwa 3,7 Proc. Verf. glaubt, dass diese Differenz im Stärkegehalt zu suchen ist, weil dieser sich nicht genau bestimmen lässt. — Die Zusammensetzung einer Mehlprobe, welche noch alle Kleie enthält, stimmte fast völlig überein mit der des ganzen Korns. Es wurde gefunden:

Wasser	10,743					
Stickstoff	2,506					
Stärke	64,475	FeO ₂	CaO	MgO	KO	NaO PO ₂
Asche	1,503, worin	0,852	4,246	14,721	31,898	6,704 49,720 = 102,141.

Dagegen hatte ein Mehl des ganzen Korns, aus welchem 13 Proc. Kleie abgesondert war, folgende Zusammensetzung:

Wasser	10,548					
Stickstoff	2,518					
Stärke	65,660	FeO ₂	CaO	MgO	KO	NaO PO ₂
Asche	1,032, worin	1,338	5,085	12,425	31,456	1,878 48,761 = 100,943.

(Ann. Ch. Pharm. 149, 343.)

Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. Von D. Mendeleeff. — Ordnet man Elemente nach zunehmenden Atomgewichten in verticale Reihen so, dass die Horizontalreihen analoge Elemente enthalten, wieder nach zunehmendem Atomgewicht geordnet, so erhält man folgende Zusammenstellung, aus der sich einige allgemeinere Folgerungen ableiten lassen.

			Tl = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		Yt = 56	La = 94		
		Yt = 60	Di = 95		
		Ti = 75,6	Th = 118?		

1. Die nach der Größe des Atomgewichts geordneten Elemente zeigen eine stufenweise Abänderung in den Eigenschaften.
2. Chemisch-analoge Elemente haben entweder übereinstimmende Atomgewichte (Pt, Ir, Os), oder letztere nehmen gleichviel zu (K, Rb, Cs).
3. Das Anordnen nach den Atomgewichten entspricht der *Wertigkeit* der Elemente und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischen Verhalten, z. B. Li, Be, B, C, N, O, F.
4. Die in der Natur verbreitetsten Elemente haben kleine Atomgewichte

Fonte: Wikimedia Commons.

4 O artigo apresenta todos os elementos conhecidos na época por Mendeleev apresentados de maneira sistemática e um pouco diferente da atual Tabela Periódica. Tais elementos encontram-se dispostos em linhas e colunas, ordenados pela massa atômica e começando uma nova coluna (ou linha) quando as características dos elementos passam a se repetir. Lendo a partir da coluna mais à esquerda, as colunas listam os elementos na ordem ascendente de suas massas atômicas. As fileiras horizontais listam os elementos em grupos com propriedades gradativas semelhantes. Observe que as interrogações indicam elementos químicos apenas previstos, porem descobertos tempos depois.



Figura 126 – Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Pintura a óleo de Ivan Nikolaevich Kramskoi (1837-1887) em 1878

Fonte: Wikimedia Commons.

No delicioso livrinho do escritor inglês Paul Strathern (n. 1940), *O Sonho de Mendeleiev*, publicado pela Editora Zahar em 2002, há uma bela história, verdadeira ou não, sobre o surgimento da principal tabela da química. Cada tipo de elemento tem massas atômicas diferentes (hoje sabemos que equivale a soma de prótons e nêutrons), sendo o mais leve o hidrogênio (símbolo H), valendo 1 enquanto referencia aos demais. Na época de Mendeleev o elemento mais massivo era o chumbo (Pb), com massa estimada de 207. É verdade que algumas pessoas naquela época já tentavam reunir grupos de elementos com propriedades semelhantes e seus diferentes pesos, sem muito sucesso.

Mendeleev, então professor de química na Universidade de São Petersburgo, Rússia,⁵ literalmente quebrava a cabeça com este problema no dia 17 de fevereiro de 1869, uma quarta-feira. Segundo Strathern, Mendeleev precisava fazer uma longa viagem de trem, e frequentemente jogava ‘paciência’ para passar o tempo. Assim, ao tomar as cartas viradas para baixo do baralho, desvirava-as uma por uma em grupos de ases: copas, espadas, ouros e paus, colocando cada *naipe* em linha, em números descendentes. Reza a lenda que ele teve uma súbita ideia (*insight*), e modificou o jogo de cartas, a partir de um maço de fichas brancas, inventando novos cartões. Um por um, escrevia o símbolo químico de um elemento em letra de forma, depois sua massa atômica e uma curta lista de propriedades

5 Para conhecer mais acesse: <www.spbu.ru>.

características (como ponto de fusão, densidade, raio atômico ou valência, o que estivesse à mão). Preencheu então 63 cartões, um para o hidrogênio (carta H), outro para o oxigênio (carta O), flúor (carta F), telúrio (carta Te), chumbo (carta Pb), e assim por diante. Espalhados os cartões sobre a mesa, começou a perceber um padrão com os elementos químicos em termos de grupos e em função das massas atômicas! Também notou que, a despeito de uma regularidade, havia cartas faltando! Isto é, novos elementos deveriam existir, se o padrão se mantivesse...

Seu principal resultado foi: “as propriedades dos elementos variam *periodicamente* com sua massa”. Por esta razão a tabela é dita *periódica*. Hoje os elementos estão dispostos na Tabela em ordem crescente de número atômico (i.e., número de prótons), em sete fileiras horizontais chamadas *períodos*. O arranjo é tal que todos os elementos localizados em uma dada *coluna* (ou *grupo*) possuem estruturas semelhantes dos seus elétrons de valência, assim como outras propriedades químicas e físicas similares. Para quem não lembra, valência é um número que indica a capacidade que um átomo de um elemento tem de se combinar com outros átomos, capacidade essa que é medida pelo número de elétrons que um átomo pode *dar*, *receber*, ou ainda *compartilhar* de forma a constituir uma ligação química.

Figura 127 - Selo comemorativo soviético do Centenário da Descoberta da Tabela Periódica por Mendeleev, em 1969. Há inscrições de fórmulas químicas e correções em vermelho pelo autor



Fonte: Wikimedia Commons.

Em 1955 foi descoberto o elemento químico de número atômico 101 – e denominado de mendelévio (símbolo Md), em reconhecimento ao fantástico feito russo. Mais recentemente foi encontrado o elemento químico de número atômico 117, ainda sem nome. Sem sombra de dúvidas podemos considerar a Tabela Periódica como o “alfabeto das coisas que compõem o mundo”. Graças à paciente descoberta de Mendeleev, hoje podemos compreender melhor nosso universo.

Carnaval, “Eva” e os três últimos minutos do universo¹

Há uma bela canção no Carnaval de Salvador, sem dúvida o maior do mundo, tocada em gênero musical único, repetidamente desde o início da década de 1980 pelo Bloco e Banda Eva,² que em 2015 completa 35 anos de fundação. Sucesso primeiro nas vozes do grupo Rádio Taxi, rapidamente passou a ser um dos hinos momescos da Bahia.

Muitos conhecem letra e melodia de cor e salteado, e identificam a música com a banda de mesmo nome, mas poucos sabem que a composição “Eva” na verdade é uma versão da canção homônima em estilo *pop rock* de enorme êxito elaborada pelo famoso cantor, compositor e produtor musical italiano Umberto Tozzi (n. 1952), em álbum de mesmo nome lançado em 1982, letra que contou ainda com a parceira de Giancarlo Bigazzi (1940-2012).

¹ Publicado na versão impressa do jornal *Correio da Bahia* em 29 de janeiro de 2015, pág. 2.

² Ver: <www.bandaeva.com.br>.

No Brasil o estrondoso sucesso deveu-se a competente versão de Marcos Ficarelli (n. 1948). A letra da música é narrada por um homem que afirma chegar o fim da Humanidade, pois o “sol não apareceu” e “toda a terra” foi “reduzida a nada, nada mais”. Ele e sua amada, porém, se salvarão, embarcando em uma “última astronave”, como uma “arca de Noé”. O casal, então, formaria um novo Adão e Eva, viajando pelo espaço “além do infinito”.



Figura 128 - Paul Charles William Davies (n. 1946), físico e escritor inglês

Fonte: Wikimedia Commons.



De fato não há como prever se haverá um fim, e se este seria como diz a canção. No entanto, há bons livros científicos, bastante respeitados, que tratam do assunto. Um deles, acessível ao público leigo, recebeu o título de *Os Três Últimos Minutos*, do físico e escritor inglês Paul Charles William Davies (n. 1946), publicado pela editora Rocco em 1994. O livro especula como seria o fim do mundo, combinando as mais recentes ideias científicas sobre o destino final do Universo com situações que a humanidade pode vir a presenciar.

Os astrônomos têm hoje uma clara noção do destino que cabe às estrelas e outros corpos celestes a partir de teorias e dados existentes. Por extrapolação, pode-se chegar a algumas conclusões lógicas, ainda que especulativas. Davies cita alguns processos que, embora com baixíssima probabilidade, podem levar ao fim o universo, como a radiação proveniente dos confins estelares ou mesmo o simples decaimento de prótons (embora estes sejam bastante estáveis).

Ainda de acordo com o livro, Davies também leva em consideração algumas das várias formas em que a vida em nosso planeta poderia deixar

de existir, como uma lenta degradação ecológica, grandes mudanças climáticas ou mesmo uma pequena variação na produção de calor pelo Sol. A ficção científica é pródiga em filmes a respeito, como “2012”, “*Impacto Profundo*”, “*O Dia Depois de Amanhã*”, entre outros.

Temos hoje, portanto, uma noção razoável de algumas possibilidades, mas como será o seu fim? Como uma explosão, um implosão, ou simplesmente não terminará? Ainda não sabemos, mas ao menos é possível evitar algumas das catástrofes no planeta Terra – talvez baste utilizar dos novos recursos tecnológicos e da inteligência *coletiva*. Há esperança, e ela depende de nós – “Eva” é também um hino a nos lembrar da herança a ser deixada para as próximas gerações se não salvarmos o planeta. Curiosamente, a composição ao menos coincide com o título do livro de Davies, pois têm um pouco mais de três minutos. Tomara que não seja necessário elaborar um plano de escape para evitar o fim da humanidade, qual como na canção...

—

P.S.:

A hipótese sobre a possibilidade do decaimento de prótons tem uma história interessante também envolvendo o carnaval. Os prótons fazem parte da constituição da matéria, junto com os elétrons e nêutrons, e são de fato relativamente bastante estáveis, embora não existam evidências experimentais de que eles se transformem em outras partículas (ainda que seja possível em teoria). No entanto, foram registrados eventos de partículas denominadas *neutrinos* no Observatório de Kamioka (Instituto de Pesquisas em Raios Cósmicos, Universidade de Tóquio, Japão). Tal lugar também serve de experimento para a busca do decaimento de prótons, numa antiga mina de zinco de um 1 km de profundidade. O evento ocorreu numa terça no dia 24 de fevereiro de 1987 (uma semana antes do Carnaval...), em que se observaram interações destas partículas elementares com a matéria, curiosamente após a explosão de uma *supernova*. Conhecida como 1987A, situada a aproximadamente 168 mil anos-luz da Terra, a supernova nada mais é do que uma explosão estelar – literalmente, a morte de uma estrela – esta ocorrida na borda da Grande Nuvem de Magalhães.



Figura 129 – Retrato oficial de Masatoshi Koshiba (n. 1926) em 2002 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Cortesia The Nobel Foundation.

Por emitir uma quantidade incrivelmente grande de radiação e partículas, entre elas os neutrinos, estes colidiram ao acaso com alguns dos núcleos que compunham os átomos de aproximadamente 3.000 toneladas de H_2O ultrapura dentro de um enorme cilindro de aço inox da mina japonesa, envoltos por detectores apropriados. Os vários estudos no Observatório Kamioka renderam alguns prêmios, entre eles o Nobel de Física de 2002 para o astrofísico japonês Masatoshi Koshiba (n. 1926) pela detecção destes neutrinos cósmicos.

Eva³

Rádio Táxi

Meu amor,
Olha só, hoje o sol não apareceu
É o fim da aventura humana na terra
Meu planeta, adeus
Fugiremos nós dois na arca de Noé

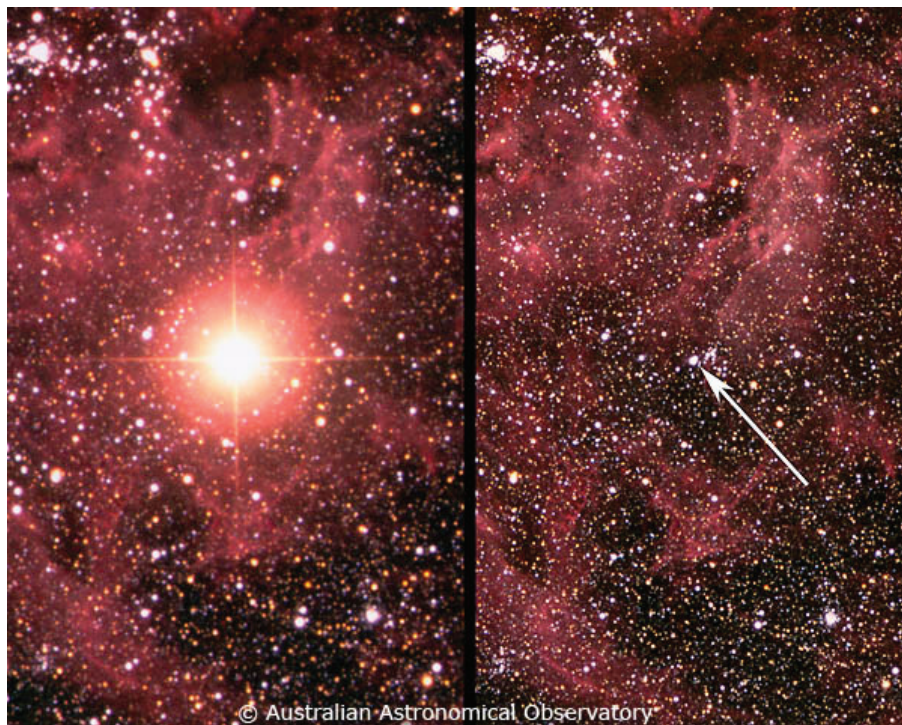
³ Composição de G. Bigazzi, U. Tozzi. Adaptação M. Ficarelli. Epic Records 1983.

Olha meu amor
O final da odisseia terrestre
Sou Adão e você será

Minha pequena Eva, Eva
O nosso amor na última astronave, Eva
Além do infinito eu vou voar
Sozinho com você
E voando bem alto, Eva
Me abraça, pelo espaço de um instante, Eva
Me envolve com teu corpo e me dá
A força pra viver

Pelo espaço de um instante
Afinal não há nada mais
Que o céu azul pra gente voar
Sobre o Rio, Beirute ou Madagascar
Toda terra reduzida a nada, nada mais
Minha vida é um *flash*
De controles, botões antiatômicos
Olha bem meu amor
É o fim da odisseia terrestre
Sou Adão e você será...

Figura 130 – Imagem da explosão da Supernova 1987A.⁴ A seta indica o local do início do evento



Fonte: Cortesia do Observatório Astronômico Australiano.

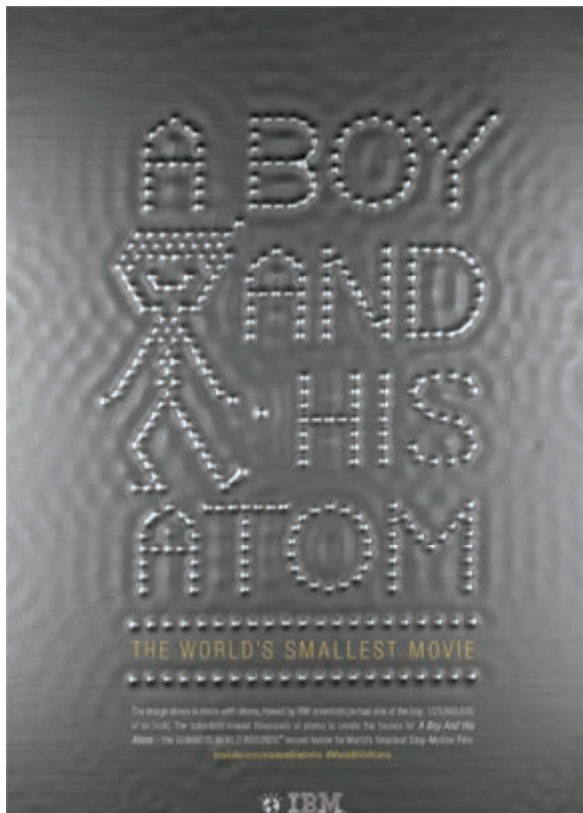
4 A ilustração mostra a situação dez dias depois e antes (a estrela antiga estrela supergigante Sanduleak -69° 202, indicada pela seta). A intensidade da explosão atingiu aproximadamente o brilho de 100.000.000 de sóis por vários meses. As primeiras observações foram obtidas pelos astrônomos Ian Keith Shelton (n. 1957, canadense) e Oscar Duhalde (n. 1950, chileno) no Laboratório Astronômico de Las Campanas (<www.lco.cl>), Chile. As fotografias acima pertencem ao antigo Observatório Anglo-Australiano, agora Observatório Astronômico Australiano (*Australian Astronomical Observatory*, <www.aao.gov.au>), e foram tiradas pelo astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941) no site do autor: <www.davidmalin.com>, denominada AAT 50a.

Um Oscar para o menor filme do mundo (baseado em Átomos)¹

A *International Business Machines* (IBM) produziu há poucos meses o menor filme do mundo baseado em átomos. Chamado de *A Boy and His Atom: the World's Smallest Movie* (algo como: Um Garoto e seu Átomo - o Menor Filme do Mundo), os cientistas da companhia ampliaram o movimento de átomos reais por até 100 milhões de vezes e criaram o filme, que dura apenas um minuto e é facilmente encontrado no *Youtube*. Foram gravadas pouco mais de 240 imagens, e guardadas como quadros individuais para fazer a animação *stop-motion*. Para se ter uma ideia, cada quadro mediu 45 por 25 nanômetros, sendo um nanômetro a medida de um metro dividido em um bilhão de partes. Tal filme foi reconhecido recentemente como o menor do mundo pelo Livro Guinness de recordes.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 30 de janeiro de 2015.

Figura 131 – Pôster oficial do filme Um Garoto e seu Átomo - o Menor Filme do Mundo, da IBM, lançado em 2013



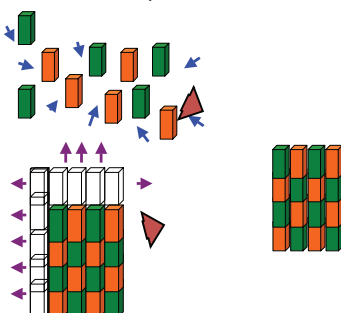
Fonte: Cortesia: IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda.

A animação conta a história de um garoto que é amigo de um pequeno átomo que brinca com ele. Há muitos materiais suplementares no *site* da empresa, explicando por exemplo as ondulações ao redor de cada átomo ou como eles foram capturados um por um. Foram utilizados dados reais (i.e., nenhum “efeito especial”), observando um total de 65 moléculas de monóxido de carbono aplicadas por uma sonda de cobre denominada STM (*Scanning Tunneling Microscope*, ou Microscópio de Corrente de Tunelamento) num substrato de cobre sob baixa temperatura (apenas 5 K), e as imagens obtidas com o auxílio de potentes microscópios de tunelamento.

O interesse de empresas como a IBM na manipulação de átomos consiste, por exemplo, na possibilidade de armazenamento de dados. É preciso cada vez mais guardar informações em espaços cada vez menores. E o limite é a própria matéria. A mensagem que estes filmes passam ao público é bastante clara: “manipulamos a matéria na escala atômica”. É um recado poderoso, pois o mundo é feito de átomos e moléculas.

Esta possibilidade foi profetizada numa bela conferência na noite de 29 de dezembro de 1959, pelo memorável físico americano Richard Philips Feynman (1918-1988), Prêmio Nobel de Física de 1965, a convite da Sociedade Americana de Física, no célebre Instituto de Tecnologia da Califórnia, uma das melhores universidades do mundo. Sua palestra foi intitulada de “Há mais espaços lá embaixo” (uma tradução livre de *There’s Plenty of Room at the Bottom*), e Feynman perguntou a plateia: “se pudéssemos arranjar átomos da maneira como desejamos, quais propriedades eles poderiam ter? Quem sabe? Eu não sei exatamente o que pode acontecer, mas tenho quase certeza de que, quando tivermos algum controle sobre como arranjar as coisas em escala molecular, conseguiremos uma gama enorme de possíveis propriedades que as substâncias podem ter e de coisas que poderemos fazer.” Este novo saber chama-se *nanociência*, e a prática deste, *nanotecnologia*. Nano em grego significa *muito pequeno*, e desta palavra surgiram outras como “anão”.

Figura 132 – Esquematisação dos dois processos básicos em nanotecnologia: de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top-down*). Os bloquinhos indicam as menores unidades da matéria (podem ser átomos ou mesmo moléculas). Adicionando elementos um a um pode-se obter um exemplo de nanoconstrução; já o segundo tipo, via desgaste, também produz nanoestruturas importantes

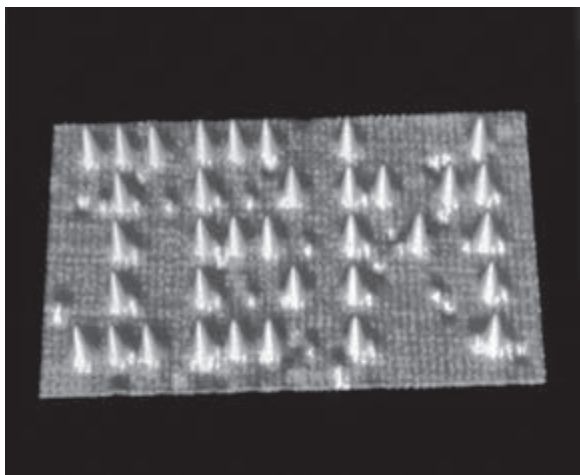


Fonte: ilustração do autor.

O termo *nanotecnologia* foi criado pelo cientista japonês Norio Taniguchi (1912-1999) numa Conferência Internacional sobre Engenharia de Produção em Tóquio em 1974 – portanto, fazem quarenta anos que esta ideia recebeu a denominação atual. Pouco tempo depois foi inventado um equipamento dos sonhos de Feynman, um STM (o mesmo tipo utilizado no filme, mas obviamente mais moderno), elaborado em 1981 pela dupla de físicos Heinrich Rohrer (1933-2013) e Gerd Binnig (n. 1947) na IBM de Zurique, recebendo ambos o Prêmio Nobel de Física em 1986.

Um importante acontecimento científico ocorreu em 1990, quando foi publicado na prestigiosa revista *Nature* o espantoso experimento de Donald Eigler (n. 1953) e Erhard Schweizer (c. 1963), que manipularam precisamente 35 átomos de xenônio (elemento químico Xe) na superfície de níquel metálico (Ni, direção preferencial 110) utilizando a ponta de um outro STM sob temperatura de 4 K, onde escreveram o nome da empresa deles, IBM.²

Figura 133 - Uma imagem dos trinta e cinco átomos de Xe num substrato de Ni sob temperatura de 4 K, conforme publicado na prestigiosa revista *Nature* em 1990



Fonte: Cortesia: IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda.

- 2 EIGLER, D. M.; SCHWEIZER, E. K. *Positioning Single Atoms with a Scanning Tunneling Microscope* (Posicionando Átomos com um Microscópio de Corrente de Tunelamento). *Nature*, London, v. 344, p. 524-526, 1990.

Figura 134 – Donald Mark Eigler (n. 1953), físico americano que produziu o logotipo da IBM na forma de átomos em 1989, junto com seus cães Neon e Argon

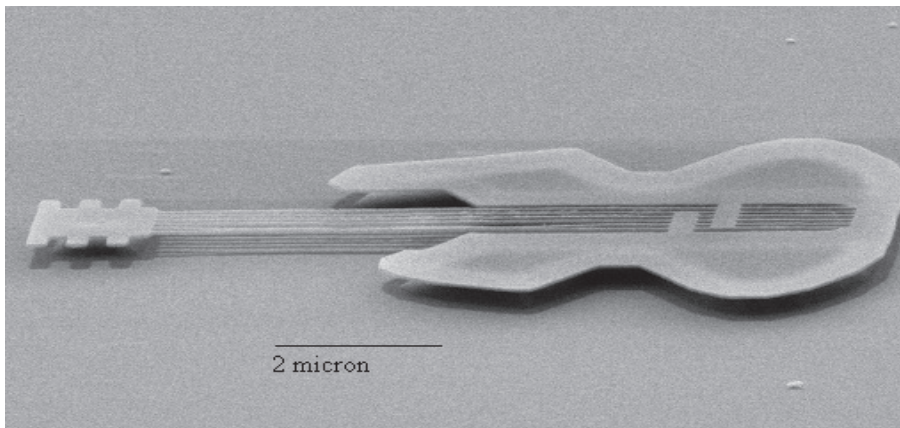


Fonte: Wikimedia Commons.

A mesma empresa propiciou a montagem do filme atômico um pouco mais de vinte anos depois. Usando os resultados da metodologia aplicada no filme, a IBM anunciou que agora pode armazenar um único *bit* de informação em apenas 12 átomos. Tal resultado é incrível a se comparar com a atual tecnologia, que leva cerca de um milhão de átomos para armazenar um único *bit*. Em termos práticos hoje podemos armazenar apenas dois filmes em um pequeno *smartphone*, mas a nova tecnologia pode aumentar em pelo menos milhares de vezes a capacidade de armazenamento, ou seja, milhares de filmes!

No término do filme, ao invés de “fim” surge a palavra *Think* (“Pense”), um célebre lema da IBM. Merecia um Oscar, ou pelo menos um *nanOscar*... Brincadeiras à parte, realmente é para se pensar e refletir sobre as próximas aplicações da nanotecnologia, pois o sonho de Feynman da manipulação de átomos finalmente tornou-se realidade, e o nanomundo começou a se modificar com estes 65 pequenos protagonistas. Agora a nanotecnologia pode dizer: Luz, Câmera... Átomos!

Figura 135 - Imagem de microscopia eletrônica da menor guitarra do mundo: a nanoguitarra³



Fonte: Cortesia: Harold Gene Craighead, Professor de Física Aplicada e Engenharia, Cornell University.

- ³ Um exemplo de tecnologia nano tipo *top-down*, com comprimento $\approx 10 \mu\text{m}$ - aproximadamente o tamanho de uma hemácia e $\approx 1/20$ da espessura média de um fio de cabelo. Suas seis cordas têm o diâmetro de $\approx 50 \text{ nm}$ (≈ 100 átomos lado a lado). É possível mover as cordas e produzir som (inaudível para humanos) de ≈ 10 megahertz. Criado por pesquisadores de Cornell a partir de litografia em cristais de silício. Foto de Dustin W. Carr e Harold G. Craighead em 22 de julho de 1997 - <www.hgc.cornell.edu>.

Uma breve história de tudo¹

A *cabou de entrar* em cartaz nos cinemas brasileiros o filme candidato ao Oscar *A Teoria de Tudo*,² baseado na vida do físico e cosmólogo inglês Stephen William Hawking (n. 1942). O filme tem como estrelas Eddie Redmayne (Hawking) e Felicity Jones (sua esposa Jane). Ele é nada mais que um dos mais consagrados cientistas da atualidade. Doutor em cosmologia, foi professor lucasiano de matemática na Universidade de Cambridge,³ onde hoje encontra-se como professor emérito (aposentado), um posto que já foi ocupado por mentes brilhantes tais como Isaac Newton (1642-1727), Charles Babbage (1791 - 1871), George Gabriel Stokes (1819-1903) e Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984), entre poucos outros.

1 Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 09 de fevereiro de 2015.

2 *The Theory of Everything* (A Teoria de Tudo). Direção: James Marsh (n. 1963). *Universal Pictures*, 2014.

3 <www.cam.ac.uk>.

Conhecido pelo *best-seller* mundial *Uma Breve História do Tempo: do Big Bang aos Buracos Negro*, publicado pela editora Rocco em 1988, nasceu exatamente no aniversário de 300 anos da morte de Galileu Galilei (1564-1642) e de nascimento de Newton. Graduiu-se em 1959 no *University College*, Oxford,⁴ e doutorou-se em Cambridge (1966). Foi nesta época (por volta de 1963) que obteve o diagnóstico da doença degenerativa Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), que promove a paralisia os músculos do corpo sem, no entanto, atingir as funções cerebrais, e que ainda não possui cura. Depois de obter doutorado, passou a ser pesquisador e, mais tarde, professor no *Gonville and Caius College*⁵.

Atualmente, Hawking é diretor de pesquisas do Centro de Cosmologia Teórica de Cambridge. Casou pela primeira vez em julho de 1965 com a estudante de literatura (também de Cambridge) Jane Wilde, mas tarde chamada de Sra. Hawking, que escreveu o livro em que o filme foi baseado: *Travelling to Infinity: My Life with Stephen* em 2007, algo como “Viajando ao Infinito: Minha Vida com Stephen”. Tem três filhos: Robert, Lucy e Timothy, e mais três netos.

Figura 136 - Hawking sendo apresentado por sua filha Lucy numa das palestras comemorativas dos 50 anos da NASA em 21 de abril de 2008



Fonte: Wikimedia Commons.

4 <www.univ.ox.ac.uk>.

5 <www.cai.cam.ac.uk>.

Gradualmente foi perdendo o movimento dos braços e pernas, assim como do resto da musculatura voluntária, incluindo a força para manter a cabeça erguida devido à grave doença neurodegenerativa, de modo que sua mobilidade é praticamente nula, necessitando, portanto, de uma cadeira de rodas especial, motorizada. O filme mostra que, em 1985, teve que submeter-se a uma traqueostomia em decorrência do agravamento da ELA, após ter contraído pneumonia e, desde então utiliza um sintetizador de voz para se comunicar, primeiro com as mãos, mas atualmente a aparelhagem é movida por um único músculo da bochecha. O filme é muito bem feito, abordando, por exemplo, que foi desenganado pelos médicos ao preverem apenas mais dois anos de vida ou ainda ao mostrar a lenta e progressiva decadência física, tudo com muita delicadeza.

O filme tem, portanto, o mérito de trazer o lado humano do cientista, duas vezes casado, interessado em música clássica e ficção científica, que ajudou a popularizar os estudos sobre o espaço, tempo, *Big Bang* e buracos negros.

Stephen dedicou boa parte de sua carreira à cosmologia, particularmente às gigantescas estruturas cósmicas denominadas buracos negros bem como às condições iniciais do Universo, 13,8 bilhões de anos atrás. Fez grandes contribuições, como o mecanismo que explica como um buraco negro perde massa, efeito que leva o seu nome (denominado radiação Hawking) - fenômeno que ocorre próximo de uma região denominada horizonte de eventos.



Figura 137 – *Stephen William Hawking* (n. 1942), físico e cosmólogo britânico

Fonte: Cortesia NASA StarChild.

Um buraco negro se forma quando um corpo celeste – por exemplo uma estrela, cuja massa precisa ser algumas vezes superior à do Sol, colapsa devido à sua própria gravidade. Ao redor do buraco negro a força gravitacional (ou, em termos relativísticos, a distorção do espaço-tempo) é tão forte que nem mesmo a luz tem velocidade suficiente para escapar.

Esta região, que esconde tudo o que ali acontece, é delimitada pelo chamado horizonte de eventos. Um buraco negro consiste assim em uma enorme massa (dentro do domínio de estudo da Relatividade Geral) em uma região extremamente pequena (i.e., dentro do domínio quântico).

Stephen pesquisou, portanto as leis básicas que regem o Universo macro (i.e., a gravitação) e micro (a física quântica). Propôs, junto com seu colega Roger Penrose (n. 1931), que as leis da Teoria Geral da Relatividade de Einstein insinuam que o espaço-tempo devem ter tido um início no *Big Bang* e um provável fim em buracos negros. Dito de outra forma, ao retroceder as equações relativísticas no tempo, haveria a necessidade de uma explosão inicial.⁶ Outro resultado importante é que nesta explosão, o *Big Bang*, o espaço-tempo não teria bordas, e não fazia sentido dizer algo antes da explosão primeva, pois o tempo não existiria.

Poucos são os cientistas que, tendo alcançado a fama entre seus pares pelas importantes contribuições ao conhecimento humano, venceram também a barreira da linguagem técnica/acadêmica e se tornam conhecidos do grande público. Ainda mais raros são os que viram mitos. Einstein é o mito por excelência, mas ao que parece, ao menos para as novas gerações, Hawking aparenta despontar com um rival ao posto, como já chegou a ser citado por exemplo o também cosmólogo, astrônomo e astrofísico Carl Edward Sagan (1934-1996), que prefaciou o livro *Uma Breve História do Tempo*. Stephen têm tido a oportunidade, como nenhum outro cientista antes, de uma presença muito frequente na mídia. Somente para citar os mais conhecidos, já participou de vários filmes, documentários, além de seriados como *Os Simpsons*⁷ (em ao menos quatro episódios), *Stargate*

6 HAWKING S. W.; PENROSE R. *The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology* (Singularidades do Colapso Gravitacional e Cosmologia). *Proceedings of the Royal Society of London A*, Londres, v. 314, p. 529-548, 1970.

7 Hawking tem participado com grande frequência através de sua célebre voz sintética em diversos seriados, como por exemplo o primeiro em "Os Simpsons", 22º episódio da décima temporada, em 1999: "Eles Salvaram a Inteligência de Lisa" (*They Saved Lisa's Brain*). Os outros foram: "Não Tema o Carpinteiro" (*Don't Fear the Roofer*, 16º episódio da décima sexta temporada, 2005); "Pare, Senão o Meu Cachorro Atira!" (*Stop or My Dog Will Shoot!*, 20º episódio da décima oitava temporada, 2007); "Musical do Ensino Fundamental" (*Elementary School Musical*, 1º episódio da vigésima segunda temporada, 2010).

Atlantis (5ª temporada, episódio 16) ou *Star Trek: a Nova Geração* (“Descenso, Parte 1”, 6ª temporada, episódio 26).



Figura 138 – *Stephen William Hawking* (n. 1942), físico e cosmólogo britânico durante uma conferência de imprensa na Biblioteca Nacional da França para inaugurar o Laboratório de Astronomia e Partículas em Paris

Fonte: Wikimedia Commons.

Teve ainda sua voz sintética utilizada por bandas de *rock* como *Pink Floyd* (no álbum *The Division Bell* de 1994, canção *Keep Talking*) e *Yes* (álbum *Talk* de 1994, canção *Real Love*). Em particular, há uma cena impagável no seriado *The Big Bang Theory* (ele participou de outros dois episódios), onde o personagem Sheldon Lee Cooper – na verdade o ótimo ator James Joseph “Jim” Parsons (n. 1973) desmaia na frente de Stephen após notar um erro aritmético em seus cálculos na página dois de um fictício artigo científico (*The Hawking Excitation*, ou ‘A Excitação de Hawking’, 21º episódio da quinta temporada, 2012).⁸

⁸ Os outros foram: *The Extract Obliteration* (“O Extrato da Eliminação”, 6º episódio da sexta temporada, 2012) e *The Geology Elevation* (“A Elevação da Geologia”, 9º episódio da décima temporada, 2016).

Figura 139 – Imagem da galáxia NGC 6744⁹



Fonte: Wikimedia Commons.

O progresso científico baseia-se em aproximações e teorias parciais que descrevem uma extensão limitada de acontecimentos ou fatos, negligenciando outros efeitos ou reunindo-os em grupos – a teoria química das ligações, por exemplo, permite calcular e prever as interações de átomos sem conhecer (ou detalhar) a estrutura do núcleo – e isto de forma assombrosamente precisa. A *Teoria de Tudo* deveria englobar todas as aproximações e teorias parciais da ciência de forma completa, consistente e unificada. No seu belíssimo *bestseller*, que vendeu 10 milhões de cópias em 20 anos ao redor do mundo, escreveu: “Tanto quanto o Universo teve um princípio, nós poderíamos supor que tenha um Criador”. Hawking ainda afirmou: “se encontrarmos a resposta para isto (a *Teoria de Tudo*) teremos

⁹ Tal galáxia situa-se na direção da Constelação do Pavão e distante 30 milhões de anos-luz, obtida pelo satélite artificial GALEX, lançado pela NASA: <www.nasa.gov> em 2003. Os astrônomos afirmam que a nossa Via Láctea tem incrível semelhança com esta fantástica galáxia em espiral, onde o sistema solar seria apenas um pequeno ponto numa das bordas de um dos braços da espiral.

o triunfo definitivo da razão humana, atingindo o conhecimento da mente de Deus”. Maiores detalhes sobre estes e outros assuntos podem ser obtidos na página pessoal do próprio autor.¹⁰

É curioso que, considerando a vasta extensão do universo, na borda (o Braço de Órion) de uma galáxia mediana (a Via Láctea) exista um sistema com uma única estrela e apenas oito planetas, onde num deles tenha se desenvolvido a vida, e que entre as várias espécies, apenas *uma* – a humana, consegue compreendê-lo – isto é algo realmente *extraordinário*.

Certamente existem pessoas extraordinárias, determinadas e persistentes, mas talvez muito poucas como o professor Hawking, que literalmente preso a uma cadeira de rodas, e com extremas dificuldades, entre elas a de comunicação (pouquíssimas palavras por minuto), até hoje nos ensina a como compreender e enxergar melhor o espaço, o tempo e o Universo. Na cena final de *A Teoria de Tudo*, o filme regressa ao momento em que Stephen e Jane encontraram-se e dão o primeiro beijo, refletindo o desejo de Hawking para reverter o tempo, uma vez que boa parte do seu trabalho foi tentar descrever o que aconteceu nos primeiros instantes do universo, o *Big Bang* - o início da *história de tudo*.

10 <www.hawking.org.uk>

“Faraó”, Olodum e a Supernova 1987A¹

“**D**euses, *Divindade infinita* do Universo...” estes são os primeiros versos de um dos mais belos hinos momescos do Carnaval da Bahia que muitos sabem letra e melodia de cor e salteado. A canção “Faraó (*Divindade do Egito*)” é uma composição de enorme êxito elaborada por Luciano Gomes dos Santos (n. 1966), lançada por Djalma Oliveira (c. 1958) e imortalizada na bela voz de Margareth Menezes (n. 1962) em idos de 1987. Marco da Música Popular Brasileira (MPB), tocada em gênero musical único, foi com esta canção que o Olodum conquistou pela primeira vez o prêmio de melhor música, literalmente um estrondoso sucesso.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 19 de fevereiro de 2015



Figura 140 – Máscara mortuária em ouro do faraó egípcio Tutancâmon²

Fonte: Wikimedia Commons.

A letra narra a criação do Universo segundo a milenar, complexa e rica cultura egípcia, envolvendo os deuses Geb (terra) e Nut (céu), separados por Shu (ar) no início dos tempos. O mais importante mito egípcio é destacado na canção, ao apresentar divindades controladoras de forças e elementos da natureza como Osíris, filho de Geb e Nut, deus associado à vida, casado com sua irmã Ísis. Seth, também seu irmão, irado com a união, assassinou-o em Per-aá (ou Per'aà, o palácio real) tomando-lhe o trono. Hórus, filho de Osíris e Ísis, vingou-se e matou Seth. Descendentes dos deuses, embora humanos, os faraós Aquenátom (ou Akahenaton) e seu filho, Tutancâmon, são lembrados – provavelmente pelo destaque que tiveram na história do Egito, assim como as grandes pirâmides de Gizé.

Na segunda parte, a canção destaca o Olodum, a comunidade do Pelourinho, clama pela liberdade e igualdade racial e ainda pede atenção para a cultura egípcia no Brasil.

Vestígios científicos da aurora do Universo existem, e uma das mais difundidas é a Teoria do *Big Bang*, uma grande explosão no início da criação, cujas bases teóricas são da década de 1920. O ritmo do progresso científico foi tal que em 1965 a descoberta da radiação térmica cósmica de fundo – pelos Prêmios Nobel de Física em 1978 Arno Allan Penzias (n. 1933) e Robert

² Rei que governou entre c. 1332 – 1323 a.C.. Adereço do Museu Egípcio, cidade do Cairo: <www.egyptianmuseum.gov.eg>. Tumba descoberta pelos ingleses Howard Carter (1874-1939) e George Edward Stanhope Molyneux Herbert (1866-1923) em 1922. Fonte: Jon Bodsworth, <www.egyptarchive.co.uk>.

Woodrow Wilson (n. 1936)³ – reforçou a ideia de um Universo que estava originalmente muito quente e denso em algum tempo finito no passado e, desde então, tem se resfriado por ainda estar se expandindo. A observação do distanciamento das galáxias é outro argumento pela expansão do universo, e conseqüentemente, por uma origem, que poderia ser o *Big Bang*.



Assinatura manuscrita de Arno Allan Penzias em tinta preta.

Figura 141 – Retrato oficial de Arno Allan Penzias (n. 1933), físico alemão-americano em 1978 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Cortesia The Nobel Foundation



Assinatura manuscrita de Robert Woodrow Wilson em tinta preta.

Figura 142 – Retrato oficial de Robert Woodrow Wilson (n. 1936), astrônomo americano em 1978 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Cortesia The Nobel Foundation.

³ PENZIAS, A. A.; WILSON, R. W. A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s (Medição do Excesso de Temperatura de uma Antena a 4080 Mc/s). *Astrophysical Journal* v. 142, p. 419-421, 1965.



Figura 143 - Johannes Kepler (1571-1630), astrônomo, matemático e astrólogo alemão por volta de 1610 (pintura de artista desconhecido)

Fonte: Wikimedia Commons.

Jo. Keplerus

Figura 144 - Imagem que mostra a região do espaço antes da explosão Supernova, obtida em 1984 (AAT49). No canto superior mais à esquerda situa-se a Nebulosa da Tarântula⁴



Fonte: Cortesia Australian Astronomical Observatory.

4 Imagem do astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941): <www.davidmalin.com>.

A canção ‘Faraó’ (*Divindade do Egito*) tem uma história de coincidência interessante envolvendo um raríssimo evento astronômico denominado *Supernova*. Esta ocorreu numa terça, 24 de fevereiro de 1987, uma semana antes do Carnaval... Conhecida como 1987A, situada a aproximadamente 168 mil anos-luz da Terra, mas ainda dentro da nossa galáxia – a Via Láctea, a supernova nada mais é do que uma explosão estelar – literalmente, a morte de uma estrela – esta ocorrida na borda da Grande Nuvem de Magalhães, na Nebulosa da Tarântula, facilmente vista a olho nu no Hemisfério Sul. Tal evento foi a mais brilhante explosão estelar registrada pelos astrônomos desde a invenção do telescópio, há quase 400 anos.

Figura 145 – Imagem da explosão da Supernova 1987A, a região mais brilhante da fotografia – duas semanas depois de iniciado o evento, em 24 de fevereiro de 1987 (AAT48). No canto superior esquerdo encontra-se a Nebulosa da Tarântula⁵



Fonte: Cortesia Australian Astronomical Observatory

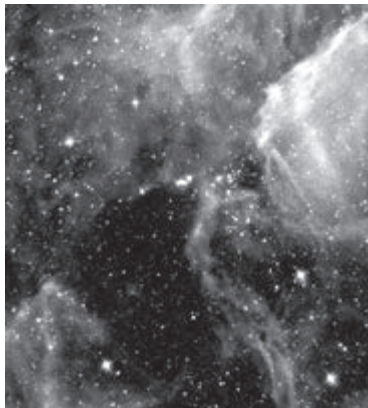
5 Imagem do astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941): <www.davidmalin.com>.

As fotografias acima pertencem ao antigo Observatório Anglo-Australiano, agora Observatório Astronômico Australiano⁶ e foram tiradas pelo astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941) A diferença na qualidade das imagens deve-se em boa parte a condições climáticas adversas.

De fato, a história registrou pouquíssimas ocorrências aqui e ali: uma em 1604 na Constelação de Ofiúco, outra em 1054 na Constelação de Touro e mais uma em 1006 na Constelação do Lobo. Em particular, a supernova 1604A foi magistralmente descrita por ninguém menos que o matemático, físico e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), conhecido pelas leis planetárias do movimento ensinadas nas escolas. Tal evento implicava na ideia da variabilidade dos céus – em contraposição à teoria aristotélica de um céu imutável, e isto também ajudou Kepler a abandonar o modelo geocêntrico.

Hoje os cientistas têm uma melhor compreensão da formação do Universo graças aos registros de fenômenos como a supernova 1987A. Desde então recebemos os ecos desta explosão, que de certa forma estão umbilicalmente associados aos tambores do Olodum e seu primeiro grande sucesso: *Faraó*.

Figura 146 – A imagem composta da Supernova 1987A em três diferentes momentos: setembro de 1994, fevereiro de 1996 e julho de 1997, obtidas pelo telescópio Hubble. À esquerda da foto situa-se a Nebulosa da Tarântula



Fonte: Cortesia: Observatório Astronômico Australiano.

⁶ Australian Astronomical Observatory, Ver em: <www.aao.gov.au>.

Esta imagem composta, obtida pelo Telescópio Espacial Hubble (HST), *Hubble Space Telescope*), quando comparada com a titânica explosão inicial, mostra a evolução dos restos de gases espalhando-se e evanescendo no espaço na forma de um anel. Portanto, seu brilho diminuiu de alguns milhões de vezes desde o instante da explosão, e podem ser considerados os ecos da Supernova.

Faraó (Divindade do Egito)⁷

Luciano Gomes dos Santos

Deuses divindade infinita do universo
Predominante esquema mitológico
A ênfase do espírito original, Shu
Formará no Éden o ovo cósmico
A emersão nem Osíris sabe como aconteceu
A ordem ou submissão do olho seu
Transformou-se na verdadeira humanidade
Epopéia do Código de Geb
E Nut gerou as estrelas
Osíris proclamou matrimônio com Ísis
E o mau Seth irado o assassinou em Per-aá
Hórus levando avante a vingança do pai
Derrotando o Império do mau Seth
E o grito da vitória que nos satisfaz

Tutancâmon Ê Gizé
Akahenaton Ê Gizé
Ê Faraó
Clama Olodum Pelourinho

⁷ SANTOS, L. G. Faraó (Divindade do Egito). Interprete: OLIVEIRA, Djalma; participação especial: MENEZES, M. In: OLIVEIRA, Djalma. *Faraó*. Salvador: Estúdio WR, Epic/CBS, 1987. 1 LP (c. 4min.30s). Faixa 1.

Ê Faraó
Pirâmide a base do Egito
Ê Faraó

Pelourinho uma pequena comunidade
Que Olodum uniu
Em laços de confraternidade
Despertai-vos para a Cultura Egípcia no Brasil
Em vez de cabelos trançados
Veremos turbantes de Tutancâmon
E as cabeças se enchem de liberdade
O povo negro pede igualdade
E deixemos de lado as separações

110 anos da relatividade especial de Einstein¹

Entre março e novembro de 1905, um físico desconhecido, com apenas 26 anos de idade, servidor público federal, perito técnico de terceira classe da repartição de patentes de Berna (Suíça), recém-casado e com filho pequeno, surpreendeu o mundo ao publicar quatro artigos fundamentais (além de sua tese de doutorado) sobre diferentes assuntos: i) o primeiro defendia a hipótese do *quantum* de luz; ii) o segundo resolvia a questão do “movimento browniano”; iii) o terceiro apresentava uma nova teoria física, logo denominada “Relatividade”; iv) o quarto envolvia a famosa equação $E=mc^2$, consequência direta do artigo anterior, relacionando energia (E) e massa (m). Já sua tese foi sobre a determinação do tamanho das moléculas bem como do número de Avogadro, a partir de dados de dissolução

¹ Publicado na versão online do jornal *Correio da Bahia* em 16 de abril de 2015.

de açúcar em água, algo surpreendente, simples e inovador à época. Este período foi denominado *Annus Mirabilis* ('Ano Miraculoso').

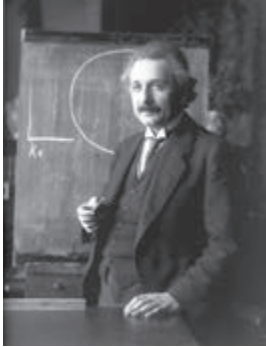


Figura 147 – Albert Einstein (1879-1955), físico alemão e Premio Nobel em 1921 numa palestra em Viena, Áustria, naquele ano. Fotografado por Ferdinand Schmutzer (1870-1928), Biblioteca Nacional da Áustria

Fonte: Wikimedia Commons.

Qualquer um destes quatro artigos lhe traria prestígio científico. E de fato obteve o Prêmio Nobel de Física em 1921 pelo primeiro trabalho. Mas foi em 30 de junho de 1905 que marcou o mundo publicando a *Relatividade Especial* num renomado jornal. Em 2015 celebram-se 110 anos desta famosa descoberta, também denominada *Relatividade Restrita*, que modestamente mudou a forma de vermos o mundo ao se assumir apenas dois postulados: i) as leis físicas são as mesmas para todos os sistemas de referência inerciais; ii) para todos observadores a velocidade da luz no vácuo c é a mesma.

O preço a pagar para validar estes dois postulados era simplesmente modificar as ideias fundamentais da física clássica. Assim, mostrou que o espaço não era *absoluto*, e o tempo não corria da mesma maneira em todas as partes, mas eram sim grandezas *relativas*, que dependiam do observador.

Uma consequência da relatividade é que, quanto mais *veloz* um objeto, mais lento o tempo passa em relação a ele. Outra é que, à medida que se aproxima da velocidade da luz, o objeto *encolhe* na direção do movimento. Tudo isto ocorre porque a velocidade é medida pela relação entre espaço e tempo. Se a velocidade da luz é fixa, o tempo e o espaço precisam variar. Se um corpo estiver então viajando *muito, muito* rápido (mas abaixo do limite c), o tempo vai passar de modo alterado (precisamente mais devagar) assim como o espaço (o objeto vai se contrair).

Einstein chegou a escrever no prefácio de uma de suas várias biografias, esta de Philipp Frank (1884-1966) em 1942: *Einstein: Sein Leben und Seine Zeit*, mas publicado tempos depois:² “Nunca entendi por que a Teoria da Relatividade, com seus conceitos e problemas tão distantes da vida prática, tem encontrado por tanto tempo uma ressonância tão acalorada, e até mesmo apaixonada, entre vários círculos públicos. Até hoje não tive uma resposta verdadeiramente convincente para esta pergunta”. Faleceu aos 76 anos em 1955, após uma vida plena de significados.



Charlie Chaplin

Figura 148 – Foto promocional do filme de Charles Spencer “Charlie” Chaplin (1889-1977): “Vida de Cachorro” (*A Dog’s life*, 1918)

Fonte: Wikimedia Commons.

Nas últimas décadas, assoberbado por pedidos de jornalistas e do público em geral, pediu à sua fiel secretária Helen Dukas (1896-1982) que desse a seguinte explicação com relação às perguntas sobre a relatividade: “uma hora sentado ao lado de uma bela moça em um banco de uma praça parece um minuto; mas um minuto sentado em cima de um forno quente parece uma hora”.

Convidado a participar da *première* do filme *Luzes da Cidade* de 1931 pelo gênio universal do cinema mudo, Charles Spencer Chaplin (1889-1977), notaram que ambos eram efusivamente aplaudidos. Chaplin disse então que o público o saudava porque lhe entendia, e saudava-o, porque ninguém o entendia.

² FRANK, P. *Einstein: Sein Leben und Seine Zeit* (Einstein: Sua Vida e Seu Tempo). Paul List Verlag, München, p. 468, 1949.

Figura 149 – Primeira Conferência Solvay (1911), que reuniu os mais consagrados cientistas da época³



Fonte: Wikimedia Commons.

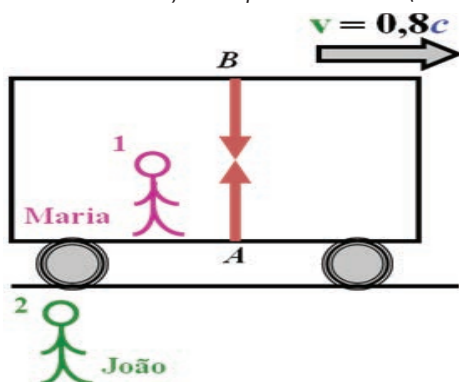
- ³ Figura 161 - O tema da conferência versou sobre a "Teoria da Radiação e dos Quanta" (*La Théorie du Rayonnement et les Quanta*). Einstein era o mais jovem entre os presentes, e Curie a única mulher. Participantes: (1) Walther Hermann Nernst; (2) Robert Goldschmidt; (3) Max Karl Ernst Ludwig Planck; (4) Marcel Louis Brillouin; (5) Heinrich Rubens; (6) Ernest Solvay; (7) Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld; (8) Hendrik Antoon Lorentz, presidente; (9) Frederick Alexander Lindemann; (10) Louis-César-Victor-Maurice de Broglie; (11) Martin Hans Christian Knudsen; (12) Emil Gabriel Warburg; (13) Jean Baptiste Perrin; (14) Friedrich Hasenöhrl; (15) Georges Hostelet; (16) Edouard Herzen; (17) James Hopwood Jeans; (18) Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien; (19) Ernest Rutherford; (20) Marie Skłodowska Curie; (21) Jules Henri Poincaré; (22) Heike Kamerlingh Onnes; (23) Albert Einstein; (24) Paul Langevin. Foto de Benjamin Couprie (c. 1895-1933).

—

P.S.

Uma breve demonstração de como funciona a relatividade pode ser apresentada como segue: seja um trem (à época de Einstein era o meio de transporte mais rápido) e dois observadores, um parado e outro em movimento, todos de olho numa mesma experiência (fenômeno), similar ao apresentado em uma de suas melhores biografias, pelo físico austríaco Philipp Frank (1884-1966). Faz-se uma simples pergunta: qual é o tempo entre a subida e descida do raio de luz, dado que a velocidade do trem é de $v = 0,8c$?

Figura 150 – Um trem em movimento com velocidade $v=0,8c$, da esquerda para direita, e dois observadores, identificados pelos números 1 (Maria) e 2 (João)



Fonte: ilustração do autor.

Considere, para facilitar comparações, que para o observador 2 (João) passaram-se 10 segundos desde que o raio partiu de A, refletiu em B (por meio de um espelho) e chegou em A novamente, percorrendo uma distância igual a $2D$ (sendo que D equivale à altura do vagão do trem).

O tempo que o observador 1 (Maria, que está dentro do vagão) verificou o experimento foi simplesmente $t_1 = 2D/c$, pois a determinação da velocidade nada mais é que o espaço percorrido num determinado tempo – e por uma simples manipulação algébrica determina-se assim o tempo.

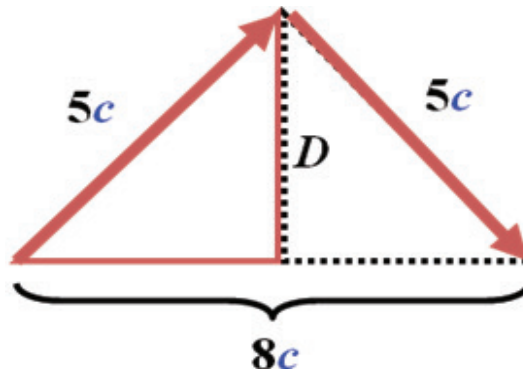
A princípio a pergunta parece não ter muito sentido, pois um leitor comum pode presumir que o tempo deveria ser o mesmo para os dois

observadores. Não há dúvidas que o raio de luz desloca-se em linha reta. No entanto, note que a trajetória do raio de luz para o observador 2 (João, que está fora do vagão do trem) foi percebida de forma diversa da de Maria, conforme as ilustrações dos esquemas apresentados.

Por um breve cálculo utilizando-se do Teorema de Pitágoras conforme apresentado na ilustração, o cateto D (altura do vagão) em unidades da velocidade c , considerando os dez segundos do observador João equivale a $D=3c$, pois o cateto horizontal mede $4c$ e a hipotenusa vale $5c$. Portanto, a partir da expressão do tempo que Maria levou para observar a subida e descida do raio de luz de dentro do vagão foi: $t_1=2D/c=2 \times 3c/c=6s$. Tal resultado apenas foi possível por ter sido postulado que a velocidade da luz é a mesma para ambos referenciais (ou ainda, observadores): Maria e João medem a mesma velocidade da luz em seus referenciais inerciais.

Neste exemplo é possível observar uma das surpreendentes consequências dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita: que o **tempo é relativo ao observador**, ou seja, parado ou em movimento, ao se observar *um mesmo fenômeno* o resultado pode não vir a ser o mesmo quando se consideram velocidades próximas à da luz, c . A relatividade do tempo é consequência direta da invariância (ou constância) da velocidade da luz no vácuo.

Figura 151 - O raio de luz deslocou-se de $8c$ em 10 segundos na horizontal e $5c+5c$ para João. Já para Maria, o tempo foi diferente, mas a velocidade da luz é a mesma para ambos pelo 2º postulado.



Fonte: ilustração do autor.

Dito de outra forma, se dois observadores que estão se movendo um em relação ao outro medem um intervalo de tempo entre dois eventos, em geral encontram resultados diferentes. Por quê? Porque a separação espacial dos eventos pode afetar o intervalo de tempo medido pelos observadores. Assim, João e Maria mediram o intervalo de tempo entre os mesmos dois eventos, mas o movimento relativo entre João e Maria fez com que obtivessem resultados diferentes. A conclusão é que o movimento relativo pode fazer mudar a *rapidez* com que o tempo passa entre dois eventos; o que se mantém constante para os dois observadores é a velocidade da luz c .

O físico e historiador da ciência americano-holandês Abraham Pais (1918-2000)⁴ descreveu com bastante detalhe a gestação de praticamente dez anos da ideia da relatividade pelo jovem Einstein. Para tanto, teve de abdicar da ideia errônea e em voga de que a luz não poderia ser vista se não houvesse um meio (“éter”) que a transportasse, do mesmo modo que o som não pode ser ouvido na ausência do ar. O postulado da invariância da velocidade da luz (no vácuo) é contrário à existência de um “éter”.

Testes e confirmações da Teoria da Relatividade Especial ocorreram à exaustão com o passar dos anos. No entanto, propostas da impossibilidade da teoria surgiram aqui e ali, todas sem comprovação. Vale a pena citar um parêntese – uma proposição bastante recente do físico português João Magueijo (n. 1967) de uma situação bastante particular onde a Teoria da Relatividade não funcionaria: precisamente no início, na formação do Universo, durante sua expansão primeva, ou *Big Bang*.⁵

4 PAIS, A. *Sutil É o Senhor... A Ciência e a Vida de Albert Einstein*. Tradução. F. Parente e V. Esteves. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, p. 637, 1995.

5 MAGUEIJO, J. *Mais Rápido que a Velocidade da Luz: A História de uma Especulação Científica*. Tradução P. I. Teixeira. Record, Rio de Janeiro, p. 304, 2003.

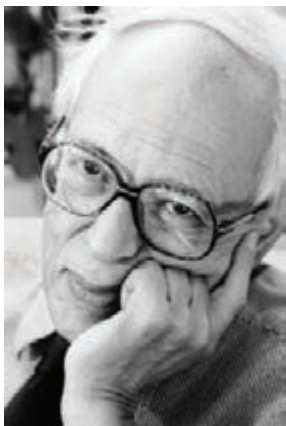


Figura 152 – Abraham Pais (1918-2000), físico e historiador da ciência americano-holandês

Fonte: Wikimedia Commons.

Abraham Pais

Nesta aurora do tempo e espaço a velocidade da luz deveria ser *muito, muito* maior enquanto o universo era bastante jovem e quente. Com esta hipótese (para alguns, uma heresia, um disparate, para outros apenas especulação – o que é algo muito comum em ciência), seria possível explicar uma série de questões mal resolvidas sobre a evolução do Universo desde seus estágios iniciais. E isto não implica que a Teoria da Relatividade esteja errada, já que esta funciona para o Universo após o *Big Bang* (i.e., após a criação do espaço/tempo).

Uma boa referência, embora bastante técnica, apenas sobre a Teoria da Relatividade Especial foi elaborada pelo físico americano Robert Resnick (1923-2014).⁶ No entanto, o leitor que desejar uma maior familiaridade com os conceitos da Teoria da Relatividade pode ter acesso em português à obra *A Teoria da Relatividade Especial e Geral*, escrito pelo próprio Einstein em 1916,⁷ após a finalização da Teoria Geral, com o objetivo de “dar uma ideia, a mais exata possível, da Teoria da Relatividade àqueles que, de um ponto de vista geral científico e filosófico, se interessam pela

⁶ RESNICK, R. *Introdução à Relatividade Especial*. Trad. S. Watanabe. Editoras USP/ Polígono, São Paulo, p. 241, 1971.

⁷ EINSTEIN, A. *A Teoria da Relatividade Especial e Geral*. Tradução Carlos Almeida. Pereira. Ed. Contraponto, Rio de Janeiro, p. 132, 2007.

teoria mas não dominam o aparato matemático da física teórica”. Einstein ainda afirmou que esta “leitura pressupõe que o leitor tenha formação equivalente à do ensino médio e – apesar da brevidade do livro – paciência e força de vontade”.

60 anos do CERN, internet e a Partícula de Deus¹

O maior laboratório de física do mundo, voltado aos estudos e pesquisas das menores partículas do Universo, celebra 60 anos em 2015. Situado nos arredores de Genebra, na fronteira entre a Suíça e a França, o CERN (do francês *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) ou “Conselho Europeu para Pesquisa Nuclear”), é uma organização formada por 21 países-membros, tendo recebido mais de 11 mil pesquisadores de mais de 110 países. O Brasil tem uma participação ativa, com centenas de pesquisadores trabalhando em suas dependências, embora ainda não seja um membro associado (depende de aprovação do Congresso Nacional, em espera desde 2013).

Muitas pessoas talvez nem tenham ouvido falar desta instituição, mas se utilizam quase diariamente de uma de suas invenções mais famosas, uma descoberta única: a *internet*.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Correio da Bahia* em 30 de abril de 2015.

A WWW foi concebida nas dependências do CERN pelo físico britânico Timothy John Berners-Lee (n. 1955) próximo do Natal de 1990 utilizando uma estação de trabalho NEXT enquanto servidor. O primeiro *site* ainda existe e é acessível.² O CERN esteve em grande evidência da mídia em 4 de julho de 2012 ao confirmar a existência do Bóson de Higgs – a “Partícula de Deus”. Isto ocorreu após experimentos utilizando o acelerador de partículas LHC (*Large Hadron Colisor* ou “Grande Colisor de Hadrons”).



Figura 153 – Retrato oficial de Peter Ware Higgs (n. 1929) em 2013 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: The Nobel Foundation.

Assinatura manuscrita de Peter Ware Higgs em tinta preta.

Desta forma, o físico inglês Peter Ware Higgs (n. 1929) foi laureado com o Prêmio Nobel de Física em 2013, devido a sua publicação em 1964 sobre a “Quebra de Simetrias e as Massas dos Bósons de Calibre”,³ prevendo tal partícula.

2 Ver: <<http://info.cern.ch>>. O primeiro *site* é bastante simples, sem o uso de figuras – apresenta apenas *links*, mas contém os conceitos básicos da *web*: *URL*, *http* e *html*.

3 HIGGS, P. W.. *Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons* (Quebra de Simetrias e as Massas dos Bósons de Calibre). *Physical Review Letters*, New York, v. 13, p. 508-509, 1964.



Figura 154 – Retrato oficial de Leon Max Lederman (n. 1922) em 1988 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

Assinatura manuscrita de Leon Lederman em tinta preta.

O epíteto proveio do lançamento do livro *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?*,⁴ do físico americano Leon Max Lederman (n. 1922), Prêmio Nobel de Física de 1988. Para entender o que tal partícula teria de divino basta compreender a diferença entre matéria e luz no início do Universo, há quase 14 bilhões de anos. Neste instante, o do *Big Bang*, onde “fez-se a luz”, como dito no Livro do *Gênesis*, a grandeza física a que chamamos massa ainda não existia. A matéria que forma o Universo hoje era apenas uma coleção de partículas subatômicas se movendo à velocidade da luz.

O milagre científico ocorreu quando estas partículas, denominadas bósons de Higgs, que também estavam espalhadas durante o início do Cosmos, de repente passaram a se unir, formando um oceano de partículas elementares (o “Oceano de Higgs”). Algumas das outras partículas que vagavam na aurora cósmica, como a luz, não interagem com estes bósons, mas para outras fez toda a diferença: foi o caso dos *quarks*. Esta situação propiciou a conexão entre os *quarks*, formando a matéria como conhecemos. No LHC – que consiste num grande túnel circular de 27 km de extensão, foi feito o processo *reverso*, recriando as condições iniciais do

4 LEDERMAN, L. M.; TERESI, D. *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?* (A Partícula de Deus: Se o Universo é a Resposta, Qual é a Pergunta?) Dell Publishing, New York, p. 434, 1993.

Big Bang, colidindo partículas entre si em velocidades relativísticas e com energias extremamente altas, e um dos resultados destas colisões identificou a presença da “Partícula de Deus”. Em resumo: sem o bóson de Higgs, a matéria não existiria – e por conseguinte o Universo, já que matéria é tudo o que tem massa.

Somente o LHC custou 10 bilhões de dólares. Muitos questionam os custos de pesquisas, pois boa parte delas provém do esforço dos contribuintes e empresas de cada país. Mas é inquestionável que apenas o desenvolvimento de um processo de comunicação – a elaboração da *internet*, algo que não havia sido encomendado tão pouco planejado, pode ser considerada uma grande *descoberta*. Assim como ocorre em todas as descobertas, “fez-se a luz”, mas esta dentro de um sexagenário laboratório de partículas!

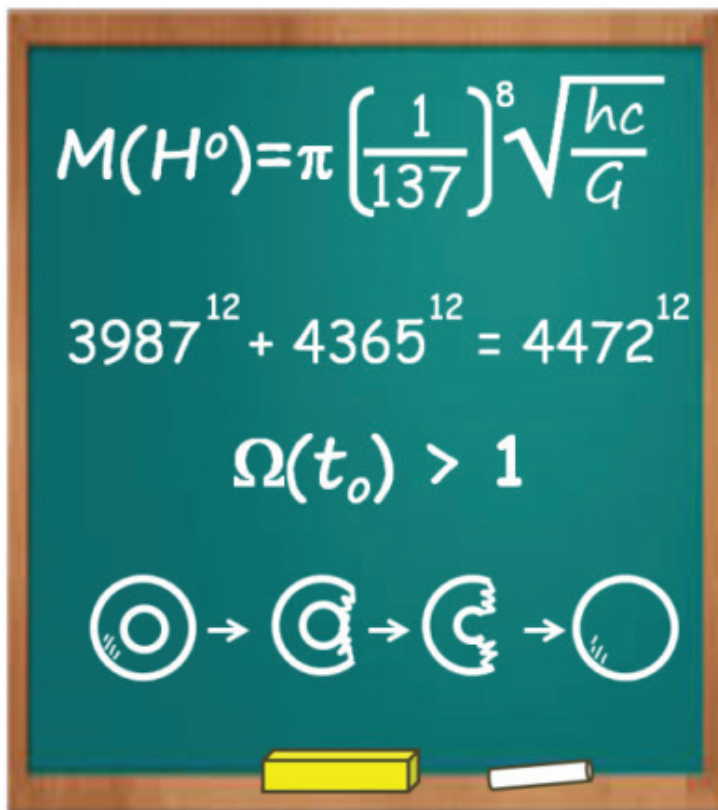
—

P.S.:

O jornalista, escritor e divulgador de ciências britânico Simon Singh (n. 1964) publicou recentemente um livro bastante curioso: *Os Segredos Matemáticos dos Simpsons*, publicado pela editora Record em 2016. E destacou que no episódio 205 da série de TV *Os Simpsons*, denominado “O Mágico de Springfield”,⁵ o segundo da décima temporada (1998), o personagem Homer Simpson apresentou a equação da massa do bóson de Higgs num quadro negro.

5 Na série original, em inglês: *The Wizard of Evergreen Terrace* (1998).

Figura 155 – Ilustração do quadro preenchido por Homer Simpson no episódio “O Mágico de Springfield” (1998), com a equação da massa de bóson de Higgs mais acima



Fonte: ilustração do autor.

De acordo com Singh, a equação, que é uma combinação de parâmetros importantes da física contemporânea, como as constantes de Planck (h) e a gravitacional (G), além da velocidade da luz (c), prediz uma massa do bóson de Higgs $M(H^0)$ de 775 giga elétron-volts (GeV), muito maior que a descoberta em 2012, com 125 GeV. No entanto, o valor calculado por Homer pode ser considerado como não tão ruim, levando em conta que neste particular episódio ele transformou-se num inventor amador. Vale também ressaltar que tal desenho foi lançado 14 anos antes da descoberta no CERN.

350 anos de publicações científicas e a disseminação do conhecimento¹

O ano de 2015 é historicamente muito importante, pois comemoram-se 350 anos das duas primeiras publicações científicas. Ambas foram impressas no ano de 1665, sendo primeiro o jornal francês chamado *Le Journal des Sçavans*, em janeiro daquele ano, e em março foi lançado o periódico britânico *Philosophical Transactions of the Royal Society*. As duas mantinham em seus editoriais o desejo de divulgar as principais descobertas científicas, além de permitir a comunicação entre cientistas que estivessem relacionadas aos conhecimentos nascentes que hoje merecem destaque enquanto saberes da química, física, matemática, meteorologia, engenharias, medicina, ciências jurídicas, religião e filosofia, entre outras.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 2 de maio de 2015.



Figura 156 – Primeira página do *Le Journal des Sçavans*

Fonte: Wikimedia Commons

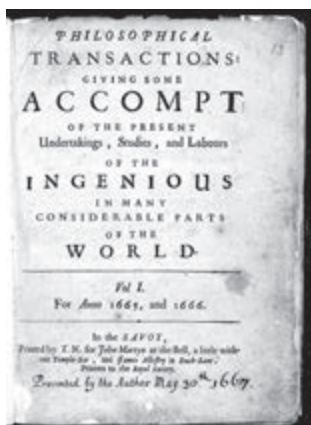


Figura 157 – Primeira página do *Philosophical Transaction*

Fonte: Wikimedia Commons

A publicação francesa pode ser traduzida algo como o “Jornal dos Eruditos” ou ainda de “pessoas cultas”. Foi financiada por Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), um dos ministros do rei Louis XIV (1638-1715), e seu fundador e primeiro editor foi o advogado e escritor Denis de Sallo (1626-1669).² Em seu primeiro número tratou de alguns assuntos, onde

2 Ou ainda Sieur de la Coudraye (1626-1669), advogado e escritor francês, fundador e primeiro editor do *Le Journal des Sçavans* (1665). Também assinava como Sieurd'Hédouville.

destacam-se uma nota sobre os novos telescópios do inventor, fabricante de vidros e astrônomo italiano Giuseppe Campani (1635-1715), e um comentário sobre a nova edição (póstuma) do grandioso tratado de René Descartes (1596-1650): *L'homme* (“O Homem”).

Figura 158 – Ilustração de 1873 do que se imagina ser um dos primeiros encontros dos membros da Royal Society, conforme a revista *Old and New London, Illustrated*, por George Walter Thornbury (1828-876), pag. 121, volume 1. Sir Isaac Newton preside a reunião ao centro. Crédito: British Library, Londres, Reino Unido



Fonte: Wikimedia Commons.

Já na publicação inglesa, financiada pela célebre *Royal Society* (ou “Real Sociedade”) londrina que havia sido fundada quase cinco anos antes, o uso da palavra *Philosophical* deriva da expressão *natural philosophy* (filosofia natural), que na época era utilizada para denominar o que hoje chamamos de ciência. Seu primeiro secretário foi o diplomata, teólogo e filósofo natural alemão Henry Oldenburg (c. 1619-1677), e um dos primeiros otáveis a publicar suas descobertas foi o inigualável físico e matemático

inglês Isaac Newton (1642-1727). Com relação ao conteúdo do primeiro número impresso foram apresentados, entre outros, um relato da melhoria de vidros ópticos para fins de observações astronômicas utilizando telescópios de pequenas lentes pelo mesmo Giuseppe Campani e uma primeira descrição sobre a Grande Mancha Vermelha de Júpiter.



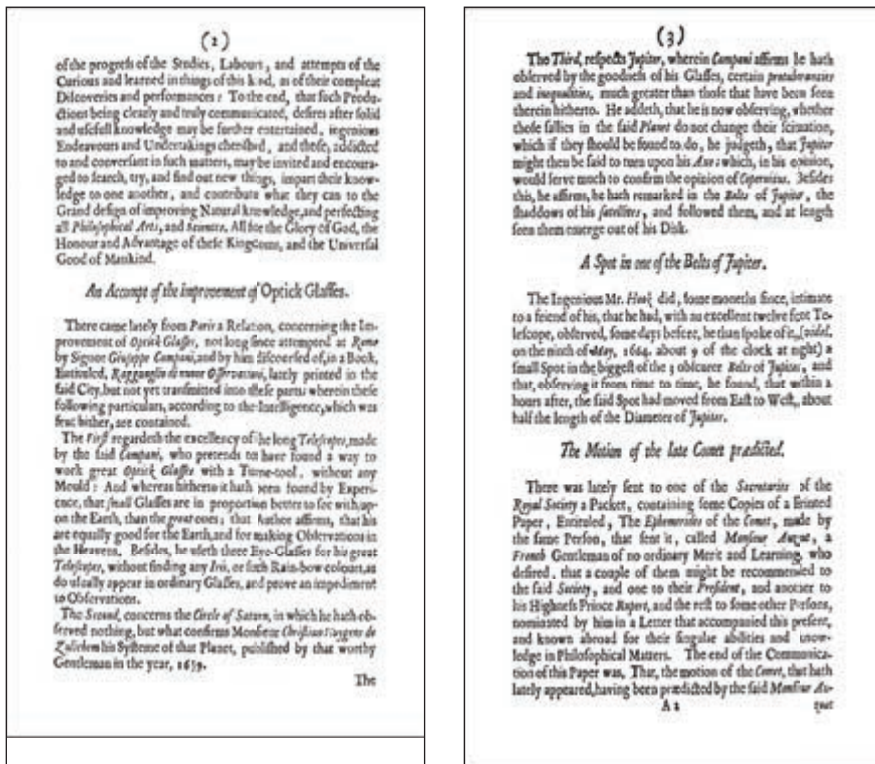
Figura 159 - Heinrich Oldenburg (c. 1619-1677), diplomata e filósofo natural alemão, que assinava também Henry, fundador e primeiro editor do *Philosophical Transactions* (1665)

Fonte: Wikimedia Commons.

A handwritten signature in cursive script that reads "Henry Oldenburg".

Grandes inovações, propostas por Oldenburg já nas primeiras edições do *Philosophical Transactions*, referem-se aos processos de *registro*, *certificação*, *disseminação* e *arquivo*. O segundo item é conhecido atualmente enquanto revisão por pares (ou *peer review*). Consiste em submeter um artigo científico ao exame de um ou mais especialistas do mesmo nível que o autor, e que na maior parte das vezes se mantêm anônimos ao proponente. Esses revisores anônimos e independentes frequentemente escrevem notas, comentários ou mesmo sugerem revisões ao trabalho em análise, cooperando para a qualidade do que venha a ser publicado, e o fazem em sua maioria sem remuneração. A comunicação entre autores e revisores é intermediada por um ou mais editores da revista ou jornal científico, e visa conferir credibilidade à análise. Em certas publicações, o próprio autor também pode não ser identificado na entrega do material aos revisores (*double blind review*, algo como “revisão às cegas por pares”). Ainda assim, a decisão final de publicar ou não cabe apenas ao editor.

Figura 160 – Primeiro artigo científico, páginas 2 e 3, sobre resultados obtidos pelo inventor, fabricante de vidros e astrônomo italiano Giuseppe Campani (1635-1715), no primeiro volume do jornal inglês *Philosophical Transactions* em 1665. Informações similares haviam sido impressas no primeiro volume do francês *Le Journal des Sçavans* menos de dois meses antes



Fonte: Wikimedia Commons.

Os periódicos acadêmicos (inclusive os dois citados, que existem até hoje) são importantes por serem os principais meios de comunicação e difusão de descobertas científicas. Ambas publicações foram as precursoras dos quase 30 mil periódicos existentes atualmente, boa parte funcionando por meio da revisão por pares – e mantendo enquanto propósito fundamental a *disseminação* do conhecimento.

Curiosamente, os artigos científicos mais citados não são aqueles que a maioria das pessoas pensam ser: a descoberta da estrutura em dupla hélice do DNA, a Teoria da Relatividade, a expansão do Universo ou

a descoberta de uma nova vacina... Em outubro de 2014, a revista *Nature* publicou um trabalho envolvendo os 100 artigos científicos mais citados por Van Noorden, Maher e Nuzzo³ e os resultados são no mínimo curiosos. Por exemplo, há uma predominância por artigos sobre técnicas em biologia. Apenas os três mais citados romperam a barreira de 100.000 citações, e envolvem bioquímica. Não por acaso o artigo mais citado de todos os tempos, com incríveis 305.000 citações (até 2014!), é de 1951 sobre a determinação da quantidade de proteína numa solução, descrito por Lowry, Rosebrough, Farr e Randall.⁴ De acordo com a publicação, há também um número enorme de citações em artigos de bioinformática, filogenética, estatística, cristalografia e teoria do funcional de densidade.

Figura 161 - Filiação honorária do astrônomo polonês Jan Heweliusz (1611 -1687), Johannes Hevelius, ou ainda Janowi Heweliuszowi) pela Royal Society de Londres em 30 de abril de 1664. O manuscrito em pergaminho apresenta o selo da sociedade.



Fonte: Wikimedia Commons.

3 VAN NOORDEN, R.; MAHER, B.; NUZZO, R.. *The Top 100 Papers* (Os 100 Melhores Artigos). *Nature*, London, v. 514, p. 550-553, 2014.

4 LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J.. *Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent* (Medição de Proteína com o Reagente Fenólico de Folin). *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v. 193, p. 265-275 1951.



Figura 162 – Pintura do astrônomo polonês e especialista em topografia lunar Jan Heweliusz (1611-1687), pelo pintor polonês Jerzy Daniel Szulc (1615-1683) em 1677. Crédito: Biblioteca da Academia Polonesa de Ciências

Fonte: Wikimedia Commons.

Johannus Heweliusz

Faraday no ringue

Ciência Básica versus Aplicada¹

Vez por outra, questões envolvendo “para que serve tal conhecimento?” ou “por que estudam essas coisas?” atravessam o noticiário. Razões para se estudar determinados assuntos científicos são em geral bastante discutidas, arrematadas pela interessante pergunta sobre eventuais benefícios. De fato, não é de hoje que estes questionamentos existem – por exemplo, em 1816 o grande físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867), ao ser perguntado após uma de suas célebres palestras sobre a utilidade de suas descobertas de novos compostos químicos teria dito: “Você poderia me dizer para que serve um recém-nascido?”

A resposta de Faraday não é original, e sim da lavra de outro grande cientista: o polímata americano Benjamin Franklin (1706 - 1790). Mas para quem não conhece ou ainda não lembra, Faraday foi simplesmente um dos maiores cientistas experimentais de todos os tempos. Seus trabalhos mais conhecidos

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 18 de maio de 2015.

tratam dos fenômenos da eletricidade, da eletroquímica, novos materiais (principalmente metalurgia e vidros), ótica, bem como magnetismo. Por ter tido uma infância extremamente pobre, pai ferreiro, começou a trabalhar cedo, aos 13 anos, como aprendiz e ajudante de livreiro. Praticamente se alfabetizou neste período, passando a ler quase todos os livros que tinha à mão, com grande interesse em ciências.

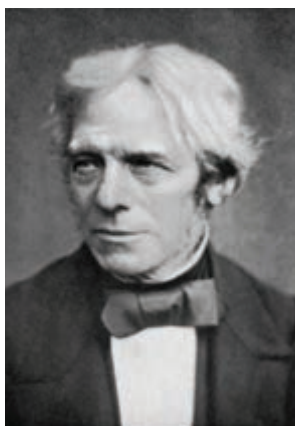


Figura 163 – Michael Faraday (1791-1867), físico e químico inglês, por volta de 1860

Fonte: Wikimedia Commons.

Com pouco mais de vinte anos passou a ser assistente de laboratório de química de Sir Humphry Davy (1778-1829), que costumava frequentar a livraria onde Faraday trabalhava.

De fato, as grandes contribuições de Faraday para a ciência tiveram enorme impacto sobre o entendimento do mundo como é hoje – por exemplo, a eletricidade que chega às nossas casas, escolas e trabalhos somente é possível a partir dos seus estudos pioneiros, assim como seus trabalhos em eletroquímica, que são amplamente usados na indústria, ou ainda o uso de motores elétricos. Cunhou termos como *íon* - um átomo (ou molécula) com elétron(s) em falta ou excesso – isto antes mesmo de se descobrir a natureza intrínseca dos átomos e sua constituição, feita de núcleo massivo e elétrons orbitando-o.

Em toda sua carreira a dificuldade em lidar com matemática avançada nunca foi um empecilho, pois tinha grande capacidade analítica

e de concisão: resumia de formas bastante simples e gerais suas principais ideias e resultados. Tanto que um dos seus mais célebres discípulos, o matemático e físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), que desenvolveu as famosas leis do eletromagnetismo, dizia que Faraday na verdade era “um matemático da mais elevada ordem”, a ser compreendido apenas em futuras gerações pela sua aparente simplicidade e profundidade.

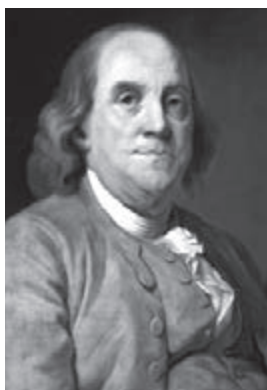


Figura 164 – Benjamin Franklin (1706-1790), polímata norte americano em pintura de 1785, obra do pintor francês Joseph Siffrein Duplessis (1725-1802). Crédito: National Portrait Gallery

Fonte: Wikimedia Commons.

Assinatura manuscrita de Benjamin Franklin, escrita em uma caligrafia elegante e fluida, com o nome 'B. Franklin' claramente legível.

A passagem de Faraday sobre recém-nascidos é saborosa, pois reflete um pouco da atitude do grande público em relação à ciência – principalmente, a dita *básica*, ou seja, desinteressada, cuja motivação seria “apenas” de investigar a natureza. No entanto, perguntas do tipo “para que serve?” ou “por que se estuda isso?” precisam de alguma contextualização – até porque se encontra gente de bom nível educacional que diz que “ciência básica não serve para nada” ou que “ciência só deveria ter aplicação prática”.

Mesmo na comunidade científica, há os que defendam apenas a existência da ciência básica ao se argumentar em termos gerais a respeito do tema, sem interferências do meio – algo como um sistema de crenças que defende a autonomia das ciências de todo o resto, incluindo as paixões humanas. Seria o caso da matemática dita *pura*. E no outro lado do ringue estão os que insistem em promover uma ciência cujos objetivos sejam unicamente resolver questões práticas e aplicadas (incluindo as ciências sociais) e, assim, gerar bem-estar para a população além de promover

o desenvolvimento econômico, como ocorre em um bom número de engenharias. Em particular, há uma outra parte da matemática, a dita *aplicada*, que também se encaixa nesta discussão. Difícil mesmo é precisar, por exemplo, entre os matemáticos, quando a matemática é pura e quando é aplicada...

Como em muitas situações semelhantes, a melhor solução encontra-se no bom senso. Há vários exemplos para ambos os lados, como os que defendem o total desinteresse da pesquisa científica gostam de citar o exemplo do LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou numa tradução livre, “Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação”), que teve seu pedido de patente de sistema operacional solicitado em 1961 e aceito em 1967,² pelo físico e engenheiro americano Theodore Harold Maiman (1927-2007).

A brilhante história do LASER tornou possível, por exemplo, cirurgias como a de catarata, pele, pés, joelhos, trato gastrointestinal e problemas cardiovasculares (entre outros), embora não tenha sido criada com estes propósitos. Tal afirmação provém do próprio inventor Maiman, que em seu livro de memórias *The LASER Odyssey*, publicado em 2000 disse ser “uma solução procurando por um problema”. No entanto, o desfecho que deixa feliz os defensores da ciência básica – entenda-se, desinteressada – é a conclusão dessa historietta: se o inventor do LASER buscasse uma solução da catarata, por exemplo, talvez nunca teria chegado à descoberta desse tipo de especial de luz estimulada. De fato, aqueles com maior pendor para a história das ciências concluem a argumentação alegando que as origens do LASER estão em um artigo – este completamente desinteressado de questões práticas – publicado por ninguém menos que Albert Einstein (1879-1955), há quase cem anos intitulado *Zur Quantentheorie der Strahlung*.³

Uma outra questão bastante debatida no ringue da ciência é que os defensores da pesquisa aplicada acusam os colegas de ciências básicas de não gerar um centavo para a riqueza de seus países – o que, por vezes,

2 MAIMAN, T. H. *Ruby LASER Systems* (Sistemas LASER de Rubi), U.S. 3,353,115 (1967)

3 EINSTEIN, A. *Zur Quantentheorie der Strahlung* (Sobre a Teoria Quântica da Radiação). *Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft, Zürich*, v. 18, p. 47-62, 1916.

é verdade. No entanto, é preciso lembrar um dado que é impressionante: quase metade do Produto Interno Bruto (PIB) norte americano decorre de desdobramentos da *mecânica quântica*, uma teoria (por sinal, desinteressada) que lida com os fenômenos do universo dos átomos e das partículas subatômicas, sendo o LASER um deles

Tais questões sobre “para que serve?” podem, portanto, gerar diversas discussões e dúvidas.



Figura 165 – Sir Humphry Davy (1778-1829), químico e inventor britânico. Obra do pintor inglês Thomas Lawrence (1769-1830) por volta de 1821 na National Portrait Gallery, Londres.

Fonte: Wikimedia Commons.

Humphry Davy

Vejamos a situação por outro ângulo: como seria o mundo sem a *internet*, ou seja, as famosas páginas “WWW” da rede mundial de computadores? Para alguns – principalmente, as novas gerações –, é impossível imaginar não ter acesso a *sites* ou mesmo enviar mensagens de *email*. O curioso é que as “WWW” nasceram no gigantesco acelerador de partículas LHC (*Large Hadron Collider*) ou “Grande Colisor de Hádrons”, mais precisamente da mente de do físico britânico Timothy John Berners-Lee (n. 1955), que buscava uma solução para facilitar a comunicação com seus colegas. Não foi portanto um estudo encomendado..

O LHC custou cerca de US\$ 10 bilhões de dólares e ainda está em pleno funcionamento. Certamente, este valor é uma ninharia perto dos benefícios que a *internet* trouxe ao mundo nesta transição entre os séculos XX e XXI. Atualmente existem outros grandes projetos científicos em andamento que poderão fornecer novos produtos e serviços a partir de desdobramentos e descobertas – desinteressadas ou não, como: i) Telescópio Europeu

Extremamente Grande (*European Extremely Large Telescope*), instrumento de 39,3 metros desenhado para a próxima geração de telescópios do Observatório Europeu do Sul, a ser instalado no Deserto de Atacama, Chile; ii) LASER de Raios X Livres de Elétrons Europeu (*European X-Ray Free-Electron LASER*), de altíssima intensidade financiado por onze países, a ser instalado em Hamburgo, Alemanha; iii) Projeto Fusão Nuclear Internacional (*International Nuclear Fusion Project*), um ambicioso projeto de produção de energia por fusão nuclear, limpa, sustentável e praticamente ilimitada, financiada por 34 países. É um sonho perseguido por diversos cientistas há quase um século – a ideia é de atingir num pequeníssimo espaço temperaturas acima de 100 milhões de graus Celsius, muito acima do interior do núcleo de uma estrela como o Sol, e fazer os núcleos de átomos leves literalmente fundirem, produzindo elementos mais massivos; iv) Estrutura de Pesquisas para Antiprótons e Íons (*Facility for Antiproton and Ion Research*), um acelerador específico de antiprótons e íons, a ser construído na cidade de Darmstadt, na Alemanha, famosa por suas pesquisas com íons pesados – os últimos elementos químicos da Tabela Periódica, como o 110, 112 e o 117, o mais massivo conhecido, foram lá produzidos; v) Estrutura Nacional de Ignição (*National Ignition Facility*), refere-se a construção de um potente LASER localizado no Laboratório Nacional Lawrence Livermore.⁴ Destes cinco exemplos pode-se notar a enorme relevância do uso de LASERS em boa parte dos projetos.

Podemos citar ainda campos promissores para o futuro próximo de novas revoluções a partir da nanotecnologia e novos materiais avançados, computadores quânticos, supercondutividade, biotecnologia, inteligência artificial, biomassa, combustíveis alternativos, entre outros (além da astronomia, fusão nuclear e aceleradores de partículas, citados entre os cinco exemplos acima) que deverão provir destes ou ainda de outros projetos científicos num futuro próximo.

Apenas a título de curiosidade, a Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos⁵ elencou os dez principais desenvolvimentos tecnológicos do século passado. A lista é curiosa, tanto pelas descobertas elencadas quanto pela ordem de relevância: i) Eletrificação; ii) Automóvel; iii) Avião;

4 Ver em: <www.llnl.gov>.

5 Ver em: <www.nae.edu>.

iv) Suprimento e Distribuição de Água; v) Eletrônica; vi) Rádio e Televisão; vii) Agricultura Mecanizada; viii) Computadores; ix) Telefone; x) Refrigeração e Ar-condicionado. Tais itens são certamente indispensáveis para a vida moderna, e vale notar que o primeiro deles é da lavra de estudos desinteressados como as do magnífico Faraday há quase duzentos anos.

Figura 166 – Primeira patente sobre LASER: Ruby LASER Systems, US 3,353,115, publicada em 1967, de Theodore Harold Maiman (1927-2007), físico e engenheiro americano



Fonte: Google Patents.

Mais recentemente, vale lembrar também que as Missões Apollo que permitiram levar o homem à lua promoveram mais de 6.000 patentes e descobertas que fazem parte do nosso dia a dia, como *microchips* de computador, aspiradores de pó, alimentos desidratados, *joysticks* (consoles de computadores e videogames), lentes resistentes a riscos, almofadas de material viscoelástico, satélites para telefonia e televisão, palmilhas e tênis de alto impacto, filtros de água especiais, entre outros

Todos estes itens, desenvolvimentos, processos e equipamentos estão embutidos de ciência básica e dependem essencialmente de pesquisas desinteressadas que descobriram e/ou entenderam fenômenos naturais ligados à matéria (partículas), radiação, calor, som, óptica, novos materiais e eletricidade.

Voltando ao início, há uma outra célebre frase do mesmo Michael Faraday – ao ser inquirido por uma autoridade britânica em 1850 sobre o valor prático da eletricidade, teria dito: “Um dia, senhor, poderá tributá-lo” (uma tradução livre de: *One day Sir, you may tax it*) – proféticas palavras de um cientista que anteviu de muito, muito longe o futuro... Com relação a este particular episódio é importante frisar ainda que, naquela época (século XIX), a eletricidade era uma tecnologia bastante distante das pessoas, portanto poderia ser considerada uma pesquisa “básica”.



Figura 167 – Michael Faraday (1791-1867), físico e químico inglês. Pintura a óleo de Thomas Phillips (1770-1845), por volta de 1842

Fonte: Wikimedia Commons.

Infelizmente, cada vez mais os embates científicos (e podemos incluir os de outra natureza) são apresentados de formas gradativamente mais simplórias e defendidos de modos até bastante agressivos, como numa disputa entre pesos pesados num ringue. Em contraposição, a discussão salutar, inteligente, educada, gentil e respeitosa, mesmo entre pontos de vista diferentes, tem sido cada vez mais *rara*. Os estudos das ciências ditas básicas e aplicadas continuam sendo muito importantes, sem dúvida, e a intenção deve ser sempre a procura do bem-estar, progresso e riqueza para a humanidade. Tomara que seja apenas um momento. *Tomara...*

Uma coisa pode ser outra coisa¹

É bastante comum o ditado popular que diz: “uma coisa é uma coisa, outra coisa é outra coisa”. Mas seria isto sempre verdade? O ditado trata da questão da igualdade, e entre os vários saberes do conhecimento humano, apenas um deles – a matemática, cuida de determinar precisamente este significado.

Coube ao célebre matemático grego Euclides de Alexandria (c. 325-c. 265 a.C.), escrever por volta de 300 a.C. uma coletânea coerente e lógica de saberes matemáticos que os estudantes conhecem como *geometria*. Existem de fato poucas informações a seu respeito, e muitas referências creditam a ele a elaboração de um dos livros mais influentes na história, tanto pelo seu método quanto pelo seu conteúdo matemático. No início deste espetacular livro, chamado *Os Elementos*, existem cinco *noções comuns* (em latim, *notiones communes*) que, por brevidade, poderíamos entender como “verdades autoevidentes”, como são, por exemplo, os conceitos de “bem” e “mal”. A primeira

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 6 de junho de 2015.

noção comum afirma que “se duas coisas são iguais a uma terceira, são iguais entre si”. Uma outra noção comum do livro é: “quando é retirada uma de duas quantias iguais, sobra uma quantia igual a que foi retirada”.

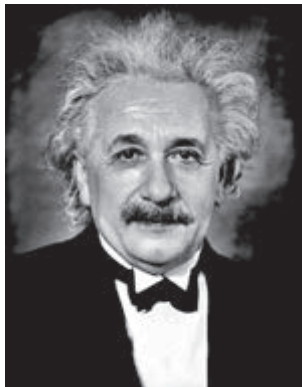


Figura 168 – Albert Einstein (1879-1955), durante visita ao Instituto de Estudos Avançados de Princeton

Fonte: Wikimedia Commons.

Albert Einstein

Mas o mais curioso é que uma coisa pode sim ser outra coisa... A física contemporânea afirma que situações assim são corriqueiras no mundo subatômico: pequenas *partículas* como os elétrons, que formam a matéria, assim como os prótons e nêutrons, podem deixar de sê-las e se transformarem em outra coisa, que os físicos chamam de *ondas*.

O princípio desta nova visão do mundo deu-se a partir de um bom número de cientistas. Iremos citar apenas dois, ambos prêmios Nobel de Física. O primeiro, mundialmente conhecido, foi nada mais nada menos que Albert Einstein (1879-1955), físico alemão.

Em 1905, um ano singular na história das ciências, escreveu quatro artigos (além de finalizar sua tese de doutorado), e um destes trabalhos tratava de um fenômeno curioso: quando uma superfície metálica é exposta à luz (radiação eletromagnética) a partir de uma determinada condição, esta mesma luz é absorvida e elétrons são *emitidos* da superfície, como se fossem *arrancados*.



Figura 169 – Einstein e sua irmã Maja por volta de 1886

Fonte: Wikimedia Commons.

Isto é algo espantoso, pois o problema envolve duas entidades físicas bastante distintas a princípio: luz (ou ondas) e elétrons (matéria). Aprende-se nas escolas desde a mais tenra idade que a matéria pode atuar com a matéria: por exemplo, duas bolas em rota de colisão interagem entre si, etc. Já a luz tem outra natureza e propriedades – mas este novo fenômeno, denominado “efeito fotoelétrico”, que envolvia ao mesmo tempo luz e matéria, necessitava de uma explicação devido a sua natureza muito, muito particular – para não dizer *estranha*.

Pois bem, foi Einstein quem resolveu este problema no célebre artigo “Sobre um Ponto de Vista Heurístico a respeito da Produção e Transformação da Luz”,² estabelecendo que a luz poderia ser compreendida enquanto composta de quantidades discretas denominadas *quanta* de luz, muito depois denominadas de fótons, recebendo o Prêmio Nobel em 1921 por esta proposta (e não pela Teoria da Relatividade, como muitos imaginam...). Se um fóton de luz pode ser considerado um *quantum*, seria este o equivalente material, ou ainda corpuscular da onda. Parece difícil entender a princípio

² EINSTEIN, A. *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* (Sobre um Ponto de Vista Heurístico a respeito da Produção e Transformação da Luz). *Annalen der Physik*, Leipzig, v. 322 p. 132-148, 1905.

como uma coisa pode ser outra, e isto foi motivo de debate sério e acalorado durante vários anos. Mas se esta premissa *pudesse* ser aceita, Einstein ponderou que a luz participaria no efeito fotoelétrico colidindo com elétrons, como um corpúsculo em outro, e assim estes poderiam ser arrancados por mera colisão. Por isto utilizou do termo *heurístico* no título do seu artigo, sugerindo uma “hipótese provisória” para interpretar este novo fenômeno. Coisa de gênio...

Figura 170 - Diploma do Nobel de Física de 1921 para Albert Einstein, entregue em 10 de dezembro de 1922³



Fonte: Wikimedia Commons.

A explicação sobre esta possibilidade de uma coisa poder ser outra coisa foi fornecida por outro Prêmio Nobel de Física, este em 1929: Louis-Victor-Pierre-Raymond, 7º Duque de Broglie (ou simplesmente Louis de Broglie, 1892-1987), historiador e físico francês. Sua formação inicial em humanidades, obtendo uma graduação em história, não o impediu de

3 Pertencente aos Arquivos Albert Einstein da Universidade Hebraica de Jerusalém, com mais de 80.000 documentos do grande cientista: <www.alberteinstein.info>.

estudar, compreender e propor novas ideias às ciências, e sua hipótese principal em física, auxiliado por seu irmão Louis-César-Victor-Maurice (físico de formação) era de que “toda partícula ou objeto em movimento pode ser associado a uma onda”.



Figura 171 – Retrato oficial de Louis-Victor-Pierre-Raymond, 7º Duque de Broglie (ou simplesmente Louis de Broglie, 1892-1987), historiador e físico francês, em 1929 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikimedia Commons.

A handwritten signature in black ink, which reads "Louis de Broglie". The signature is written in a cursive style.

Sua brilhante tese de doutorado em física: *Recherches sur la Théorie des Quanta* (algo como “Investigações sobre a Teoria Quântica”), embasada na proposta heurística de Einstein e defendida em 1924, consistia no seguinte raciocínio: “se um fóton, que não possui massa, comporta-se como uma partícula – um elétron, que possui massa, irá se comportar como uma onda”. Desta forma, o comprimento de onda λ estará definido em termos do movimento, (i.e., velocidade v) de uma partícula de massa m a partir de uma singela equação: $\lambda=h/mv$.

Esta é simplesmente uma das equações mais *assombrosas* da física, pois iguala uma onda de um lado com uma partícula do outro (esta identificada como tendo massa m movendo-se com velocidade v).

A constante que equilibra a equação é conhecida como Constante de Planck h , um número extremamente pequeno ($h=6,626 \times 10^{-34}$, ou ainda algo como um número pouco maior que seis dividido por 1 seguido de 34 zeros).

A proposta francesa então implicava que pequenas massas m desenvolvendo grandes velocidades v poderiam ser detectadas enquanto ondas

de comprimento λ . É possível verificar esta situação em bons laboratórios e em experimentos considerados clássicos - por exemplo, em determinadas situações a partícula denominada méson π , que possui massa definida, em altíssimas velocidades pode ser também interpretado como uma onda de comprimento bem definido. Denomina-se este de *Princípio da Dualidade Onda-Partícula*, fundando uma nova área das ciências: a mecânica ondulatória.

Einstein teria dito certa vez sobre este aparente paradoxo da dualidade num soberbo livro de divulgação científica, escrito em conjunto com o amigo polonês e também físico Leopold Infeld (1898-1968), publicado primeiramente em 1938:⁴ “parece que devemos usar, por vezes, uma teoria e, por vezes, outra, enquanto que, em outras situações podemos usar qualquer uma. Estamos diante de um novo tipo de dificuldade. Temos duas imagens contraditórias da realidade; separadamente nenhuma delas explica totalmente os fenômenos da luz, mas juntas sim”.



Broglie

Figura 172 – Pintura de Louis-César-Victor-Maurice (1875-1960), 6º Duque de Broglie, físico francês, por Marcel Baschet (1862-1941)

Fonte: Wikimedia Commons.

4 EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A Evolução da Física*. Ed. Zahar, Rio de Janeiro, p. 248, 2008.



Figura 173 – Leopold Infeld (1898-1968), físico e divulgador de ciências polonês, por volta de 1960

Fonte: Wikimedia Commons.

Assim, com de Broglie, a matéria deixou de ter apenas uma natureza *corpúscular*, e passou a ter também um caráter *ondulatório*, criando o novo conceito de *onda-partícula*, uma entidade que é simultaneamente uma e outra, e assim desfazendo o paradoxo. De certa forma, provou que “uma coisa pode ser outra coisa” – ao mesmo tempo.

25 anos ouvindo estrelas¹

No dia 24 de abril de 1990 o telescópio Hubble foi lançado a partir do ônibus espacial *Discovery*, e desde então orbita nosso planeta a quase 550 km de distância, viajando a 8 km/s, fornecendo belas imagens sem a interferência da atmosfera. Foram feitas por volta de 1,2 milhões delas até o presente momento, e por conseguinte, resultam num importante panorama a respeito do cosmos. Quão grande é o universo? Quão velho? Algumas destas informações já foram respondidas pelo Hubble e referem-se ao tamanho, idade e evolução do universo, comportamento do nosso sistema solar, bem como revelações sobre novas galáxias, estrelas e planetas. Cientistas publicaram por volta de 12.800 artigos científicos com seus dados nestes 25 anos, o que simplesmente significa que foi o instrumento criado pelo homem mais utilizado em pesquisas científicas até agora, revolucionando a astronomia e a astrofísica.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 12 de junho de 2015.



Figura 174 – Edwin Powell Hubble (1889-1953), astrônomo americano

Fonte: Wikimedia Commons.

Edwin Hubble



Figura 175 – Georges-Henri Édouard Lemaître (1894-1966), padre, astrônomo e físico belga ao receber o Prêmio Francqui em 1934

Cortesia: Archives Georges Lemaître, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.

G. Lemaître

O primeiro telescópio espacial da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, ou Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) homenageia Edwin Powell Hubble (1889-1953), astrônomo americano que ficou famoso por ter descoberto que as até então chamadas estruturas nebulosas eram na verdade galáxias que se situam fora da Via Láctea. Percebeu ainda em 1929 que todas as galáxias se afastam em grande velocidade e que essa velocidade aumenta com a distância que as separam, utilizando dados de várias observações astronômicas, conforme artigo:

A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae.² Tal revolucionária descoberta hoje é conhecida como *Lei de Hubble*, e foi realizada aparentemente de forma independente a um estudo similar efetuado pelo padre, astrônomo e físico belga Georges-Henri Édouard Lemaître (1894-1966) dois anos antes, tendo este publicado seus resultados numa revista de menor impacto: *Un Univers Homogène de Masse Constante et de Rayon Croissant Rendant Compte de la Vitesse Radiale des Nébuleuses Extra-Galactiques*.³ De toda sorte, tal proposta de deslocamento das galáxias serviria como base para físicos como George Anthony Gamow (1904-1968) estabelecerem a Teoria do *Big Bang* décadas mais tarde.

Até aproximadamente a época de Galileo Galilei (1564-1642), o grande físico, astrônomo, filósofo e matemático italiano, as observações do céu eram feitas a olho nu. Somente depois, por volta de 1610, foram realizadas as primeiras observações com os chamados telescópios, há mais de 400 anos. Galileo foi um dos primeiros a apontá-los ao céu e mostrar, por exemplo, que a Lua tinha uma superfície bastante imperfeita, consistindo de vales, crateras e montes, muito próximo ao que existe em nosso planeta. Verificou pela primeira vez que Saturno tinha anéis, que Júpiter tinha luas orbitando ao seu redor e a nossa galáxia Via Láctea era composta de uma miríade de estrelas.

Tudo isto foi registrado num magistral livro intitulado *Sidereus Nuncius* (“O Mensageiro das Estrelas”). Embora não tenha sido seu primeiro inventor, o telescópio de Galileo consistia de duas pequenas lentes vítreas envoltas num simples tubo, construída por ele mesmo.

A maior lente do telescópio Hubble, bastante sensível, possui 2,4 m de diâmetro. Foi construída pela célebre empresa americana de vidros

2 HUBBLE, E. P. *A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae* (Uma Relação entre Distância e Velocidade Radial entre Nebulosas Extragalácticas). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 15, p. 168-173, 1929.

3 LEMAÎTRE, G-H. É. *Un Univers Homogène de Masse Constante et de Rayon Croissant Rendant Compte de la Vitesse Radiale des Nébuleuses Extra-Galactiques* (Um Universo Homogêneo de Massa Constante e Raio Crescente Representando a Velocidade Radial das Nebulosas Extragalácticas). *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, Bruxelles, v. 47, p. 49-59, 1927.

Corning,⁴ e tem coeficiente de expansão próximo de zero – o que significa que praticamente não expande ao sofrer aquecimento, por exemplo, pela luz solar, que precisa captar para gerar sua energia através de imensos painéis solares. Energia esta suficiente apenas para iluminar o equivalente a simples 28 lâmpadas, mas que pode manter todos os instrumentos em funcionamento... Apenas o projeto da lente levou quase uma década, e o custo de todo o equipamento foi de aproximadamente 1,5 bilhão de dólares, incluindo seus sofisticadíssimos instrumentos óticos e demais itens de medição. Deve funcionar por mais cinco anos, e ser substituído por um outro telescópio (isto se não for reformado mais uma vez...). Atualmente a operação que mantém o Hubble em funcionamento é considerada o maior evento sob coordenação da NASA depois das jornadas do homem à Lua.

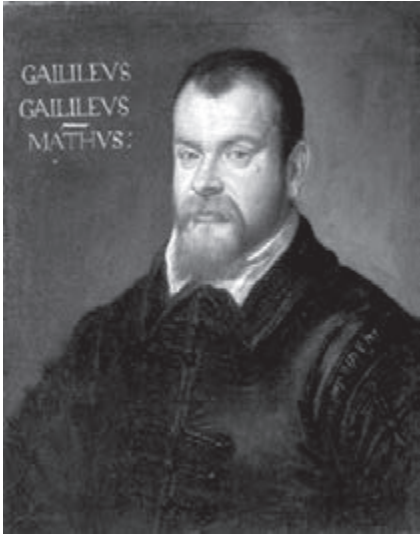


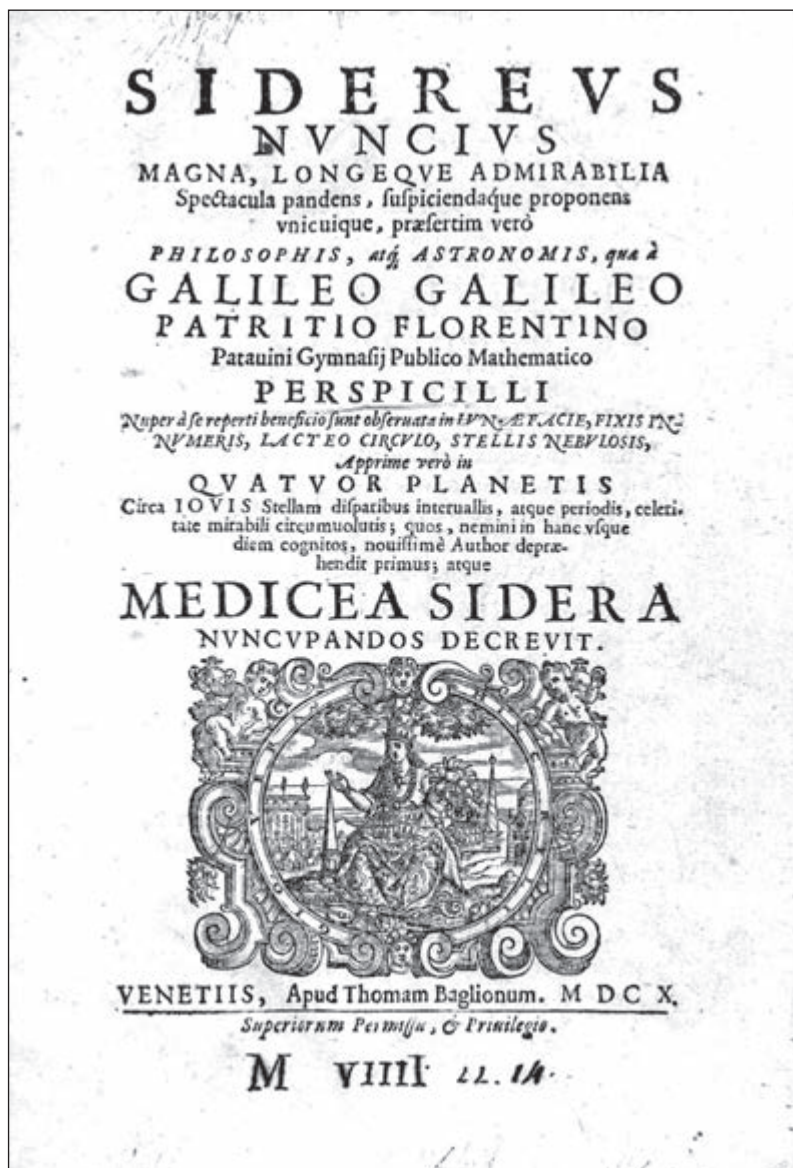
Figura 176 - Galileo Galilei (1564-1642), físico, astrônomo, filósofo e matemático italiano. Pintura de Domenico Tintoretto (1560-1635), entre 1605 e 1607

Fonte: Wikimedia Commons.

A handwritten signature of Galileo Galilei in a cursive script, written in dark ink on a light background.

4 <www.corning.com>.

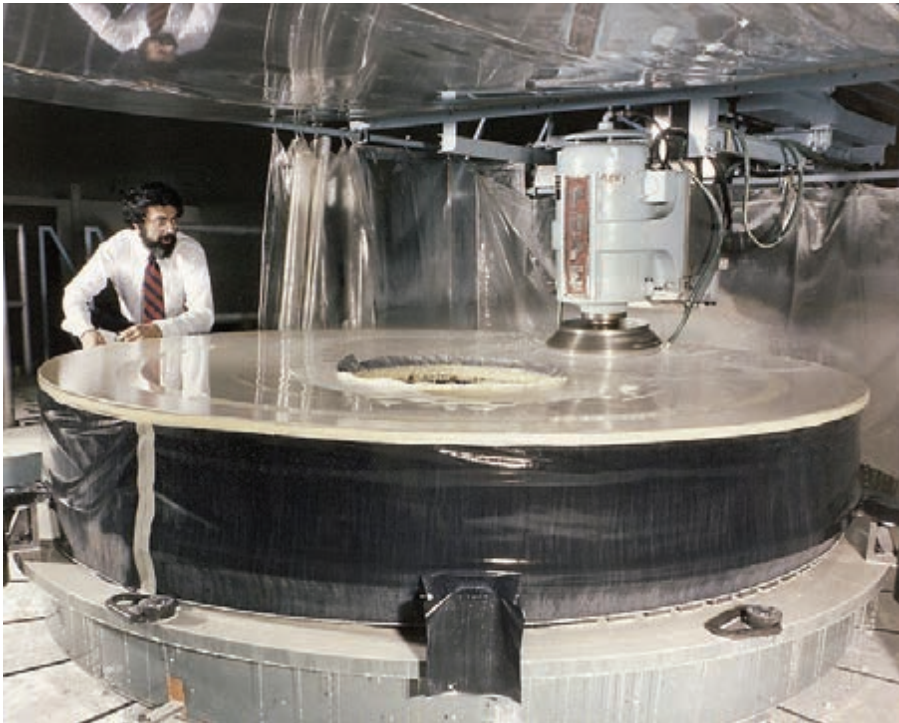
Figura 177 – Capa do primeiro tratado astronômico utilizando observações a partir de um telescópio, este por Galileu: *Sidereus Nuncius* (“O Mensageiro das



Fonte: Wikimedia Commons.

Na época de lançamento, foi denominado poeticamente como “uma nova janela para o universo”, mas apresentou pequenas falhas, principalmente de foco, que foram consertadas tempos depois, este já orbitando, como se fosse um satélite. Foi necessária uma nova missão espacial em dezembro de 1993, onde astronautas colocaram o que seriam “lentes de contato” ao telescópio após realizarem um passeio no espaço – este, em particular, foi outro verdadeiro marco na história da astronomia. Com tal equipamento é possível atingir grandes resoluções como, por exemplo, distinguir duas moscas separadas de 90 cm a uma distância de 4.150 km, equivalente à extensão que separa Salvador, capital do estado da Bahia, de Buenos Aires, capital federal da Argentina.

Figura 178 - Polimento do espelho primário do Hubble Space Telescope pela empresa americana Perkin-Elmer Corporation, Danbury, Connecticut



Fonte: Wikimedia Commons.

O astrofísico romeno Mario Livio (n. 1945), autor de uma dezena de livros de divulgação científica e matemática, definiu com propriedade numa entrevista à rede americana CBS (*Columbia Broadcasting System*) em março de 2004 – no prestigiado jornal *60 Minutes*, quando de uma importante e necessária discussão sobre uma reforma a ser realizada ou não pela NASA – arguindo, portanto, sobre a relevância do mais preciso telescópio do mundo: “pergunte a qualquer pessoa o nome de um dramaturgo. A maioria diria Shakespeare. Pergunte-lhes o nome de um cientista. A maioria diria Einstein. Pergunte o nome de um telescópio. Todos vão dizer Hubble”.

Certa vez Hubble escreveu na edição de maio de 1929 da revista *Harper's Magazine*, a segunda mais longeva revista americana, que trata de literatura, política, cultura, finanças e artes:⁵ “equipado apenas com cinco sentidos, o homem explora o universo ao seu redor e denomina esta aventura de Ciência”. Pois bem, com apenas um desses sentidos, o grande jornalista, contista, cronista e poeta brasileiro Olavo Bilac (1865-1918) escreveu a um amigo um dos mais belos versos da língua portuguesa: “Ora (dizeis) ouvir estrelas! Certo, perdeste o senso!... Amai para entendê-las! Pois só quem ama pode ter ouvido - Capaz de ouvir e de entender estrelas”.



Figura 179 – Olavo Brás Martins dos Guimarães Bilac (1865-1918), jornalista, contista, cronista e poeta brasileiro

Fonte: Wikimedia Commons.

Olavo Bilac

5 HUBBLE, E. *The Exploration of Space* (A Exploração do Espaço). *Harper's Magazine*, New York, v. 5, p. 732-738, maio. 1929.

XIII⁶

Olavo Bilac

Ora (dizeis) ouvir estrelas!
Certo, perdeste o senso!
E eu vos direi, no entanto
Que, para ouvi-las,
muitas vezes desperto
E abro as janelas, pálido de espanto

E conversamos toda a noite,
enquanto a Via-Láctea, como um pálio aberto, Cintila.
E, ao vir do sol, saudoso e em pranto,
Inda as procuro pelo céu deserto.

Dizeis agora: “Tresloucado amigo!
Que conversas com elas?
Que sentido tem o que dizem,
quando estão contigo?”

E eu vos direi:
“Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e de entender estrelas”

6 BILAC, O. Soneto XIII . In: BILAC. O. *Poesias, 1884-1887: Panópias, Via-lactea, Sarças de Fogo*. São Paulo: Ed. Teixeira e Irmão, p. 228. 1888.

Figura 180 – O telescópio espacial Hubble da NASA orbitando a quase 550 km de distância da Terra, viajando a 8 km/s. Seu tamanho é próximo ao de um ônibus. Crédito: NASA



Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 181 – Os “Pilares da Criação” foram obtidos a partir do telescópio Hubble, estando cerca de 7.000 anos-luz da Terra. Consistem de colunas de gases e pó interestelar resfriados incubando novas estrelas na Nebulosa da Águia. Crédito: NASA



Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 182 – A majestosa “Galáxia do Sombreiro” (Messier 104, NGC 4594) , com centro brilhante e um cinturão de partículas de poeira, a 28 milhões de anos-luz, na Constelação de Virgo. Crédito: NASA



Fonte: Wikimedia Commons.

Figura 183 – Explosão supernova, distante 6.523 anos-luz da Terra. Nebulosa do Caranguejo (NGC 1952). Este evento foi observado por astrônomos japoneses e chineses no distante ano de 1054. Crédito: NASA



Fonte: Wikimedia Commons.

Água fresca, pote de barro e sabedoria popular nazarena¹

A *sabedoria popular é rica* em exemplos científicos. E, em geral, apresenta interessantes lições, pois a escola não é a única fonte de conhecimento – o cidadão comum, e às vezes não-escolarizado, pode realizar práticas absolutamente científicas. Por exemplo, ao manter água em potes de barro, como aqueles vendidos durante a Feira dos Caxixis em toda época de Semana Santa em Nazaré,² elas permanecem frescas e muito agradáveis de provar. Porque isto acontece? A ciência pode explicar de modo *simples*.

A resposta é curiosa: em muitas regiões deste enorme Brasil, principalmente, naqueles rincões com pouco ou praticamente nenhum acesso à infraestrutura básica, entenda-se luz, asfalto e sistema sanitário (e às vezes até escolas), é comum as pessoas

¹ Publicado na versão *on-line* do jornal *Tribuna da Bahia* em 03 de agosto de 2015.

² Para descobrir mais sobre a cidade, acesse: <www.nazare.ba.gov.br>.

utilizarem de potes de barro para conservar água. E tais potes mantêm a água numa temperatura um pouco mais fria que a do ambiente, resultando num frescor bastante aprazível.



Figura 184 – Um típico pote de barro, ou ainda “moringa”

Fonte: acervo do autor.

Este fenômeno, que para muitos ainda pode ser considerado “crendice popular”, é explicado a partir das mudanças dos estados físicos da matéria, bem como da troca de calor entre dois corpos. O pote é feito de barro, que compõe o que chamamos de argila, um material relativamente poroso quando seco (mas os poros são imperceptíveis ao olho nu). Tal porosidade permite que uma pequena quantidade de água contida no pote, ao passar por estes poros, atravessando-o, entra em contato com o ambiente externo. Algumas pessoas dizem que o pote está “suando”, como já havia ouvido na agradável e pacata cidade de Nazaré das Farinhas (BA), ou seja, apresenta-se com aspecto úmido - mas na verdade o que é mais importante é que a água que atravessou o vasilhame de barro está passando do estado líquido para o estado gasoso. Nas escolas chamamos este último fenômeno de *evaporação*.

A água atravessar a camada de barro parece ser algo intrigante, mas é apenas parte da solução do fenômeno que resfria o líquido no vasilhame. Para que o processo de evaporação da água na forma líquida (ou seja, com menor energia cinética das moléculas) passe para o estado de vapor (isto é, com maior energia cinética das moléculas de H_2O) é necessária a absorção de energia para efetivar a mudança. No caso do pote de barro, a água que evapora na sua superfície simplesmente retira energia (na forma de calor) do próprio pote e do restante da água que não evaporou, ainda dentro do

vasilhame. Assim, ao extrair calor do pote para evaporar, incluindo a água que respinga fora do vasilhame, perde-se energia, resultando que tanto o pote como a água dentro do vasilhame resfriam.

Em situações assim, um pote de barro (ou ainda moringa) com água à temperatura ambiente de 25°C pode ser resfriada para até 5°C de forma relativamente rápida, estando assim bem fresquinha e agradável ao paladar, como em geral ocorrem em varias regiões do Recôncavo Baiano e Sertão adentro.

Para entender melhor o que ocorre no pote de barro, procure fazer um experimento em casa (se for criança, peça auxílio a um adulto!) – simplesmente pegue um pouco de álcool (ou acetona), e com um chumaço de algodão, aplique na pele, e depois assopre. O que você percebe?



Figura 184 – El botijo (c. 1904), obra do pintor espanhol Joaquín Sorolla Bastida (1863-1923), coleção particular

Fonte: Wikimedia Commons.

Ao assoprar, a sensação de frio (ou frescor) é maior na região em que o álcool se encontrava, mas havia rapidamente evaporado, deixando de estar no estado líquido e passando para o estado de vapor. O princípio é o mesmo que ocorre na moringa com água, pois o álcool (ou ainda a acetona) evaporou devido ao calor que retirou da pele, deixando-a levemente abaixo da temperatura normal (por volta de 36°C), resultando numa sensação local de frio.

Tal prática é bastante comum em climas quentes e secos, e há registros do conhecimento desta tecnologia de resfriamento da água há mais de 4.500 anos – os antigos egípcios se utilizavam deste saber para beber

água fresca no meio do deserto. Há também evidências na Ásia de seu uso milenar, tanto no Paquistão quanto na Índia, onde chamam o pote de barro de *matka* ou *matki*. Já os espanhóis chamam-no de *botijo*, e fundaram um museu inteiramente dedicado a este particular vasilhame.³ Realmente, é como diz um velho ditado popular, repetido por meu bisavô nazareno, pois nasceu e se criou na famosa Nazaré das Farinhas: “‘pote velho é que esfria água’, meu filho”... – pote este, claro, de barro!

Figura 186 - Uma das gravuras da obra *A Second Journey to Spain, in the spring of 1809; from Lisbon ... to Sevilla, Cordova, Granada, Malaga and Gibraltar*, do escritor canadense Robert Semple (1777-1816), mostrando os costumes locais e consumo e transporte de água nas províncias de Aragão e Catalunha



Fonte: Wikimedia Commons.

³ Veja mais em: <www.museo-del-botijo.com>.

Figura 187 – Nazaré (mais conhecida por Nazaré das Farinhas) é um típico município brasileiro situado no Recôncavo Baiano, fundado em 1572, quando era apenas um mero povoado. Dista de 276 km de Salvador por terra (contornando a Bahia de Todos os Santos) ou ainda de apenas 73 km tomando um Ferry Boat a partir da Feira de São Joaquim, na capital, em direção à Ilha de Itaparica



Fonte: ilustração do autor.

Figura 188 – Uma das mais conhecidas cidades do Recôncavo Baiano, Nazaré das Farinhas recebeu esta denominação pela intensa produção e comercialização desse particular produto na região, atravessada pelos rios Jaguaripe ao sul e Cupioba de norte a sul – este último rio em particular denomina um tipo de farinha muito comum e tradicional na localidade: a de copioba. Nazaré das Farinhas também é bastante conhecida pela Feira dos Caxixis, realizada durante a Semana Santa, reunindo artefatos de cerâmica comercializados por artesãos locais (conhecidos por ‘oleiros’). Em primeiro plano, vasos e moringas de barro ofertados no centro da cidade



Fonte: acervo do autor.

Como Sobral, no Ceará, foi determinante para comprovar a Teoria da Relatividade de Einstein¹

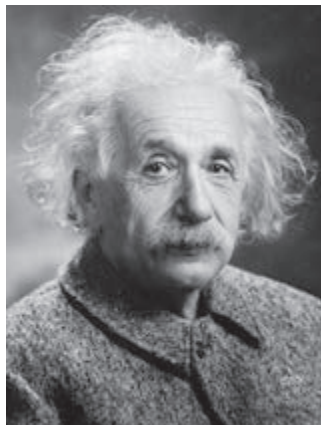


Figura 189 – Albert Einstein (1879-1955), físico alemão em 1947, enquanto professor em Princeton. Fotografado por Orren Jack Turner (1919-2008), Princeton, N. J.

Fonte: Wikimedia Commons.

Albert Einstein

¹ Publicado de forma resumida na versão *online* do jornal *Correio da Bahia* em 10 de agosto de 2015.

Em 2015 celebra-se o Ano Internacional da Luz por decisão da Assembleia Geral das Nações Unidas. Tal data coincide com a comemoração de um importante marco na história das ciências: a Teoria da Relatividade Geral (TRG), proposta pelo Prêmio Nobel de Física de 1921, Albert Einstein (1879-1955). A natureza da luz está intimamente vinculada à estrutura do espaço-tempo.

A Relatividade Geral é a teoria que explica os fenômenos gravitacionais do Universo, desde a queda dos objetos até as órbitas planetárias, bem como as explosões supernovas. Centenária, mas ainda jovem em espírito, sobreviveu a um enorme número de testes sobre sua validade.

Sua ideia central relaciona o fato de que o espaço e o tempo estão diretamente influenciados pela presença da matéria, e onde a luz tem um papel principal no grande palco do Universo. Poucos sabem, mas a primeira comprovação desta teoria ocorreu na cidade de Sobral, no Ceará, numa quinta-feira, dia 29 de maio de 1919.

Tudo começou em 1905, quando da publicação da Teoria da Relatividade Especial (TRE), ou ainda *Restrita*. Este trabalho subvertia as ideias fundamentais da física clássica, ao mostrar que o espaço não era absoluto, e o tempo não corria de modo uniforme, mas eram sim grandezas *relativas*, que dependiam do observador. Isto apenas aconteceria ao se admitir dois postulados: i) as Leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais, ou seja, não existe um referencial absoluto; ii) a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c , igual a 300.000 km/s em todos os referenciais inerciais. Se estes dois postulados fossem considerados verdadeiros, uma implicação direta da teoria resultaria na mudança de concepção do espaço e do tempo. O título do artigo de Einstein era “Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento”.² Einstein havia tratado de sistemas não-acelerados neste particular trabalho. Dois anos depois, ao rever este trabalho, descobriu que faltava algo, envolvendo a *gravitação*.

2 EINSTEIN, A. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento). *Annalen der Physik*, Leipzig, v. 322, p. 891-921, 1905.



Figura 190 – Albert Einstein em sua visita ao Rio de Janeiro, em 25 de março de 1925. Crédito: Revista Fon-Fon de 28 de março de 1925, ano XIX, número 13, pág. 50

Fonte: Biblioteca Nacional Digital.

De acordo com um dos maiores biógrafos de Einstein, o físico americano-holandês Abraham Pais (1918-2000),³ em 1907 o cientista alemão trabalhava num artigo-síntese sobre a TRE e tencionava modificar a teoria newtoniana da gravitação, ajustando-a a TRE. Então ocorreu o que chamou de *glücklichste Gedankemeines Lebens* (“pensamento mais feliz da minha vida”): o campo gravitacional tem apenas uma existência relativa... *Porque para um observador que cai livremente do telhado de uma casa não existe – pelo menos no ambiente imediato – um campo gravitacional* (itálicos do próprio Einstein).

Na realidade, se este observador deixar cair alguns objetos, estes permanecerão, em relação a ele, em estado de repouso ou movimento uniforme. O observador, por conseguinte, tem o direito de interpretar seu próprio estado como sendo “de repouso” – este seria o Princípio da Equivalência. Esta ideia, bastante singular, de que no campo gravitacional todos os corpos caem com a mesma aceleração foi o início da TRG, pois Einstein propunha questionar a validade do princípio da relatividade em sistemas acelerados, um em relação ao outro.

³ PAIS, A. *Sutil é o Senhor... A Ciência e a Vida de Albert Einstein*. Tradução F. Parente; V. Esteves. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995. p. 637.

De forma muito breve, uma espetacular consequência da nova teoria relativística, denominada *Geral*,⁴ proposta pelo físico alemão e publicada no início do ano seguinte, era de que os corpos que se encontram sob a ação da gravidade têm as suas trajetórias diretamente determinadas pela massa responsável pela distorção do próprio campo gravitacional. Uma trajetória, que em uma geometria plana seria retilínea, na TRG passaria a ser uma geodésica do espaço, tornado curvo devido à presença de corpos massivos.

Assim, em novembro de 1915, enquanto professor na Universidade de Berlim, concluiu a TRG, que substituiria definitivamente a física newtoniana, e englobaria a relatividade dita “especial”. Afirmava que o espaço seria curvo, distorcido pela presença de corpos com massas enormes, como planetas ou estrelas. Assim, previu que as partículas de luz (fótons) seriam atraídas pela deformação causada no espaço, por exemplo pelo Sol, seguindo assim trajetórias curvas.

⁴ EINSTEIN, A. *Die Grundlage der Allgemeinen Relativitäts theorie* (A Base da Teoria da Relatividade Geral). *Annalen der Physik*, Berlim, v. 354, p. 769-822, 1916.

Figura 191 – As Híades formam a cabeça e chifre na Constelação do Touro (exceto a estrela mais brilhante, Aldebarã, situada no olho direito). Crédito: Urania's Mirror; or, a view of the Heavens (*Espelho de Urania; ou a Vista dos Céus*, 1824). Urania é a musa da astronomia

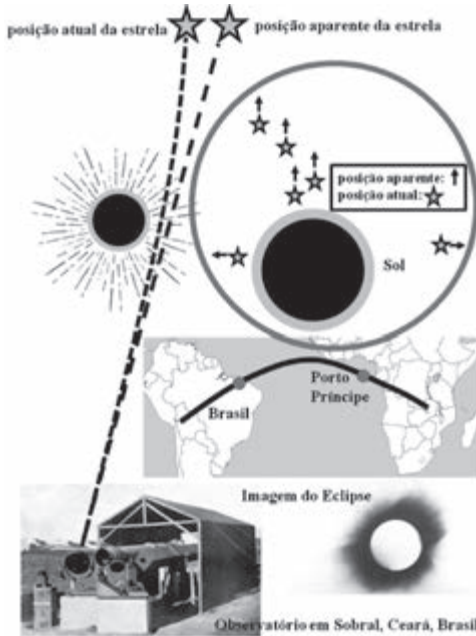


Fonte: Wikimedia Commons.

Um eclipse solar em especial seria uma oportunidade altamente favorável de teste da Relatividade Geral. Para verificar o fenômeno de encurvamento da luz, era preciso fotografar o céu durante um eclipse, quando é possível observar as estrelas próximas do Sol. Depois, comparar essa fotografia com outra, daquele mesmo grupo de estrelas, numa noite normal, quando o Sol já estivesse se deslocado para outra posição. A previsão: como o raio de luz seria encurvado pela massa do Sol, sem ele, chegaria na Terra numa posição levemente diferente.

Segundo os astrônomos, devido ao elevado número de estrelas brilhantes encontradas nas proximidades do Sol bem como sua longa duração (por volta de seis minutos), era esperado em 1919 um eclipse solar que não iria se repetir durante muitos anos. Em particular, maiores tempos de duração deste fenômeno favoreciam a observação e um melhor registro por meio de chapas fotográficas.

Figura 192 – Esquema inspirado na página do jornal The Illustrated London News do evento de 29 de maio de 1919, explicando o desvio da luz a partir do eclipse solar na cidade de Sobral, Ceará (a imagem menor mostra o observatório onde se registrou o fenômeno). Para um observador na Terra, a luz de uma estrela situada junto ao disco solar parecia afastar-se da borda deste. Tal esquema, que seguiu informações do astrônomo Andrew Crommelin, apresenta ainda a trajetória da sombra do eclipse na Terra e como ficaria o resultado comparativo das chapas fotográficas durante o eclipse e sem a presença do sol. Baseado em: Illustrated London News, Londres, v. 155, 22 de Novembro de 1919, pág. 815



Fonte: ilustração do autor.

Escolheram as estrelas do aglomerado de Híades, que formam a cabeça e o chifre do Touro na constelação que leva o mesmo nome. A estrela mais brilhante, Aldebarã, está no olho direito, mas não faz parte das Híades. A análise das fotografias com a observação da posição das estrelas se constituiu no material mais valioso do registro da experiência. As medições ficaram ao encargo de uma Missão Britânica, enviada pelo Observatório de Greenwich. Os ingleses se dividiram em duas expedições para observar o eclipse: uma para o Ceará, em Sobral, chefiada pelos astrônomos Andrew Claude de la Cherois Crommelin (1865-1939) e Charles

Rundle Davidson (1875-1970), e uma outra chefiada pelos astrônomos Arthur Stanley Eddington (1882-1944) e Edwin Turner Cottingham (1869-1940), que seguiram para Ilha do Príncipe, na África.



Figura 193 – Henrique Charles Morize (1860-1930), engenheiro e astrônomo franco-brasileiro

Cortesia: Observatório Nacional.

Importante salientar que a escolha por Sobral se deveu à indicação do engenheiro e astrônomo franco-brasileiro Henrique Charles Morize (1860-1930), que também participou da missão. Especificamente, sobre a expedição no Ceará, além da inglesa, houve outras duas, uma brasileira (chefiada por Morize) e uma última americana, que além de obter dados sobre a coroa solar tinha a incumbência de instalar uma Estação Meteorológica permanente na cidade de Sobral. A escolha ocorreu por estar situada no lugar de maior sombreamento da Lua, por conta do clima da região e a limpidez da atmosfera, propícias para a observação e os registros das chapas fotográficas.

No dia do evento houve uma ameaça de chuva, que de fato não se concretizou, permitindo assim os registros de forma exitosa, iniciados às 07h46min. O eclipse solar observado na cidade de Sobral, no Ceará, numa das praças principais da cidade, a do Patrocínio, em frente à Igreja de Nossa Senhora do Patrocínio, no dia 29 de maio de 1919, uma quinta-feira, provou que os raios de luz se “entortavam” ao passar perto da estrela. Logo após a experiência, Crommelin telegrafou para Londres: “Esplêndido eclipse”. Um outro telegrama também foi recebido por Londres, e nele Eddington comunicou: “apesar das nuvens, esperançoso”. A mensagem

fazia referência ao registro fotográfico obtido na observação do eclipse solar na Ilha do Príncipe.

O próprio Eddington assumiu uma superioridade notável dos resultados sobralenses em relação aos que obteve na Costa Africana, confirmando definitivamente a TRG. De fato, nas imagens de Sobral, sete estrelas apareciam nitidamente. Aquelas fotografias tiradas na Costa Africana continham doze estrelas, as quais apareciam difusamente.

Figura 194 – Visita do físico Albert Einstein ao Observatório Nacional, Rio de Janeiro, no dia 9 de maio de 1925. Na visita, teve a oportunidade de conhecer a equipe brasileira de astrônomos que viabilizaram a observação do famoso eclipse de Sobral, quatro anos antes. Entre eles, encontrou Henrique Charles Morize, diretor do observatório à época, que está sentado ao lado do cientista, segurando um chapéu. Foto de Guilherme de Candia

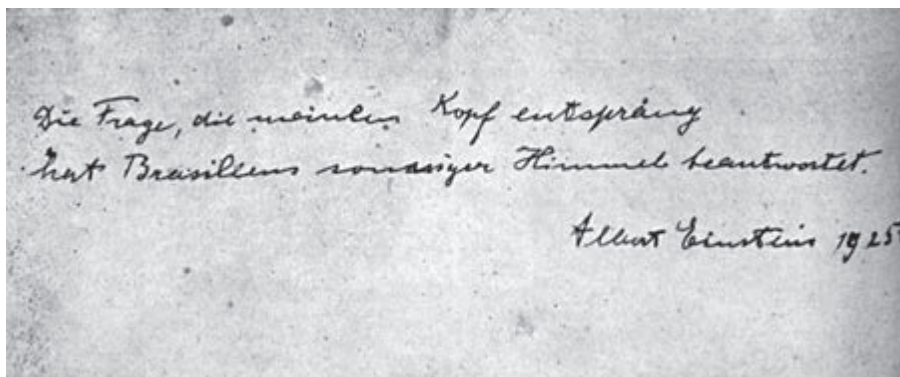


Cortesia: Observatório Nacional.

O impacto desta particular observação astronômica foi simplesmente *espetacular*: logo Einstein era aclamado, talvez até com certo exagero, um gênio universal. As solicitações da fama o arrastariam a inúmeros países, inclusive o Brasil. Em 21 de março de 1925, numa viagem pela América do Sul, passou pelo Rio de Janeiro, onde foi recebido por jornalistas, cientistas e membros da comunidade judaica. Visitou o Jardim Botânico e fez o seguinte comentário, por escrito, para o jornalista Francisco de Assis

Chateaubriand Bandeira de Mello (1892-1968): “A questão que minha mente formulou foi respondida pelo radiante céu do Brasil”.

Figura 195 – Die Frage, die meinen Kopf entsprang, hat Brasilien sonniger Himmel beantwortet (“A questão que minha mente formulou foi respondida pelo radiante céu do Brasil”). Crédito: Revista Fon-Fon, 28 de março de 1925, ano XIX, número 13, pág. 50



Fonte: Cortesia Biblioteca Nacional Digital.

De volta ao périplo até a Argentina, desembarcou novamente no Rio de Janeiro em 4 de maio, visitando o presidente brasileiro e outras instituições, como o Museu Nacional, a Academia Brasileira de Ciências⁵ e o Instituto Oswaldo Cruz, além de proferir duas conferências. Uma delas tornou-se o primeiro artigo do primeiro volume da *Revista da Academia Brasileira de Ciências*, após traduzido ao português. Ao deixar o Rio, o físico alemão enviou, ainda do navio, uma carta ao Comitê Nobel sugerindo o nome do marechal Cândido Mariano da Silva Rondon (1865-1958) para o Prêmio Nobel da Paz. No entanto, seu nome não consta no arquivo do banco de dados entre os 10 nomeadores de Rondon no *site* da Fundação Nobel,⁶ provavelmente, porque a carta não chegou ao seu destino. O teor da carta dizia o seguinte:⁷

5 <www.abc.org.br>.

6 Ver em: <www.nobelprize.org>.

7 TOLMASQUIM, A. T. *Einstein: o Viajante da Relatividade na America do Sul*. Rio de Janeiro: Ed. Vieira e Lent, 2003. p. 255.

Ao presidente do Comitê Nobel norueguês,

22.V.25

Prezado Senhor!

Permito-me chamar sua atenção para a atuação do general Rondon, no Rio de Janeiro, pois eu, por ocasião de minha visita ao Brasil, tive a impressão de que esse homem seria um grande merecedor de ser laureado com o Nobel da Paz. Seu trabalho consistiu na integração de tribos indígenas à civilização humana, sem o emprego de armas nem qualquer tipo de coerção. Minhas informações são baseadas no que ouvi de professores da Escola Técnica Superior no Rio de Janeiro que falaram com grande entusiasmo sobre o homem e sobre seu trabalho. Algumas coisas também me foram mostradas em filme. O próprio general Rondon, eu não conheci pessoalmente.

Eu poderei fornecer informações mais detalhadas se for de seu desejo, porém, seria melhor se o senhor pudesse obter informações adicionais através da representação norueguesa.

Com a mais alta consideração

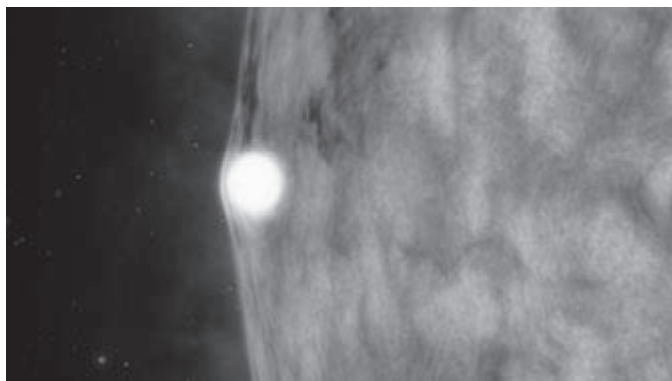
Prof. Dr. A. Einstein

Haberlandstr. 5, Berlin

Em resumo, Einstein previu que a luz sofreria desvios em sua trajetória quando passasse perto de corpos de grande massa. Como a comprovação desse efeito dependia de um objeto com massa suficiente para causar um desvio perceptível, os astrônomos tiveram a ideia de fotografar estrelas distantes que estivessem próximas da borda do Sol, o que somente seria possível de visualizar em um eclipse solar total, e comparar as imagens com outras, das mesmas estrelas, obtidas à noite, para verificar se estas mudavam de posição. A história das tentativas de fazer essas fotografias registra alguns fracassos, mas em 1919, num eclipse observado no Ceará, astrônomos ingleses mediram o desvio, consagrando Einstein definitivamente.

A comprovação de um dos experimentos mais celebrados da história da física, com carta de próprio punho de Einstein reconhecendo que o espetacular resultado foi obtido em experiência bem sucedida realizada no Brasil precisa ser mais conhecido, pois o fato é ignorado por boa parte da comunidade de cientistas e engenheiros, bem como o público leigo. Esta passou a ser a nova forma de se entender a atração gravitacional de planetas, como a Terra ao redor do Sol. Desta forma, segundo Einstein, estruturas muito grandes e massivas como as estrelas distorcem o espaço à sua volta e, portanto, a natureza da geometria do Universo (a malha do espaço-tempo) é que pode explicar a manutenção dos planetas no entorno das estrelas, bem como da Lua ao redor da Terra.

Figura 196 – Os testes da TGR não terminaram. Concepção artística da luz de uma estrela gigante vermelha ao passar rente a uma anã branca em sua frente, encurvando a luz. Ambas são do sistema binário de estrelas KOI-256. Isso acontece pela ação do campo gravitacional de uma estrela densa como o nosso Sol (a anã branca), mas mais fria por estar no fim da vida, sobre a luz de uma gigante vermelha. Baseado em dados do Telescópio Espacial Kepler, NASA (abril de 2013)

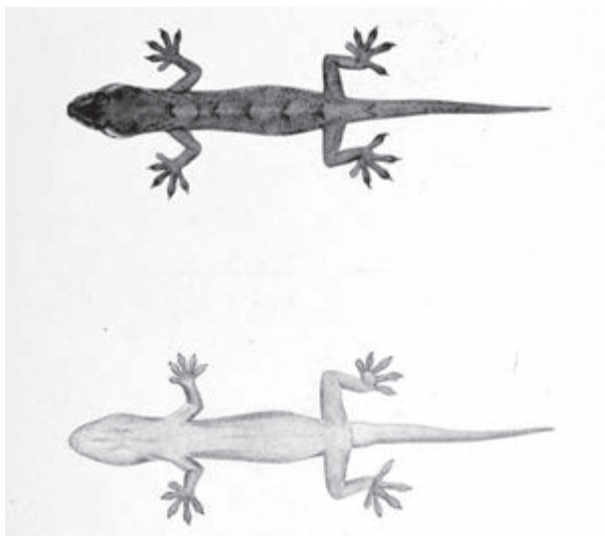


Fonte: Wikimedia Commons.

Modestamente, Einstein se tornou uma referência de ousadia e fineza intelectual para os cidadãos de todo o planeta. A relatividade geral tomou corpo na Física e abriu enormes horizontes para o conhecimento, jamais sonhados antes. Ao mostrar que o brilho das luzes das estrelas poderia ser desviado pela presença de matéria devido à distorção do espaço-tempo, o mundo nunca mais passou a girar como antes.

Lagartixa, nanotecnologia e a roupa do Homem-Aranha¹

Figura 197 – Ilustração de uma simples lagartixa (*Gekko japonicus*). Desenho do artista japonês Kawahara Keiga (1786-c. 1860), entre 1823 e 1829



Fonte: Wikimedia Commons.

¹ Publicado na versão online do jornal *Tribuna da Bahia* em 3 de setembro de 2015.

As mulheres da minha família, meus grandes amores, tem um medo enorme de um pequeno bichinho, bastante simpático, lépido e esperto, que gosta de comer insetos, chamado de *lagartixa*. Medo não, *pavor*. Se pudessem, subiriam literalmente pelas paredes, tentando fugir de um pequeno réptil que nada mais faz do que se alimentar de aranhas, baratas, mariposas, gafanhotos, grilos, cupins, percevejos, pernilongos, besouros, moscas e formigas. Existem mais de 950 espécies ao redor do mundo, e algumas delas apresentam capacidade de camuflagem similar à do camaleão. Por serem animais de sangue frio, precisam aquecer-se ao Sol. Como tática, as lagartixas procuram se manter abaixadas e imóveis por instinto, pois nada atrai mais a atenção que o movimento. Seus principais predadores são as serpentes (cobras), corujas, gaviões, bem como gatos domésticos.

Brincando com esta estória de subir pelas paredes, provoqueei-as dizendo que as lagartixas realmente ensinam os cientistas a produzirem roupas, trajes e adereços que permitiriam em pouco tempo deslocar-se na vertical, e em qualquer superfície lisa – inclusive no teto!

Por sinal, o célebre filósofo e cientista grego Aristóteles (384-322 a.C.) já havia escrito no livro *Historia Animalium* sobre esta particular propriedade das lagartixas, há quase 25 séculos. Claro que duvidaram... Foi preciso explicar calmamente, numa gostosa tarde de chá, café, bolo e biscoitos, pois um pouco antes disto houve a aparição de uma *reles lagartixa* na porta da sala., e aí...



Figura 198 – Retrato oficial de Johannes Diderik van der Waals (1837-1923) em 1910 ao receber o Prêmio Nobel de Física

Fonte: Wikipedia Commons.

Bom, após acalmar os ânimos exaltados de esposa, mãe e filha (o cachorrinho da família também colaborou...), comecei explicando que as lagartixas, originárias da África, que aqui aportaram através dos navios mercantes (bem como os negreiros) possuem patas extremamente aderentes, que grudam virtualmente em qualquer superfície, inclusive as de vidro. O que permite a elas desafiar a Lei da Gravidade e correr no teto das casas são as mesmas forças que atuam na natureza. Forças que ocorrem entre duas superfícies bastante próximas podem ser consideradas *adesivas* se estas se mantiverem unidas. O particular segredo em questão encontra-se na pilosidade microscópica altamente elevada nas patas destes incríveis seres.

Quando estes pelos entram em contato com uma superfície são estabelecidas pequenas forças de atração – cientificamente chamadas de *van der Waals* em homenagem ao célebre físico holandês Johannes Diderik van der Waals (1837-1923), Prêmio Nobel de Física em 1910. Tais forças ocorrem entre as moléculas que formam os pelos do animal e que estão em contato com uma superfície qualquer (esta também feita de átomos). O fato destes pelos serem tão pequenos – dezenas de vezes menores que um fio de cabelo, com geometrias específicas em suas pontas e tão numerosos explica o porquê das lagartixas grudarem tão fortemente em qualquer superfície. Estima-se existirem por volta de 3 bilhões destas pilosidades nas patas das lagartixas. Importante notar que tais pelos são também autolimpantes, o que significa simplesmente que partículas de sujeira não grudam nas patas do animal. Para se libertar, a lagartixa simplesmente dobra a extremidade de uma das patas, afastando assim os pelos da superfície e consegue se locomover.

Assim, os cientistas afirmam que para subir pelas paredes não é preciso ser um Homem-Aranha, basta ser um Homem-Lagartixa, mas é preciso concordar que tal nome não soa agradável para um super-herói... Pensando bem, existem super-heróis com nomes tidos como “originais”, ou um tanto “especiais”, como o já esquecido Homem-Rã, o mortal *Deadpool* e o simpático Homem-Formiga – este último até fez sucesso em filme recente; o penúltimo conta com uma legião de fãs em expectativa de lançamento nos cinemas para 2016... De toda forma, de acordo com a ciência, é plausível imaginar a existência num futuro próximo de luvas e botas que

mimetizem as patas das lagartixas. Mas, para completar o traje e se tornar de fato um Homem-Aranha, faltaria apenas a teia.

A boa notícia é que isto também já é possível, segundo a receita do físico e engenheiro mecânico italiano Nicola Maria Pugno (n. 1972), publicada num prestigiado jornal científico: *Towards a Spiderman Suit: Large Invisible Cables and Self-Cleaning Releasable Superadhesive Materials*.²



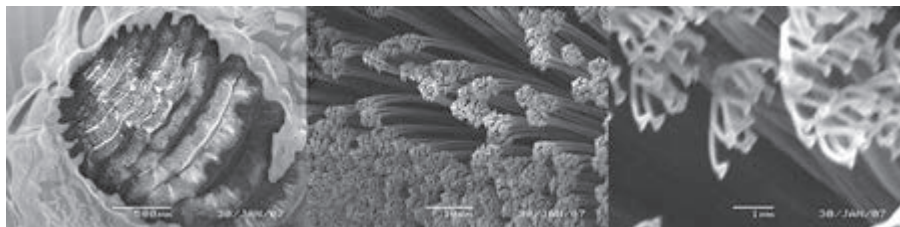
Figura 199 – Pata da lagartixa Tokay, que costuma viver em árvores em vastas regiões da Índia, no Nepal, em Butão, nas Filipinas e na Nova Guiné

Fonte: Wikimedia Commons.

O interesse da ciência se justifica porque as verdadeiras teias de aranha apresentam propriedades incríveis, combinando, por exemplo, a capacidade de se esticarem em fios com uma grande resistência ao rompimento. Na verdade, proporcionalmente, quase todas as teias superam ligas de aço de alta qualidade (também na forma de fios) – mas o aço não é tão flexível assim. De toda forma, algumas espécies de aranhas chegam produzir teias dez vezes mais difíceis de romper que o *kevlar*, material bastante conhecido por ser utilizado em coletes à prova de balas.

² PUGNO, N. M. *Towards a Spiderman Suit: Large Invisible Cables and Self-Cleaning Releasable Superadhesive Materials* (Rumo ao Traje do Homem-Aranha: Grandes Cabos Invisíveis e Materiais Superadesivos, Ejetáveis e Autolimpantes), *Journal of Physics: Condensed Matter*, Bristol, v. 19, 395001, 2007.

Figura 200 – Detalhe das pilosidades de pata de lagartixa por microscopia eletrônica de varredura, obtidas por Oskar Gellerbrant (n.1936). Apenas para se ter uma ideia, um fio de cabelo humano tem por volta de 50 mm, algumas dezenas de vezes maior que as estruturas mostradas nestas micrografias. Estima-se existirem por volta de 3 bilhões destas pilosidades nas patas destes seres incríveis



Fonte: Wikimedia Commons.

Em sua primeira estória, na revista *Amazing Fantasy* em 15 de agosto de 1962, após receber uma picada de uma aranha radioativa, o personagem adolescente Peter Parker, alter ego do espetacular Homem-Aranha, apresentou seu ilustre uniforme e os famosos lançadores presos ao pulso, que liberavam uma substância similar a uma teia ao serem acionados por um leve toque dos dedos. Ao ser lançado, o fluido de teia secava, transformando-se numa fibra extremamente forte, flexível, maleável, elástica e adesiva, que durava por algumas horas, decompondo-se depois. Dependendo dos movimentos de pulso, poderia criar outras estruturas que não apenas uma linha.

A capa da revista *Amazing Fantasy* v. 15 (1962) mostrou pela primeira vez o Homem-Aranha pendurado em sua teia. A mesma tem uma espessura próxima da prevista por cientistas para suportar o peso de duas pessoas. A ciência que está criando as possibilidades de subir pelas paredes e projetar teias tão resistentes como as do personagem Homem-Aranha chama-se *nanotecnologia*. Tais teias em particular já são produzidas na forma de nanotubos de carbono (um material diverso do produzido pelas aranhas, composto apenas de átomos de carbono interligados), onde cada fio é invisível (pois o comprimento de onda da luz é maior que o diâmetro dos fios), e pode-se construir até alguns poucos metros destes. Por sinal, o célebre personagem foi criado pelos artistas americanos Stanley Martin Lieber (“Stan Lee”, n. 1922) e Stephen “Steve” John Ditko Jr. (n. 1927).



Andre Geim

Figura 201 – Retrato oficial de Andre Konstantin Geim (n. 1958), laureado com o Prêmio Nobel de Física em 2010

Fonte: The Nobel Foundation.



Konstantin Novoselov

Figura 202 – Retrato oficial de Konstantin Sergeevich Novoselov (n. 1974), laureado com o Prêmio Nobel de Física em 2010

Fonte: The Nobel Foundation.

Em 2010 os físicos russos Andre Konstantin Geim (n. 1958) e Konstantin Sergeevich Novoselov (n. 1974) receberam o Prêmio Nobel de Física por descobrirem incríveis e inovadoras propriedades dos compostos de carbono denominado grafeno, uma estrutura também feita de carbono (como o grafite do lápis), mas absolutamente plana, como uma “folha” de átomos. Para se ter uma ideia, ao se dobrar tal folha forma-se um nanotubo de carbono, cujo diâmetro é da ordem de 10 nm, enquanto que o comprimento de onda da luz varia entre 400 e 700 nm, sendo o nanômetro a bilionésima parte do metro. Pugno afirmou que apenas um destes cabos feitos de feixes

de nanotubos de carbono, com secção transversal de área de 1 cm² (isto é, vários nanotubos paralelos / entrelaçados) suportaria o peso de uma pessoa.

Alguns grupos, inclusive no Brasil, por exemplo, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia,³ de Brasília, conseguiram mimetizar e produzir em grande escala fios denominados biodegradáveis de aranhas brasileiras, que poderiam inclusive servir enquanto coletes à prova de balas mais leves e resistentes ou ainda para suturas cirúrgicas, com a vantagem dos pontos não precisarem ser retirados por serem absorvidos pelo organismo. Maiores detalhes no artigo de Silva e Rech: *Unravelling the Biodiversity of Nanoscale Signatures of Spider Silk Fibres*.⁴

Para quem é fã de quadrinhos, dois interessantes livros envolvendo ciência e super-heróis (ou superpoderes) podem ser lidos em Português: *A Ciência dos Super-Heróis*, de Robert Edward Weinberg (n.1946) e Lois Harriet Gresh (n.1956), publicados pela Ediouro em 2005; e *A Ciência dos Superpoderes*, de Juan Scaliter (n.1971), publicado pela Editora Cultrix, em 2013.

Para resumir, o fato é que o estudo das patas das lagartixas auxiliou no desenvolvimento de novos tipos de adesivos, e as teias de aranha estão sugerindo novas composições de fibras mais leves e resistentes. Assim, o conhecimento científico pode transformar e salvar vidas, mas também pode entreter. Muito provavelmente no futuro as crianças poderão brincar de subir pelas paredes, disparando teias superresistentes, imitando seu herói preferido - e muito marmanjo vai ficar com inveja...

³ Veja em: <www.EMBRAPA.br>.

⁴ SILVA, L. P., RECH, E. L. *Unravelling the Biodiversity of Nanoscale Signatures of Spider Silk Fibres* (Desvendando a Biodiversidade de Assinaturas em Nanoescala de Fibras de Seda de Aranha). *Nature Communications*, New York, v. 4, p. 1-9, 2013.

Homem-Aranha

*Jorge Vercilo*⁵

Eu adoro andar no abismo
Numa noite viril de perseguição
Saltando entre os edifícios
Vi você!...

Em poder de um fugitivo
Que cercado pela polícia
Te fez refém
Lá nos precipícios
Foi paixão à primeira vista...

Me joguei de onde o céu arranha
Te salvando com a minha teia
Prazer!
Me chamam de Homem-Aranha
Seu herói!...

Hoje o herói agüenta o peso
Das compras do mês
No telhado, ajeitando
A antena da tevê
Acordado a noite inteira
Pra ninar bebê...

Chega de bandido pra prender
De bala perdida pra deter
Eu tenho uma idéia:
Você na minha teia...

5 VERCILO, J. Homem Aranha. Intérprete: VERCILO, J.. *ELO*. [S.]: EMI Music, 2002. 1 CD (ca. 4:36 min). Faixa 1.

Chega de assalto pra impedir
Seja em Brasília ou aqui
Eu tive a grande idéia:
Você na minha teia...

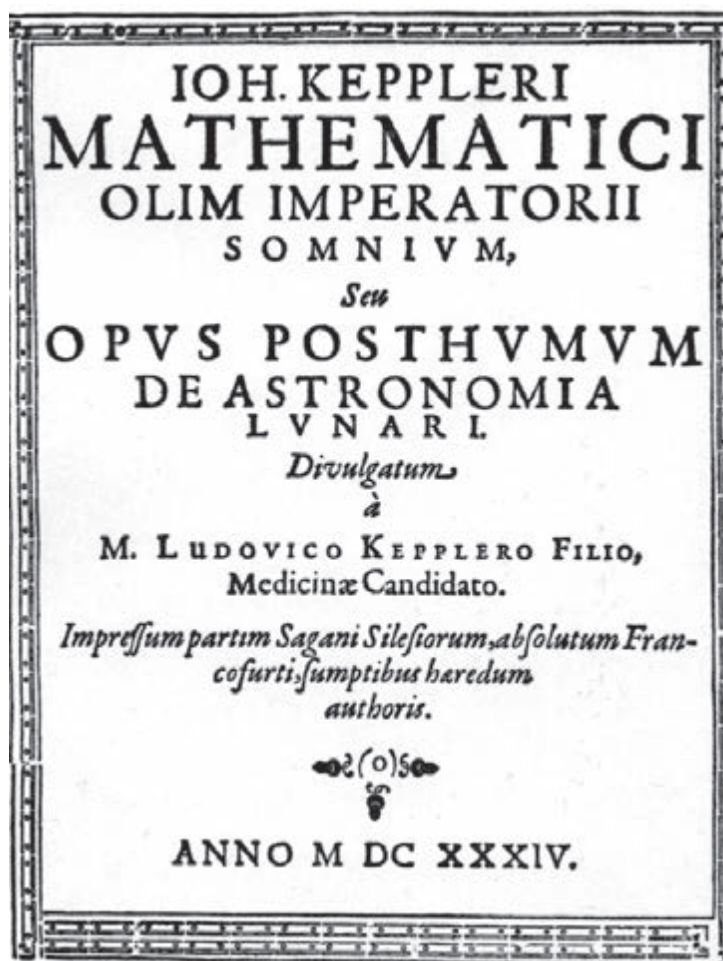
Hoje eu estou nas suas mãos
Nessa sua ingênua sedução
Que me pegou na veia
Eu tô na tua teia...

Viajem de Salvador até a Lua num ônibus e o sonho de Kepler¹

Dia destes, faz um tempinho, tomei um ônibus de casa até o trabalho, para variar, cheio. Perto de descer, solicitei ao motorista a parada, e não pude deixar de observar um número com vários dígitos no odômetro, que registra a distância percorrida pelo veículo e se situa no painel do mesmo.

¹ Publicado na versão *online* do jornal *Tribuna da Bahia* em 20 de setembro de 2015.

Figura 203 – Capa do livro *Somnium* (Sonho), Obra Póstuma de *Astronomia Lunar*, do físico, matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), publicado por seu filho Ludwig Kepler (1607-1663) em 1634



Fonte: Wikimedia Commons.

O registro apontava simplesmente 802 mil quilômetros rodados pelo transporte! Este incrível número é tão grande que comentei com o motorista, pois, também para variar, o trânsito estava muito ruim, tudo engarrafado. Perguntei então ao condutor se ele fazia ideia do que aquilo significava, e comecei dando uma informação que lhe pareceu no mínimo assombrosa: daria para facilmente ir e voltar à Lua! Claro que ele não

acreditou. A Lua está muito, muito distante, mas ainda assim é uma distância que pode ser percorrida por um foguete. De fato, a distância média da Terra à Lua é de 384.400 km. Tal viagem foi durante muito tempo apenas um sonho para a humanidade.

O primeiro a escrever um texto sobre viagens à Lua, hoje reconhecido como a primeira obra de ficção científica, foi nada mais nada menos que o célebre físico, matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), na obra *Somnium* (“Sonho”) publicada postumamente em 1634 em latim. Nesta obra Kepler fez uma detalhada descrição de como o planeta Terra poderia ser visto da Lua (identificada como “Levania” no texto - e era habitada!). Os personagens precisaram ser sedados para realizar tal viagem, de 4 horas e 50 mil milhas pelo éter (quase 1/5 da real distância entre os corpos celestes), e foram guiados por um demônio. Fazia muito frio e não havia ar respirável, portanto, utilizaram de um artifício: colocando esponjas úmidas em suas narinas para poder respirar (mas que de fato não funcionaria na realidade). A viagem ocorreu aplicando uma grande aceleração no início e desaceleração no final, mas sempre com o cuidado de não prejudicar os passageiros na viagem. Embora ficcional, a história possui elementos biográficos, sendo o personagem principal, “Duracotus”, o próprio Kepler, e sua mãe “Fiolxhilde” (Katharina Kepler, 1546-1622), a companheira de viagem, na vida real acusada de feitiçaria, é quem lidava com os demônios.



Figura 204 - Jules Gabriel Verne (1828-1905), escritor e poeta francês. Foto de Félix Nadar (1820-1910)

Fonte: Wikimedia Commons.



H.G. Wells

Figura 205 – Herbert George Wells (1866-1946), escritor inglês. Foto de George Charles Beresford (1864-1938), National Portrait Gallery

Fonte: Wikimedia Commons.

O livro contém mais de duas dezenas de notas explicativas, contendo informações sobre a geografia da lua, ou sobre a particular situação de sua mãe, que foi presa por 14 meses. Tais notas de fato representam praticamente $\frac{3}{4}$ do livro. Há uma tradução do livro para o inglês: *Kepler's Somnium: The Dream, or Posthumous Work on Lunar Astronomy*, tradução feita por Edward Rosen, publicado pela Editora Dover em 2003.

Outras obras memoráveis e ficcionais sobre viagens à Lua foram escritas após Kepler. Podemos citar duas: *De la Terre à la Lune* (“Da Terra à Lua”, 1865), dos escritores Jules Gabriel Verne (1828-1905), francês, e *The First Men in the Moon* (“Os Primeiros Homens na Lua”, 1901), de Herbert George Wells (1866-1946), inglês.



Neil Armstrong

Figura 206 – Neil Alden Armstrong (1930-2012), astronauta americano

Fonte: Wikimedia Commons.



Edwin Eugene Aldrin Jr.

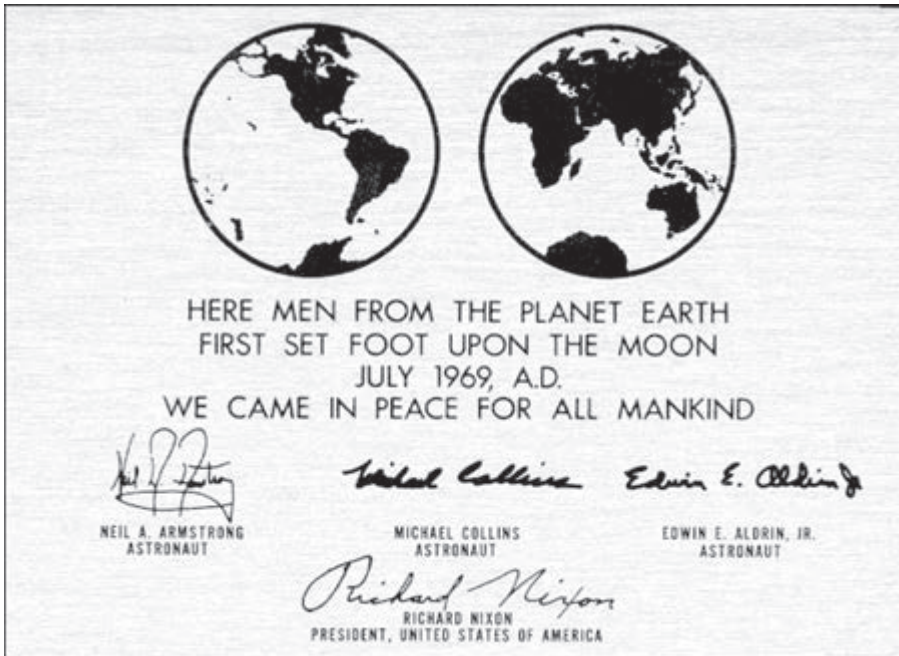
Figura 207 – Edwin Eugene Aldrin Jr. (n. 1930), astronauta e engenheiro americano

Fonte: Wikimedia Commons.

Tal sonho foi concretizado no dia 21 de julho de 1969, uma segunda-feira, quando os astronautas americanos Neil Alden Armstrong (1930-2012) e Edwin Eugene Aldrin Jr. (n. 1930) pisaram em solo lunar pela primeira vez, a partir da missão *Apollo 11*, no Mar da Tranquilidade. A viagem toda levou um pouco mais de oito dias e contou ainda com a participação do astronauta e piloto americano Michael Collins (n. 1930), que dirigiu o módulo de comando. Armstrong e Aldrin passaram por pouco mais de duas horas e meia, tirando uma centena de fotos, num evento totalmente televisionado para o mundo todo, coletando por volta de 21 kg de materiais. A superfície lunar, segundo eles, não tinha quase nenhuma cor: eram rochas acinzentadas, muito brancas, como cal, e outras mais escuras. Os astronautas deixaram uma placa comemorativa do evento no satélite, onde se lê: *Here Men from Planet Earth First Set Foot upon the Moon. July 1969 A.D. We Came in Peace for All Mankind.*²

² "Aqui os Homens do Planeta Terra Pisaram pela Primeira Vez na Lua. Julho de 1969. Vimos em Paz, em Nome de Toda Humanidade".

Figura 208 – Réplica da placa comemorativa deixada junto à base do módulo lunar Eagle, da missão Apollo 11, com a assinatura dos três astronautas e do presidente dos Estados Unidos



Fonte: Wikimedia Commons.

Voltando a Terra, e ao início da história, o motorista pensou apenas que a distância percorrida pelo velho ônibus daria para dar talvez algumas voltas ao redor do mundo, no qual precisei responder: daria para percorrer um pouquinho mais de 20 voltas no planeta, pois a circunferência da Terra é de aproximadamente 40.075 km. A maioria dos veículos deveria ter em média revisões a cada 10 mil km, o que significa que com quatro revisões já teria literalmente dado uma volta ao mundo.

Em nossa jornada, daria, portanto, para realizar uma viagem de ida e volta entre Salvador e a Lua, de ônibus. Embora o ditado popular diga que “tudo na vida é passageiro, menos cobrador e motorista”, há de se concordar que tal viagem seria muito mais barata que o sonho de Kepler, podendo levar inclusive muito mais passageiros e alguns pagando somente meia...

A terra tremeu¹

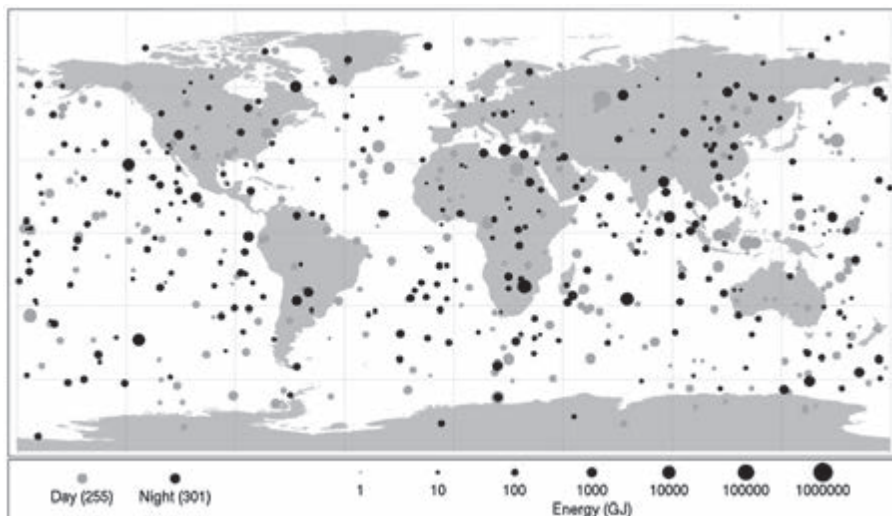
No último domingo pela manhã, bem cedinho, dia 26 de março de 2017, os soteropolitanos e moradores de regiões vizinhas à cidade ouviram um grande estrondo, seguido de clarão e tremores. A equipe de Sismologia do Observatório Nacional² descartou que a origem das trepidações esteja vinculada a abalos sísmicos.

Muitos brasileiros não sabem, mas o Observatório Nacional foi fundado pelo imperador D. Pedro I em 1827 sob o título de “Imperial Observatório do Rio de Janeiro”. E desde o início serve para realizar estudos geográficos do território brasileiro, bem como o ensino da navegação e da astronomia, entre outras atribuições. Uma das grandes contribuições científicas correspondeu à participação de seus integrantes na expedição internacional que registrou o eclipse solar de 29 de maio de 1919, ocorrido na cidade de Sobral, Ceará. Este evento serviu para comprovar a Teoria da Relatividade Geral do genial físico alemão Albert Einstein (1879-1955).

¹ Publicado na versão *on-line* do jornal *A Tarde* em 3 de abril de 2017.

² <www.on.br>.

Figura 210 – Mapa com frequência e registro da queda de pequenos bólidos (entre 1 m e 20 m) que atingiram o planeta entre Terra 1994 e 2013 – quase todos se desintegrando na atmosfera. Círculos claros indicam incidentes durante o dia (255), e escuros, durante a noite (301), totalizando 556 eventos em 20 anos. Note que, quanto maior a circunferência, maior a energia de impacto (em unidades GJ)



Fonte: Wikimedia Commons

A organização EXOSS,³ uma rede colaborativa que tem como finalidade o estudo de meteoros, e realiza parcerias com o Observatório Nacional, apresentou indícios, embasados em declarações e imagens de testemunhas (entre amantes da astronomia e cientistas), de que o evento observado por muitos baianos pode ser atribuído à passagem de um meteoro. E foi inclusive possível traçar uma trajetória de 120 quilômetros a partir do posicionamento dos observadores, em conformidade com o horário do evento.

Como tudo em ciência, há a necessidade de comprovações e coleta de mais informações até ter uma certeza sobre a possível passagem deste bólido. Por exemplo, é necessário saber se ele se desfez no ar ou se atingiu o solo (e neste caso deveria ser chamado *meteorito* ao invés de meteoro). Mas o que chama a atenção é o espanto de grande parte da sociedade em desconhecer a enorme frequência de tais eventos mundo afora. Podemos

³ <<http://press.exoss.org>>.

citar o mais famoso exemplo, conhecido por Pedra de Bedengó, de 5.260 quilos, que caiu em Monte Santo, sertão baiano, entre os atuais municípios de Uauá e Canudos. Hoje encontra-se em exposição no Museu Nacional do Rio de Janeiro - existe uma réplica no Museu Geológico da Bahia. Outro fato relevante é que um enorme asteroide atravessou os céus numa trajetória rasante, sem colidir com a Terra, apenas quatro dias depois do evento registrado na Região Metropolitana do Salvador e vizinhanças. Talvez isto seja mais um reflexo de como anda a educação no país...

Na verdade, chuvas de meteoros são muito comuns, e algumas previsíveis – uma rápida busca no site da EXOSS apresenta inclusive um calendário anual de acontecimentos desta natureza, que envolve belíssimos riscos nos céus, mudando repentinamente sua cor com clarões. Mas a previsão não é um atributo apenas científico, pois às vezes até os poetas profetizam. De fato, pode-se dizer que este caso específico foi vislumbrado pelo poeta e autor baiano Sacramento Pereira (n. 1964), que teve sua composição imortalizada pelo bloco afro Muzenza no primeiro álbum do grupo, intitulado *Muzenza do Reggae*, no inesquecível Carnaval de 1988. Em seu refrão, o poeta anunciava claramente o que os baianos testemunharam no último domingo: “E a terra tremeu / O céu mudou de cor”...

Figura 211 – Meteorito de Bendegó em fotografia de 1887 mostrando o meteorito ainda na margem do riacho Bendegó, ao lado do vice-almirante José Carlos de Carvalho (1847-1934, chefe e relator da comissão) e dos engenheiros Humberto Saraiva Antunes (fotógrafo da expedição) e Vicente José de Carvalho (filho do militar responsável pela remoção do meteorito). Em destaque, tremula a Bandeira Imperial do Brasil.



Fonte: Wikimedia Commons.

A Terra tremeu

Sacramento Pereira

Muzenza, semente criada
Ó mãe natureza
Faz que plante, que cuide, que crie
Para um mundo melhor

Os negros cuidando e criando com todo carinho
Alegres, cantando felizes
Valeu (e diga valeu)

E a infinidade de seu canto trouxe vida
Para essa raça tão sofrida
Raça negra (*bis*)
Criticada e oprimida
Mas com fé e com brilho
O Muzenza venceu
E diga valeu

E do berço o menino gritou: Muzenza
É amor (*bis*)
E do céu Bob Marley gritou: Muzenza
É amor (*bis*)
Iô iô iô (*bis*)
Muzenza

E a terra tremeu
O céu mudou de cor
O bloco do *reggae* chegou
Muzenza, Jamaica, Salvador

Créditos das ilustrações

Figura 1. Retrato oficial de Albert Einstein (1879-1955) em 1921 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1921 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_%28Nobel%29.png>. Assinatura de Albert Einstein em Princeton (1934). Cortesia: Heritage Auction Galleries. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_signature_1934.svg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 2. Pauline Einstein (1858-1920). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:pauline_koch.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 3. Hermann Einstein (1847-1902). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:hermann_einstein.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 4. Einstein com sua primeira mulher, Mileva Marić, por volta de 1912. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_and_his_wife_Mileva_Maric.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 5. Boletim escolar de Einstein em 1896, aos 17 anos, na Escola Cantonal de Aarau, Suíça. Nesta instituição a maior pontuação era 6, e a menor, 1, com provas orais e escritas. Suas notas foram: língua e literatura alemã, 5; língua e literatura francesa, 3; Inglês, -; Língua e literatura italiana, 5; História, 6; Geografia, 4; Álgebra, 6; Geometria, 6; Geometria descritiva, 6; Física, 6; Química, 5; História natural, 5; Desenho, 4; Desenho técnico, 4. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein's_exam_of_maturity_grades_%28color%29.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 6. Einstein aos 25 anos, trabalhando no Instituto Federal Suíço de Propriedade Intelectual. Fotografado por Lucien Chavan (1868-1942). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_patentoffice.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 7. Albert Einstein com o ator britânico Charles Spencer Chaplin (1889-1977) durante a *première* de Luzes da Cidade (*City Lights*, 1931). A segunda esposa de Einstein, Elsa, encontra-se à direita. Cortesia: *Photoplay magazine*, Chicago, p. 36, abr. 1931. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_and_Charlie_Chaplin_City_Lights_premiere_1931.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 8. Carlos Chagas (ao centro) recebe a visita de Albert Einstein no Instituto Oswaldo Cruz, sexta-feira dia 8 de maio de 1925 no Rio de Janeiro. Cortesia: Fundação Oswaldo Cruz. Casa de Oswaldo Cruz. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carlos_chagas_e_albert_einstein.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014

Figura 9. Einstein durante visita aos Estados Unidos em 1921. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_photo_1921.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 10. Autógrafo de Einstein em entrevista ao jornalista brasileiro Jorge Santos no Rio de Janeiro. Fonte: Cortesia Biblioteca Nacional Digital, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <www.bn.br>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 11. Desenho autografado de Albert Einstein pelo artista alemão Hermann Struck (1876-1944) em 1920. Cortesia: *Jüdisches Museum Berlin* (Museu Judaico de Berlim). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hermann_Struck_Grafik_JMBerlin_GDR_97_3_12.jpg>. Acesso em: 14 de março de 2014.

Figura 12. Retrato oficial de Niels Henrik David Bohr (1885-1962) em 1922 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1922 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr.jpg>. Assinatura de Niels Henrik David Bohr. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Signature.svg?uselang=pt-br>. Acesso em: 24 de dezembro de 2013.

Figura 13. Retrato oficial de Ernest Rutherford (1871-1937) em 1908 ao receber o Prêmio Nobel de Química. Cortesia: *Official 1908 Nobel Prize in Chemistry photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ernest_Rutherford_%28Nobel%29.jpg>. Assinatura de Ernest Rutherford. Domínio Público. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_of_Ernest_Rutherford_%281871-1937%29,_Physicist_and_

Chemist_%282551070939%29.jpg?uselang=pt-br>. Acesso em: 24 de dezembro de 2013.

Figura 14. Primeira propaganda de exportação da Cervejaria Carlsberg em 1870, mostrando o local da cervejaria no distrito de Valby, Copenhague, Dinamarca. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Carlsberg_export,_anno_1870.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carlsberg_export,_anno_1870.jpg)>. Acesso em: 24 de dezembro de 2013.

Figura 15. O Instituto Niels Bohr da Universidade de Copenhague em 2005. A *Københavns Universitet* é a maior e mais antiga universidade da Dinamarca, fundada em 1479. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Institute_1.jpg>. Acesso em: 24 de dezembro de 2013.

Figura 16. Niels Bohr e Albert Einstein fotografados pelo físico austríaco Paul Ehrenfest (1880-1933) em Leiden, Holanda, dia 11 de dezembro de 1925. Nesta ocasião, comemoravam o 50º aniversário de defesa de tese do Prof. Hendrik Antoon Lorentz (1853 - 1928). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Albert_Einstein3_by_Ehrenfest.jpg>. Acesso em: 24 de dezembro de 2013.

Figura 17. Corte de uma cebola e a esquematização do modelo atômico de Bohr para um átomo com Z prótons e apenas um elétron. Ilustração do autor.

Figura 18. Retrato oficial de Richard Phillips Feynman (1918-1988) em 1965 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1965 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Richard_Feynman_Nobel.jpg>. Assinatura de Feynman. Heritage Auction Gallery (1939). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Richard_Feynman_signature.svg>. Acesso em: 29 de maio de 1999.

Figura 19. Representação esquemática dos bloquinhos. Ilustração do autor.

Figura 20. Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), químico francês, por Louis Jean Desire Delaistre (1800-1871). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antoine-Laurent_Lavoisier_%28by_Louis_Jean_Desire_Delaistre%29.jpg>. Acesso em: 29 de maio de 1999

Figura 21. Almoço comemorativo pela ocasião da visita de Richard Phillips Feynman ao CBPF no Rio de Janeiro em 1952. O Prof. Cesar Lattes encontra-se à frente de Feynman na mesa. Cortesia: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/171>>. Acesso em: 29 de maio de 1999.

Figura 22. Identidade de Feynman no Projeto Manhattan, década de 1940. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Richard_Feynman_ID_badge.png> Acesso em: 29 de maio de 1999.

Figura 23. Diagrama esquemático do processo *float*: da esquerda para direita, a matéria prima é adicionada a um forno por volta de 1550°C, que é resfriado continuamente, passando por um banho de estanho e por uma região de recozimento. Ilustração do autor.

Figura 24. A assinatura do Tratado de da Paz da I Guerra Mundial na Sala de Espelhos do Palácio de Versailles, 28 de junho de 1919, pelo pintor irlandês Sir William Orpen (1878-1931), no *Imperial War Museum* (Museu Imperial da Guerra): <www.iwm.org.uk>. Em destaque na obra é possível notar os famosos espelhos do palácio (*Galerie des Glaces*), construídos a partir da ordem do Rei Louis XIV (1638-1715) em 1665, que resultou na criação da *Manufacture Royale des Glaces de France*, a primeira indústria moderna de vidros, atual Saint Gobain - www.saint-gobain.com. Até antes da criação de Pilkington, era necessário polir a superfície de praticamente todos os vidros planos. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/>>

File:Orpen,_William_%28Sir%29_%28RA%29_-_The_Signing_of_Peace_in_the_Hall_of_Mirrors,_Versailles,_28th_June_1919_-_Google_Art_Project.jpg>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.

Figura 25. A primeira patente britânica de vidro plano, número 769.692 (depositada em 10 de dezembro de 1953): “Melhoramentos no / ou relacionados com o Fabrico de Vidro Plano” (*Improvements in or Relating to the Manufacture of Flat Glass*). Domínio Público. Fonte: *European Patent Office*. Disponível em: <<http://www.epo.org/footer/terms.html#Copyright>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.

Figura 26. O jarro de vidro denominado *Diàtreta Trivulzio*, exposto no Museu Arqueológico de Milão. Elaborado no início do século IV d.C., está envolto por uma rede de círculos feitos também de vidro. Consiste no único espécime que sobreviveu até o presente completamente intacto. Em torno da superfície encontra-se uma inscrição latim, em letras de vidro verde: *BIVE VIVAS MULTIS ANNI*, que pode ser traduzido por: “Beba (vinho), e você vai viver por muitos anos”. *Museo Archeologico di Milano*, Itália. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coppa_diatreta_Trivulzio.TIF>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.

Figura 27. Vitral do tipo *Standesscheibe* (que apresenta um brasão de armas suíço). Vitral originário da cidade de Unterwalden, Suíça, elaborado em 1564. Encontra-se agora instalado no Castelo Bielsko-Biala, Polônia (*Muzeum w Bielsku-Białej - Zamek książąt Sułkowskich*). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muzeum_Su%C5%82kowskich_-_Zabytkowy_Witra%C5%BC.jpg>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.

Figura 28. Esboço a partir de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C.. Pintura descoberta no túmulo do nomarca Djehutihotep, segunda tumba, câmara interna. In: NEWBERRY, P. E. *El Bersheh: The Tomb of Tehuti-Hetep*. London: Egypt Exploration Fund, 1895, 1 v.plate12. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <<https://commons.wikimedia>.

org/wiki/File:Colosse-dj%C3%A9houtih%C3%A9tep2.jpg>. Acesso em: 29 de maio de 2014

Figura 29. Retrato de uma das filhas do nomarca Djehutihotep. In: NEWBERRY, P. E. *El Bersheh: The Tomb of Tehuti-Hetep*. London: Egypt Exploration Fund, , 1895. 1 v. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Painting_Djehutihotep_daughter.png>. Acesso em: 29 de maio de 2014.

Figura 30. Detalhe do esboço a partir de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C. descoberta no túmulo do nomarca Djehutihotep a respeito do deslocamento de uma grande estátua sobre um trenó. In: NEWBERRY P.E (1868-1949), *El Bersheh: The Tomb of Tehuti-Hetep*. London: Egypt Exploration Fund, 1895. 1 v. plate 15. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transportation_of_statue_of_Djehutihotep_II.jpg>. Acesso em: 29 de maio de 2014.

Figura 31. Diagrama esquemático do detalhe de uma pintura de parede egípcia de 1880 a.C. descoberta no túmulo do nomarca Djehutihotep a respeito do deslocamento de uma grande estátua sobre um trenó. Note a presença de um homem à frente do trenó, aos pés da estátua, vertendo água sobre a areia, puxado por dezenas de escravos. Conforme *Histoire de l'art dans l'antiquité: Égypte, Assyrie, Perse, Asie Mineure, Grece, Etrurie, Rome*, 1882, de Georges Perrot (1832-1914) e Charles Chipiez (1835-1901). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Histoire_de_l'art_dans_l'antiquit%C3%A9_%C3%89gypte,_Assyrie,_Perse,_Asie_Mineure,_Grece,_Etrurie,_Rome_%281882%29_%2814778477431%29.jpg>. Acesso em: 29 de maio de 2014.

Figura 32. O jovem Albert Einstein (1879-1955) em 1898, finalizando seus estudos de graduação. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einsteinyung.jpg>>.

Assinatura de Albert Einstein em Princeton (1934). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 33. Mileva Marić-Einstein (1875-1948). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mileva_Maric.jpg>.

Assinatura de Mileva Marić (1875-1948). Fonte: acervo do autor. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 34. Tese de Einstein defendida em 30 de abril de 1905. Na verdade a tese foi publicada depois, em 20 de julho, devido a um atraso. Nesta propôs um novo método para determinação de raios moleculares e do Número de Avogadro. Tem apenas 21 páginas. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_Dissertation_eth-30378-01.pdf>. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 35. Arthur Stanley Eddington (1882 - 1944), astrônomo, físico, matemático, filósofo e divulgador da ciência britânico. Cortesia: George Grantham Bain Collection, Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arthur_Stanley_Eddington.jpg>. Assinatura de Arthur Stanley Eddington (1882-1944). Fonte: acervo do autor. Disponível em: 3 de junho de 2014.

Figura 36. Foto do eclipse solar de 29 de maio de 1919 obtido pela expedição na Ilha do Príncipe, publicado no artigo de Arthur S. Eddington. Note alguns riscos horizontais – estes indicam as posições de algumas estrelas durante o eclipse. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1919_eclipse_positive.jpg>. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 37. Andrew Claude de la Cherois Crommelin (1865 - 1939), astrônomo irlandês que fez parte da expedição brasileira em Sobral, no Ceará. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível

em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Andrew_Crommelin#/media/File:ACDCrommelin-early.jpg>. Assinatura de Andrew Claude de la Cherois Crommelin. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ACDCrommelin_signature.jpg>. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 38. Reportagem especial do *The New York Times* de 10 de novembro de 1919 explicando a famosa descoberta: “Luzes Todas Distorcidas nos Céus”; “Teoria de Einstein Triunfa”. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_theory_triumphs.png?uselang=pt-br>. Acesso em: 3 de junho de 2014.

Figura 39. Situação concebida por Einstein para detectar o desvio da luz devido à presença do Sol durante um eclipse. Para um observador na Terra, a imagem de uma estrela situada junto ao disco solar parecia afastar-se da borda deste. Foi necessário portanto conhecer a posição de estrelas próximas da borda solar durante um eclipse e comparar com fotos das mesmas semanas antes. Ao se observar a luz da estrela que passa perto do sol num eclipse solar, esta luz é desviada (deslocada) de um pequeno ângulo, numa posição falsa (pois sabe-se a real posição dela antes do eclipse). Tal desvio da luz ocorre pela deformação do espaço próximo do sol, efeito previsto pela Relatividade Geral de Einstein. Ilustração do autor.

Figura 40. Miguel Angelo Laporta Nicolelis (n. 1961), cientista e médico brasileiro. Fonte: Foto de Chris Hildreth. Imagem cedida ao autor por Miguel Nicolelis. Assinatura de Miguel Angelo Laporta Nicolelis. Fonte: acervo do autor. Disponível em: <www.nicolelislab.net>. Acesso em: 12 de junho de 2014.

Figura 41. Um exo-esqueleto para aplicações militares desenvolvido pela DARPA. Cortesia: DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency Strategic Plan (2007). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público.

Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DARPA_Exoskeleton.tiff>. Acesso em: 12 de junho de 2014.

Figura 42. Diagrama esquemático do experimento do Prof. Nicolelis e colaboradores sobre o controle da mente por uma máquina. Neste experimento, a macaquinha Aurora movimentava um cursor (ou *joystick*) na forma de bastão à esquerda. O objetivo era fazer um gol num jogo de *videogame* elaborado para tal teste, mais precisamente fazer com que uma bola menor fosse inserida numa região da tela (bola maior). O prêmio consistia em degustar uma gotinha de suco de laranja sempre que marcasse um gol através de um sistema automático que liberava sempre que ela conseguia um tento. Seus pensamentos foram monitorados por eletrodos cuidadosamente implantados no cérebro de Aurora, registrados e repetidos por um braço e mão robóticos (à direita) em seus mínimos detalhes. O mais surpreendente ocorreu quando o *joystick* foi retirado e a macaca continuou a jogar apenas observando a tela e desejando realizar os movimentos a partir da atividade cerebral captada, pensamentos estes transferidos diretamente ao braço robótico através da interface cérebro-máquina (ICM). Fonte: Miguel Nicolelis. Muito Além do Nosso Eu. Companhia das Letras (2011), adaptado pelo autor.

Figura 43. Retrato oficial de William Henry Bragg (1862 - 1942) em 1915 ao receber o Prêmio Nobel de Física: Cortesia: *Official 1915 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:William_Henry_Bragg_Nobel_bw.jpg>. Assinatura de William Henry Bragg. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:William_Henry_Bragg_Nobel_bw.jpg>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 44. Retrato oficial de William Lawrence Bragg (1890-1971) em 1915 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1915 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wl-bragg.jpg>>.

Assinatura de William Lawrence Bragg. Fonte: acervo do autor. 21 de agosto de 2014.

Figura 45. Retrato oficial de Max Theodor Felix von Laue (1879-1960) em 1914 ao receber o Prêmio Nobel de Física: Cortesia: *Official 1914 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_von_Laue_sign.jpg>. Assinatura de Max Theodor Felix von Laue. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_von_Laue_sign.jpg>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 46. Cristais de ZnS (estrutura similar ao cristal de cloreto de sódio, modernamente reconhecido como cúbica de faces centradas). Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 47. Aparato experimental de Laue, onde um tubo de raios X emite ondas de diversos comprimentos λ , é colimado por uma fenda e atinge um cristal. Ao atravessá-lo, os raios X são difratados, criando pequenas manchas ('spots') em disposições regulares e igualmente espaçadas num filme fotográfico. Ilustração do autor.

Figura 48. Esquema da estrutura atômica do sulfeto de zinco (ZnS). Esta disposição regular de átomos é reconhecida em cristalografia como estrutura cúbica de faces centradas. Elaborada pelo autor.

Figura 49. Fotografia dos Braggs do resultado da difração do sulfato de níquel. Esta imagem revelou manchas ('spots') de diversas formas e intensidades regularmente espaçadas. Baseado no livro: BRAGG, W. H.; BRAGG, W. L.. *X rays and Crystal Structure* (Raios X e Estrutura Cristalina), G. Bell and Sons, London, p. 260, 1915. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:X_rays_and_crystal_structure_%281915%29_%2814591506857%29.jpg?uselang=pt-br>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 50. Representação esquemática do experimento dos Braggs.

A interação de um par de raios X incidentes e difratados numa rede de átomos, indicadas por esferas. Lawrence demonstrou que a diferença de caminhos dos dois raios X da figura é $AB + BC = 2AB$, que é igual a $2d\sin\theta$ por simples trigonometria. Tendo o raio X um comprimento de onda de tamanho λ , este deve literalmente caber dentro do caminho AC, logo para tal espaçamento deverá haver apenas uma onda λ , ou duas, ou três... – pode-se então atribuir um número inteiro n de comprimentos de onda, $n\lambda$, que deve se ajustar a este espaçamento entre os pontos A e C. Ilustração do autor.

Figura 51. Detalhamento da geometria do espaçamento entre planos de átomos. Os planos atômicos estão separados por uma distância d . Note a existência do caminho extra ABC que o raio X deve atravessar penetrando na matéria em comparação com o feixe incidente da camada superior de átomos. Ilustração do autor.

Figura 52. Equipamento utilizado pelos Braggs para determinação das estruturas cristalinas de diversos cristais, publicado no livro de William Henry Bragg e William Lawrence Bragg. *X rays and Crystal Structure* (Raios X e Estrutura Cristalina), G. Bell and Sons, London, p. 260, 1915, plate II. O cristal encontra-se localizado em “C”. Um dos mais célebres artigos dos Braggs havia apresentado a estrutura do diamante: BRAGG, W. H.; BRAGG, W. L.. *The Structure of the Diamond* (A Estrutura do Diamante). *Proceedings of the Royal Society*, London, v. 89, p. 277-291, 1913. Fonte: *Wikimédia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:X_rays_and_crystal_structure_%281915%29_%2814591513467%29.jpg>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 53. Encontro entre prêmios Nobel (da esquerda para direita): Walther Hermann Nernst (Química, 1920), Albert Einstein (Física, 1921), Max Karl Ernst Ludwig Planck (Física, 1918), Robert Andrews Millikan (Física, 1923) e Max Theodor Felix von Laue (Física, 1914), na casa deste último em Berlim, 11 de Novembro de 1931. Fonte: *Wikimédia Commons*.

Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nernst,_Einstein,_Planck,_Millikan,_Laue_in_1931.jpg>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 54. Equipe do Prof. William Henry Bragg (ao centro) em 1931. Na extremidade direita, o russo Georgiy Antonovich Gamov (1904-1968). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bragg_lab1_1930.jpg>. Acesso em: 21 de agosto de 2014.

Figura 55. Diagrama esquemático do teste de impacto Charpy. Um material qualquer pode ser testado ao ser posicionado neste dispositivo e sofrer o impacto de um martelo que gira sobre um determinado eixo a partir de uma altura inicial conhecida h . A altura final h' determinará a rigidez. Ilustração do autor.

Figura 56. Esquema de uma estrutura cristalina (ou regular) e de seu equivalente vítreo (irregular ou amorfo). Esquema proposto pela primeira vez no trabalho científico de: ZACHARIASEN, W. H. *The Atomic Arrangements in Glass* (Arranjos Atômicos no Vidro). *Journal of the American Chemical Society*, v. 54, 3841-3851, 1932. Ilustração do autor.

Figura 57. Definição da temperatura de transição vítrea T_g . Materiais no estado líquido se cristalizam na temperatura de fusão T_f , em geral diminuindo rapidamente seu volume em situações normais. No entanto, se o resfriamento for rápido, o líquido passa por um estado de superesfriamento e se torna vidro pouco tempo depois. A inflexão desta transição entre superesfriado e vítreo corresponde à T_g , e a variação total do volume é relativamente menor. Ilustração do autor.

Figura 58. Uma ilustração da produção medieval de vidros junto ao poço de Mêmnon, do “Livro Ilustrado das Viagens de Sir John Mandeville”, c. 1410, *folium* 16, provavelmente da Boêmia, República Checa. O desenho mostra uma antiga vidraria em operação e todo o processo de produção. Na parte inferior à direita, um jovem alimenta um forno com

madeira ou carvão por uma pá. Próximo a ele, um vidreiro manipula o material fundido num cadinho por meio de uma tenaz. Outro, um soprador, através de uma cana (tubo metálico) conforma um material vítreo incandescente, moldando-o na forma de um vasilhame. Na parte inferior à esquerda, alguém acrescenta ou mesmo retira vidros sob recozimento num outro forno anexo, à temperatura mais baixa. Na parte interna da vidraria, alguém analisa e / ou estoca os produtos elaborados. Na parte superior trabalhadores recolhem e transportam areia para produção de vidros, provavelmente acrescentando cinzas de plantas para diminuir o ponto de fusão. Cortesia: *British Library*, Londres, Reino Unido. Domínio Público. Disponível em: <<http://www.bl.uk/catalogues/illuminatedmanuscripts/ILLUMINBig.ASP?size=big&IllID=57700>>. Acesso em: 1 de setembro de 2014.

Figura 59. Detalhe da pintura do artista holandês Jan van Eyck (c. 1390-1441): Madona com criança e com padre Joris van der Paele (1434/1436). Esta obra apresenta a mais antiga descrição de lentes côncavas para miopia. Tal invenção abriu caminho na Europa para o uso de lentes convexas de vidro um século e meio depois. Cortesia: *Groeningemuseum*, Bruges, Bélgica. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Madone_au_Chanoine_Van_der_Paele.jpg>. Acesso em: 1 de setembro de 2014.

Figura 60. Patente americana US 7,479,949 de Jobs *et al.*, de 364 páginas para o iPhone, submetida em 11 de abril de 2008 e aprovada em 20 de janeiro de 2009. Na parte de baixo na patente encontra-se indicado um esquema do aparelho com suas funções mais gerais. A empresa tem centenas de patentes depositadas ao redor do mundo, protegendo as tecnologias desenvolvidas, como por exemplo a patente de *design* do iPhone (US D 672,769S, submetida em 4 de outubro de 2011 e aceita em 18 de dezembro de 2012). Domínio Público. Fonte: *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Acesso em: 1 de setembro de 2014.

Figura 61. Shiguelo Watanabe (n. 1924), físico brasileiro, por volta de 1950, quando ministrava aulas na Escola Estadual Nossa Senhora da Penha, SP. Cortesia: acervo da Escola Estadual Nossa Senhora da Penha. Domínio Público. Acesso em: 4 de agosto de 2014. Assinatura de Shiguelo Watanabe. In: Problemas Correntes sobre Nucleação, Crescimento de Cristais e Difusão em Vidros. Tese da Universidade Federal de São Carlos (2004). Fonte: acervo do autor.

Figura 62. Kasato Maru, o navio que trouxe os primeiros imigrantes japoneses para o Brasil, atracado na doca do armazém 14 do Porto de Santos em 1908. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kasato_Maru_Postal_Card.jpg>. Acesso em: 4 de agosto de 2014.

Figura 63. Shiguelo Watanabe (n. 1924), físico brasileiro. Celebração de seus 70 anos pelo IFUSP - Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Cortesia: Acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Departamento de Física Nuclear. Disponível em: <<http://www.dfn.if.usp.br/pagina-dfn/pesquisa/lacifid/html/shiguelo.html>>. Acesso em: 4 de agosto de 2014.

Figura 64. Marcello Damy de Sousa Santos (1914 - 2009), físico brasileiro, foi professor de várias gerações de cientistas, entre eles o Prof. Shiguelo Watanabe. Cortesia: Centro de Apoio à Pesquisa Histórica “Sérgio Buarque de Holanda” da Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia (CAPH). Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/mesonpi/index.php?painel=09>>. Assinatura de Marcello Damy de Sousa Santos. Fonte: acervo do autor. Acesso em: 4 de agosto de 2014.

Figura 65. Uma garrafa de água tônica sob luz normal, e a mesma quando iluminada por luz ultravioleta (UV), emitindo um brilho característico devido à substância quinina ($C_{20}H_{24}N_2O_2$). Muitas substâncias brilham sob condições como aquecimento (termoluminescência), como o diamante, ou ainda sob presença de luz (fluorescência). Ou seja, a quinina responde emitindo luz ao ser excitada por uma radiação (outra fonte de luz,

enquanto houver estímulo). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tonic_water_uv.jpg>. Acesso em: 4 de agosto de 2014.

Figura 66. Visita do Prof. Shigueo Watanabe ao Largo do Pelourinho, Centro Histórico de Salvador, Bahia, após participação no 47º Congresso Brasileiro de Geologia, em setembro de 2014. Fonte: acervo do autor.

Figura 67. A obra do pintor americano Charles Robert Knight (1874-1953) de 1920: *Cro-Magnon artists painting in Font-de-Gaume* (“Artistas Cro-Magnon pintando na [Caverna de] Font de Gaume”, no sudoeste da França). A ilustração mostra antepassados do *Homo Sapiens* numa caverna e suas artes rupestres, como alguns mamutes. Devido a condições geológicas, em alguns locais, com o passar dos anos, tais rochas pintadas são recobertas por filetes do mineral calcita (CaCO_3), que é termoluminescente. Tal material, cuidadosamente recolhido das pinturas, pode servir de base para datações arqueológicas, uma das especialidades do Prof. Shigueo Watanabe. Cortesia: Acervo do Museu Americano de História Natural (*American Museum of Natural History*). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Font-de-Gaume.jpg>>. Acesso em: 4 de agosto de 2014.

Figura 68. Palma da mão separando garrafas. Ilustração do autor.

Figura 69. Retrato oficial de Werner Karl Heisenberg (1901-1976) em 1932 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Propôs o Princípio da Incerteza. Cortesia: *Official 1932 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Werner_Heisenberg_cropped.jpg?uselang=pt-br>. Assinatura de Werner Karl Heisenberg. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Werner_Heisenberg.Signature.png?uselang=pt-br>. Acesso em: 29 de maio de 1999.

Figura 70. Werner Heisenberg e Niels Bohr no Fermilab, U.S. Department of Energy, em 1934. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heisenbergbohr.jpg?uselang=pt-br>>. Acesso em: 29 de maio de 1999.

Figura 71. Retrato oficial de Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) em 1918 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1918 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_Planck_%28Nobel_1918%29.jpg>. Assinatura de Planck. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max.Planck.Signature.png>>. Acesso em: 11 de outubro de 1999.

Figura 72. O jovem Planck em 1878. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_Planck_1878.GIF>. Acesso em: 11 de outubro de 1999.

Figura 73. Mario Schenberg, foto da formatura do Bacharelado em Matemática pela USP em 1936. Fonte: Acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M%C3%A1rio_Schenberg_formatura_1936.jpg?uselang=pt-br>. Acesso: 19 de setembro de 2014. Assinatura de Mario Schenberg. Conforme autorretrato datado de 11 de dezembro em 1948 efetuado em Varsóvia, capital da Polônia. Fonte: acervo do autor.

Figura 74. Mario Schenberg em 1952. Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo. Cedido ao autor. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=64:imagens&catid=9:2010-02-09-15-17-37&Itemid=9>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 75. Mario Schenberg trabalhando numa sala no prédio da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na Avenida Tiradentes em 1937. Cortesia: Acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schenberg_1937.jpg?uselang=pt-br>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 76. Albert Einstein em 1912, Prêmio Nobel de Física em 1921 “por seus serviços à física teórica, e, especialmente, por sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico”. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_Portr_05936.jpg>. Assinatura de Albert Einstein. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 77. Retrato oficial de Enrico Fermi (1901-1954) em 1938 ao receber o Prêmio Nobel de Física “por suas demonstrações da existência de novos elementos radioativos produzidos por irradiação de nêutrons, e por sua descoberta relacionada de reações nucleares provocadas por nêutrons lentos”. Cortesia: *Official 1938 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <www.nobelprize.org>. Assinatura de Enrico Fermi (1938). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enrico_Fermi_signature.svg>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 78. Retrato oficial de Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995) em 1983 ao receber o Prêmio Nobel de Física “por estudos teóricos de processos físicos referentes à estrutura e à evolução das estrelas”. Cortesia: *Official 1983 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <www.nobelprize.org>. Assinatura de Subrahmanyan Chandrasekhar (1943). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Subrahmanyan_Chandrasekhar_signature.png>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 79. Mario Schenberg ao lado da crítica de arte Maria Eugênia Franco (1915-1999), década de 1940. Cortesia: Acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1rio_Schenberg#/media/File:Mario_Schenberg_e_Maria_Eug%C3%AAnia.jpg>. Acesso em: 19 de setembro de 2014

Figura 80. Mario Schenberg, por volta de 1960. Acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo. Cedido ao autor. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=64:imagens&catid=9:2010-02-09-15-17-37&Itemid=9>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 81. Mario Schenberg como Paraninfo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, década de 1960. Acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo. Cedido ao autor. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=64:imagens&catid=9:2010-02-09-15-17-37&Itemid=9>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 82. Pintura de Mário Schenberg em 1978 por Mário Gruber (1927-2011), pintor, gravador, escultor e muralista brasileiro. Fonte: acervo do Centro Mario Schenberg de Documentação da Pesquisa em Artes, ECA-USP. Cortesia: Ana Clara Guerrini Schenberg, Universidade de São Paulo. Cedido ao autor. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=64:imagens&catid=9:2010-02-09-15-17-37&Itemid=9>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 83. Mario Schenberg (1914-1990), físico, político e crítico de arte brasileiro. Cortesia: Acervo Histórico do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em:

<<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schenberg.jpg>>. Acesso em: 19 de setembro de 2014.

Figura 84. Retrato oficial de Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) em 1901 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1901 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WilhelmR%C3%B6ntgen.JPG?uselang=pt-br>>. Assinatura de Wilhelm Conrad Röntgen. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wilhelm_R%C3%B6ntgen_signature.svg?uselang=pt-br>. Acesso em: 1 de outubro de 2014.

Figura 85. Esquema do experimento de Röntgen. Utilizou um tubo de descarga elétrica (Hittorf-Crookes), baixa pressão (praticamente vácuo) e altas tensões (30 kV). Elétrons eram emitidos por filamento aquecido pela passagem de corrente elétrica no catodo (à esquerda), colidindo com o anodo. O anteparo foi pintado com uma letra utilizando platinocianeto de bário (ou $\text{BaPt}(\text{CN})_4$), um material fosforescente, que brilhava à medida que o equipamento era ligado. Tentou barrar a passagens dos misteriosos raios com o que tinha à disposição: livros, madeira, vidro, metais, imãs... Somente conseguiu com uma placa de chumbo. Ilustração do autor.

Figura 86. Diploma do Primeiro Nobel de Física para Wilhelm Conrad Röntgen (1901), cedido pelo mesmo à *Universität Würzburg*, Alemanha. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nobel_Prize_diplom_Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen.jpg?uselang=pt-br>. Acesso em: 1 de outubro de 2014.

Figura 87. A primeira radiografia mostrando parte do corpo humano, a mão esquerda da esposa de Röntgen, incluindo os anéis do dedo anelar, um deles de casamento. Obtida em 22 de dezembro de 1895. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

File:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig's_hand_-_18951222.jpg>. Acesso em: 1 de outubro de 2014.

Figura 88. Primeiro artigo sobre a descoberta dos raios X, por Röntgen: *Über eine neue Art von Strahlen* (Sobre uma Nova Espécie de Raios) de 28 de dezembro de 1895. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Acesso em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%9Cber_eine_neue_Art_von_Strahlen_01.jpg>. Acesso em: 1 de outubro de 2014.

Figura 89. A primeira patente de tubo de raios X, da empresa Siemens & Halske, DE 91028 (24 de março de 1896), elaborada sem a participação do seu descobridor. Domínio Público. Fonte: Cortesia *Deutsche Patent- und Markenamt* (Escritório Alemão de Marcas e Patentes): <www.dpma.de>

Figura 90. Retrato oficial de Pierre-Gilles de Gennes (1932 - 2007) em 1991 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1991 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1991/gennes-bio.html>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 91. Diagrama esquemático de de Gennes das possíveis mudanças nas ligações químicas entre as longas cadeias de moléculas de látex (à esquerda) na presença do ar (à direita, especificamente com moléculas de oxigênio, O₂) – chama-se de reação de oxidação. Ilustração do autor.

Figura 92. Charles Goodyear (1800-1860) inventor norte-americano. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Goodyear-Charles-LOC-closeup.jpg>>. Assinatura de Charles Goodyear. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Appletons'_Goodyear_Charles_signature.png>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 93. “A Forja de Vulcano” (*La Fragua de Vulcano*, 1630), do pintor espanhol Diego Rodríguez de Silva y Velázquez (1599-1660), no *Museo*

Nacional del Prado, Madrid, Espanha. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vel%C3%A1zquez_-_La_Fragua_de_Vulcano_%28Museo_del_Prado,_1630%29.jpg>. Acesso em: 16 de outubro de 2014

Figura 94. Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dmitri_Ivanowitsh_Mendeleev.jpg>. Assinatura de Dmitri Ivanovich Mendeleev. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mendelejew_signature.jpg?uselang=ru>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 95. Patente US 3,633 de Charles Goodyer, de 15 de junho de 1844: *Improvement in India-Rubber Fabrics* (“Melhoria na Fabricação da Borracha-da-Índia”). Fonte: *Google Patents*. Domínio Público. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US3633>>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 96. Mercúrio, obra de 1611 do pintor alemão-holandês Hendrick Goltzius (1558 - 1617), no Museu Frans Hals, Holanda: <www.franshalsmuseum.nl>. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mercurybyhendrickgoltzius.jpeg>>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 97. Cartaz dos pneus Goodyear com a célebre logomarca em 1920, mostrando o uso fora da estrada para caminhões. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Saturday_evening_post_%281920%29_%2814762160136%29.jpg>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 98. Charles Goodyear (1800 - 1860), inventor norte-americano, em gravura do livro *Leading American Inventors* de George Iles (1852-1942), New York, H. Holt & Co., 1912, pg 176. Baseado numa pintura de G. P. A. Healy, no *Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons>.

wikimedia.org/wiki/File:Charles_Goodyear_portrait.jpg>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Figura 99. Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), físico brasileiro. *Cortesia:* Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/152>>. Assinatura de Cesar Lattes, conforme carta manuscrita em Bristol e endereçada à José Leite Lopes em 16 de julho de 1947, pág. 92. *In:* Cesar Lattes 70 Anos: A Nova Física Brasileira. Editor: Alfredo Marques. CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (1994). Fonte: acervo do autor. Disponível em: <http://www.siarq.unicamp.br/lattes/cesar_lattes_70_anos_livro.pdf>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

Figura 100. O físico brasileiro Cesar Lattes desembarcando no Brasil de um avião da companhia aérea *PanAir* no final da década de 1940, depois de ganhar fama mundial pela descoberta da partícula méson π (hoje, π on). *Cortesia:* Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/138>>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

Figura 101. Retrato oficial de Hideki Yukawa (1907-1981) em 1949 ao receber o Prêmio Nobel de Física. *Cortesia:* *Official 1949 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yukawa.jpg>>. Assinatura de Hideki Yukawa (1952). Fonte: acervo do autor.

Figura 102. O físico experimental brasileiro César Lattes com seu irmão, Davide Lattes (de camisa branca), e seus pais, Carolina Maria Rosa Lattes e Giuseppe Lattes, na década de 1940. Nesta época o físico brasileiro ganhou notoriedade por sua participação decisiva na descoberta do méson p na radiação cósmica e em que produziu, com o colega norte-americano Eugene Gardner, os primeiros mésons artificiais no então maior acelerador de partículas do mundo, o sincrociclótron de Berkeley (EUA). *Cortesia:* Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível

em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/122>>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

Figura 103. Retrato oficial de Cecil Frank Powell (1903-1969) em 1950 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1950 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cecil_Powell.jpg>. Assinatura de Cecil Frank Powell. Fonte: acervo do autor.

Figura 104. Giuseppe Occhialini (1907 - 1993), físico italiano. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Occhialini.jpg>>. Assinatura de Giuseppe Occhialini. Fonte: acervo do autor.

Figura 105. Gleb Vassielievich Wataghin (1899-1986), físico ítalo-ucraniano. Cortesia: Centro de Apoio à Pesquisa Histórica (CAPH) “Sérgio Buarque de Holanda” da Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia. Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/mesonpi/index.php?painel=09>>. Assinatura de Gleb Vassielievich Wataghin. Fonte: acervo do autor.

Figura 106. Capa da revista *Science News Letter* destacando o físico brasileiro César Lattes e o norte-americano Eugene Gardner, pela descoberta do méson π no acelerador sincrocíclotron de 184” em Berkeley - então o mais poderoso do mundo, em março de 1948. Cortesia: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/123>>. Acesso em: 19 de novembro de 2014

Figura 107. Mosaico de imagens mostrando a trajetória que um méson π (traço mais curto, visto a partir de cima na horizontal, da direita para a esquerda) deixa em uma placa de emulsão nuclear, proposto por Lattes, ao decair em méson μ (múon, na vertical). Ao fim (na parte de baixo) transmuta num elétron (não revelado). Note as assinaturas de Lattes, Ochiellini e Powel, datada de 3 de abril de 1947. Cortesia: Centro

Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/149>>.

Figura 108. Entrevista do Prof. Cesar Lattes ao jornal *Folha da Manhã*, p. 19, 8 de abril de 1949, ao retornar de viagem dos Estados Unidos. Ao lado, sua recém-esposa, Martha Siqueira Neto Lattes (1923 - 2003). Publicado em: NASCIMENTO, M. L. F. *Ciência e Sociedade*, v. 3, p. 35-42, 2015, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (www.cbpf.br). Cortesia: *Niels Bohr Archive*, Copenhague, Dinamarca. Cedido ao autor.

Figura 109. Stanley Donald Stookey (1915-2014), químico e inventor americano, manipulando sua primeira descoberta, um vidro *fotosensitivo*. Note que há uma fotografia num suporte, próximo da mão esquerda. Tal imagem foi transmitida ao vidro que segura na outra mão. Cortesia: *Corning Incorporated Department of Archives & Records Management, Corning, NY*. Cedido ao autor. Assinatura de Stanley Donald Stookey em carta encaminhada ao Prof. Dr. Edgar Dutra Zanotto em outubro de 2010. Cedido ao autor.

Figura 110. A descoberta acidental de Stookey possibilitou a confecção de utensílios de cozinha como o vasilhame vitrocerâmico Pyroceram (somente a tampa é vítrea). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Corningware_%28flower-print_casserole_dishes%29.jpg>. Acesso em: 2 de dezembro de 2014.

Figura 111. Primeira patente de Stookey sobre os vidros fotosensitivos, US 2,515,937. Domínio Público. Fonte: *Google Patents*. Disponível em: <<http://www.google.com.ar/patents/US2515937>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2014.

Figura 112. Figura ilustrando o que seria o produto de uma fotografia embutida no vidro fotosensitivo. Fonte: *Google Patents*. Domínio Público. Disponível em: <<http://www.google.com.ar/patents/US2515937>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2014.

Figura 113. A Tabela Periódica dos elementos químicos atualizada, incluindo os elementos 114 e 116 recém-descobertos, oficialmente denominados Fleróvio (Fl) e Livermório (Lv), respectivamente. O elemento 117 também encontra-se indicado temporariamente como “ununséptio” (Uus). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_pt.svg>. Acesso em: 12 de dezembro de 2014.

Figura 114. Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B4.jpg?uselang=pt-br>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2014. Assinatura de Dmitri Ivanovich Mendeleev. Fonte: acervo do autor.

Figura 115. Diferenças entre o modelo atômico clássico (ou de Bohr, de elétrons ao redor de um núcleo) em contraposição ao modelo quântico, onde cada elétron é uma onda (ou ‘nuvem’), e portanto somente faz sentido calcular sua probabilidade de localização em relação ao núcleo. Ilustração do autor.

Figura 116. Artigo original manuscrito de Mendeleev, em 17 de fevereiro de 1869. Note a disposição em forma de tabela dos pesos atômicos com os poucos elementos conhecidos à época. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mendeleev_law.jpg>. Acesso em: 12 de dezembro de 2014.

Figura 117. O professor Mendeleev em seu gabinete (1897). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DIMendeleevCab.jpg>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2014.

Figura 118. Richard Phillips Feynman (1918-1988), físico americano e Prêmio Nobel de Física em 1965. Foto obtida por Tamiko Thiel (n. 1957) próximo da casa de campo de Robert Treat Paine Estate, Waltham, MA, em 1984. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível

em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RichardFeynman-PaineMansionWoods1984_copyrightTamikoThiel_bw.jpg>. Acesso em: 22 de dezembro de 2014. Assinatura de Richard Phillips Feynman. Fonte: acervo do autor.

Figura 119. O célebre feito de Donald Eigler e Erhard Schweizer em 1990, posicionando 35 átomos de Xenônio num substrato de níquel metálico à temperatura ultrabaixa utilizando a ponta de um Microscópio de Corrente de Tunelamento. Cortesia: IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda. Cedido ao autor. Disponível em: <<http://researcher.watson.ibm.com/researcher/files/us-flinte/stm10.jpg>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2014.

Figura 120. Palestra especial do Prof. Richard Feynman “Sobre o Movimento dos Planetas ao redor do Sol” em 13 de março de 1964 no Caltech. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:H.D.3A.053_%2810481714045%29.jpg>. Acesso em: 22 de dezembro de 2014.

Figura 121. Almoço durante uma das visitas do físico norte-americano Richard Feynman ao Brasil em 1952. À esquerda da mesa, na ordem, Roberto Aureliano Salmeron, Gabriel Fialho, Francisco Mendes de Oliveira Castro, Gerard Hepp, Álvaro Diffini, Cesare Mansueto Giulio Lattes, Antônio José da Costa Nunes, Ugo Camerini, José Leite Lopes, Paulo Emídio Barbosa, e Homero Lenz César. À direita, na ordem, Homero Brandão, Henry British Lins de Barros, Nelson Lins de Barros, Neusa Margem (depois Amato), Richard Philips Feynman, Elisa Frotapessoa, Guido Beck, Helmut Schwartz, Jayme Tiomno, Reinhard Oehme e George Heinrich Rawitscher. A foto está assinada pelos presentes. Cortesia: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Disponível em: <<http://portal.cbpf.br/galeria/160>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2014.

Figura 122. Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Pintura a óleo incompleta de Anna Ivanovna Mendeleeva (1860-1942) em 1885. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. <<https://commons>.

wikimedia.org/wiki/File:AIMendeleva_DIMendelev.jpg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015. Assinatura de Dmitri Ivanovich Mendeleev. Fonte: acervo do autor.

Figura 123. Pintura a óleo de Mendeleev por Ilya Yefimovich Repin (1844-1930) em 1885. Galeria Tretyakov, Moscou, Rússia. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medeleeff_by_repin.jpg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

Figura 124. Pintura a óleo de Mendeleev por Nikolai Alexandrovich Yaroshenko (1846-1898) em 1886. Arquivo do Museu Dmitri Mendeleev na Universidade Estatal de São Petersburgo, Rússia. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MendeleevDI_Jaroishenko_1886.jpg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

Figura 125. Artigo original de Mendeleev em 1869, com os elementos conhecidos àquela época dispostos de maneira sistemática e um pouco diferente da atual tabela periódica. Tais elementos encontram-se dispostos em linhas ou colunas ordenados pela massa atômica e começando uma nova coluna ou linha quando as características dos elementos começavam a se repetir. Lendo a partir da coluna mais à esquerda, as colunas verticais listam os elementos na ordem ascendente de suas massas atômicas. As fileiras horizontais listam os elementos em grupos com propriedades gradativas semelhantes. Observe que as interrogações indicam elementos químicos previstos e descobertos tempos depois. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mendeleev's_periodic_table_%281869%29.svg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

Figura 126. Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907), químico russo. Pintura a óleo de Ivan Nikolaevich Kramskoi (1837-1887) em 1878. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kramskoy_Mendeleev_01.jpg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

Figura 127. Selo comemorativo soviético do Centenário da Descoberta da Tabela Periódica por Mendeleev, em 1969. Há inscrições de fórmulas químicas e correções em vermelho pelo autor. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Soviet_Union_1969_CPA_3761_stamp_%28Mendeleev_and_Formula%29_cancelled_large_resolution.jpg>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

Figura 128. Paul Charles William Davies (n. 1946), físico e escritor inglês. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paul_Davies.jpg>. Acesso em: 29 de janeiro de 2015. Assinatura de Paul Charles William Davies. Fonte: acervo do autor.

Figura 129. Retrato oficial de Masatoshi Koshiba (n. 1926) em 2002 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 2002 Nobel Prize in Physics photograph*. Domínio Público. Fonte: *The Nobel Foundation*. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2002/koshiba-facts.html>. Acesso em: 29 de janeiro de 2015.

Figura 130. Imagem da explosão da supernova, mostrando a situação dez dias depois e antes (a estrela antiga estrela supergigante Sanduleak -69° 202, indicada pela seta). A intensidade da explosão atingiu aproximadamente o brilho de 100.000.000 de sóis por vários meses. As primeiras observações foram obtidas pelos astrônomos Ian Keith Shelton (n. 1957, canadense) e Oscar Duhalde (n. 1950, chileno) no Laboratório Astronômico de Las Campanas (<www.lco.cl>), Chile. As fotografias acima pertencem ao antigo Observatório Anglo-Australiano, agora Observatório Astronômico Australiano (*Australian Astronomical Observatory*, <www.aao.gov.au>), e foram tiradas pelo astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941) no site do autor: <www.davidmalin.com>, denominada AAT 50a. Cortesia: *Australian Astronomical Observatory*, a division of the Department of Industry, Innovation and Science. © Commonwealth of Australia 2016. Domínio Público. Disponível em: <<https://www.aao.gov.au/copyright>>. Acesso em: 29 de janeiro de 2015.

Figura 131. Poster oficial do filme *Um Garoto e seu Átomo*, o Menor Filme do Mundo, da IBM, lançado em 2013. Fonte: Cortesia IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda. Cedido ao autor. Disponível em: <<https://www-03.ibm.com/press/us/en/photo/40983.wss>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2015.

Figura 132. Esquematização dos dois processos básicos em nanotecnologia: de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top-down*). Os bloquinhos indicam as menores unidades da matéria (podem ser átomos ou mesmo moléculas). Adicionando elementos um a um pode-se obter um exemplo de nanoconstrução; já o segundo tipo, via desbaste, também produz nanoestruturas importantes. Ilustração do autor.

Figura 133. Uma imagem dos trinta e cinco átomos de Xe num substrato de Ni sob temperatura de 4 K, conforme publicado na prestigiosa revista *Nature* em 1990. Fonte: Cortesia IBM Brasil - Indústria, Máquinas e Serviços Ltda. Cedido ao autor. Disponível em: <https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV1003.html>. Acesso em: 30 de janeiro de 2015.

Figura 134. Donald Mark Eigler (n. 1953), físico americano que produziu o logotipo da IBM na forma de átomos em 1989, junto com seus cães Neon e Argon. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Don_Eigler_Neon_Argon.jpg>. Acesso em: 30 de janeiro de 2015.

Figura 135. Imagem de microscopia eletrônica da menor guitarra do mundo: a *nanoguitarra*. Um exemplo de tecnologia nano tipo “*top-down*”, com comprimento $\approx 10 \mu\text{m}$ - aproximadamente o tamanho de uma hemácia e $\approx 1/20$ da espessura média de um fio de cabelo. Suas seis cordas têm o diâmetro de $\approx 50 \text{ nm}$ (≈ 100 átomos lado a lado). É possível mover as cordas e produzir som (inaudível para humanos) de ≈ 10 megahertz. Criado por pesquisadores de Cornell a partir de litografia em cristais de silício. Foto de Dustin W. Carr e Harold G. Craighead, *Cornell*

University, 22 de julho de 1997. Fonte: Cortesia de Harold Gene Craighead, Professor de Física Aplicada e Engenharia. Cedido ao autor. Disponível em: <<http://www.news.cornell.edu/stories/1997/07/worlds-smallest-silicon-mechanical-devices-are-made-cornell>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2015.

Figura 136. Hawking sendo apresentado por sua filha Lucy numa das palestras comemorativas dos 50 anos da NASA em 21 de abril de 2008. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stephen_hawking_and_lucy_hawking_nasa_2008.jpg>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2015.

Figura 137. Stephen William Hawking (n. 1942), físico e cosmólogo britânico. Cortesia: NASA StarChild. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stephen_Hawking.StarChild.jpg>. Assinatura de Stephen William Hawking. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hawkingsig.svg>>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2015.

Figura 138. Stephen William Hawking (n. 1942), físico e cosmólogo britânico durante uma conferência de imprensa na Biblioteca Nacional da França para inaugurar o Laboratório de Astronomia e Partículas em Paris. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stephen_Hawking_050506.jpg>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2015.

Figura 139. Imagem da galáxia NGC 6744, situada na direção da Constelação do Pavão e distante 30 milhões de anos-luz, obtida pelo satélite artificial GALEX, lançado pela NASA em 2003. Os astrônomos afirmam que a nossa Via Láctea tem incrível semelhança com esta fantástica galáxia em espiral, onde o sistema solar seria apenas um pequeno ponto numa das bordas de um dos braços da espiral. Cortesia: NASA. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NGC_6744_GALEX_WikiSky.jpg>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2015.

Figura 140. Máscara mortuária em ouro do faraó egípcio Tutancâmon, que reinou entre c. 1332 – 1323 a.C. no Museu Egípcio, cidade do Cairo: <www.egyptianmuseum.gov.eg>. Descoberta pelos ingleses Howard Carter (1874-1939) e George Edward Stanhope Molyneux Herbert (1866-1923) em 1922. Cortesia: Jon Bodsworth: <www.egyptarchive.co.uk>. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tutmask.jpg>>. Acesso: 19 de fevereiro de 2015

Figura 141. Retrato oficial de Arno Allan Penzias (n. 1933), físico alemão-americano em 1978 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1978 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/penzias-bio.html>. Assinatura de Arno Allan Penzias. Fonte: acervo do autor. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 142. Retrato oficial de Robert Woodrow Wilson (n. 1936), astrônomo americano em 1978 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1978 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/wilson-bio.html>. Assinatura de Robert Woodrow Wilson. Fonte: acervo do autor. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 143. Johannes Kepler (1571-1630), astrônomo, matemático e astrólogo alemão por volta de 1610 (pintura de artista desconhecido). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johannes_Kepler_1610.jpg>. Assinatura de Johannes Kepler. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unterschrift_Kepler.svg>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 144. Imagem que mostra a região antes da explosão *Supernova*, obtida em 1984 (AAT49). No canto superior mais à esquerda foto situa-se a Nebulosa da Tarântula Imagem do astrônomo anglo-australiano David

Malin (n. 1941) Cortesia: *Australian Astronomical Observatory, a division of the Department of Industry, Innovation and Science*. © Commonwealth of Australia 2016. Domínio Público. Disponível em: <<https://www.aao.gov.au/copyright>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 145. Imagem da explosão da Supernova 1987A, a região mais brilhante da fotografia – duas semanas depois de iniciado o evento, em 24 de fevereiro de 1987 (AAT48). No canto superior esquerdo encontra-se a Nebulosa da Tarântula. Imagem do astrônomo anglo-australiano David Malin (n. 1941). Cortesia: *Australian Astronomical Observatory, a division of the Department of Industry, Innovation and Science*. © Commonwealth of Australia 2016. Domínio Público. Disponível em: <<https://www.aao.gov.au/copyright>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 146. A imagem composta da Supernova 1987A em três diferentes momentos: setembro de 1994, fevereiro de 1996 e julho de 1997, obtidas pelo telescópio Hubble. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Supernova_SN1987A_in_the_Large_Magellanic_Cloud_-_GPN-2000-000948.jpg>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

Figura 147. Albert Einstein (1879-1955), físico alemão e Premio Nobel em 1921 numa palestra em Viena, Áustria, naquele ano. Fotografado por Ferdinand Schmutzer (1870-1928), Biblioteca Nacional da Áustria. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_1921_by_F_Schmutzer_-_restoration.jpg>. Acesso em: 16 de abril de 2015.

Figura 148. Foto promocional do filme de Charles Spencer “Charlie” Chaplin (1889-1977): “Vida de Cachorro” (*A Dog’s life*, 1918). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaplin_A_Dogs_Life.jpg>. Assinatura de Charles Spencer Chaplin. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Firma_de_Charles_Chaplin.svg>. Acesso em: 16 de abril de 2015.

Figura 149. Primeira Conferência Solvay (1911), que reuniu os mais consagrados cientistas da época. O tema da conferência versou sobre a “Teoria da Radiação e dos Quanta” (“La Théorie du Rayonnement et les Quanta”). Einstein era o mais jovem entre os presentes, e Curie a única mulher. Participantes: (1) Walther Hermann Nernst; (2) Robert Goldschmidt; (3) Max Karl Ernst Ludwig Planck; (4) Marcel Louis Brillouin; (5) Heinrich Rubens; (6) Ernest Solvay; (7) Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld; (8) Hendrik Antoon Lorentz, presidente; (9) Frederick Alexander Lindemann; (10) Louis-César-Victor-Maurice de Broglie; (11) Martin Hans Christian Knudsen; (12) Emil Gabriel Warburg; (13) Jean Baptiste Perrin; (14) Friedrich Hasenöhr; (15) Georges Hostelet; (16) Edouard Herzen; (17) James Hopwood Jeans; (18) Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien; (19) Ernest Rutherford; (20) Marie Skłodowska Curie; (21) Jules Henri Poincaré; (22) Heike Kamerlingh Onnes; (23) Albert Einstein; (24) Paul Langevin. Foto de Benjamin Couprie (c. 1895-1933). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1911_Solvay_conference.jpg>. Disposição dos participantes da Primeira Conferência Solvay de Física, 1911. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solvay1911_participants2.jpg>. Acesso em: 16 de abril de 2015.

Figura 150. Um trem em movimento com velocidade $v=0,8c$, da esquerda para direita, e dois observadores, identificados pelos números 1 (Maria) e 2 (João). Ilustração do autor.

Figura 151. O raio de luz deslocou-se de $8c$ em 10 segundos na horizontal e $5c+5c$ para João. Já para Maria, o tempo foi diferente, mas a velocidade da luz é a mesma para ambos pelo 2º postulado. Ilustração do autor.

Figura 152. Abraham Pais (1918-2000), físico e historiador da ciência americano-holandês. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abraham_Pais.jpg>. Acesso em: 16 de abril de 2015. Assinatura de Abraham Pais. Fonte: acervo do autor.

Figura 153. Retrato oficial de Peter Ware Higgs (n. 1929) em 2013 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 2013 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/higgs-facts.html>. Assinatura de Peter Ware Higgs. Fonte: acervo do autor. Acesso em: 30 de abril de 2015.

Figura 154. Retrato oficial de Leon Max Lederman (n. 1922) em 1988 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leon_M._Lederman.jpg>. Acesso em: 30 de abril de 2015. Assinatura de Leon Max Lederman. Fonte: acervo do autor.

Figura 155. Ilustração do quadro preenchido por Homer Simpson no episódio “O Mágico de Springfield” (1998). Ilustração do autor.

Figura 156. Primeira página do *Le Journal des Sçavans* de 1665. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1665_journal_des_sçavans_title.jpg>. Acesso em: 2 de maio de 2015.

Figura 157. Primeira página do *Philosophical Transactions* de 1665. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Philosophical_Transactions_-_Volume_001_-_Front_Matter.djvu>. Acesso em: 2 de maio de 2015.

Figura 158. Ilustração de 1873 do que se imagina ser um dos primeiros encontros dos membros da *Royal Society*, conforme a revista *Old and New London, Illustrated*, por George Walter Thornbury (1828-1876), pag. 121, volume 1. Sir Isaac Newton preside a reunião ao centro. Cortesia: *British Library*, Londres, Reino Unido. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ONL_%281887%29_1.103_-_A_meeting_of_the_Royal_Society_in_Crane_Court.jpg>. Acesso em: 2 de maio de 2015.

Figura 159. Heinrich Oldenburg (c. 1619-1677), diplomata e filósofo natural alemão, que assinava também Henry, fundador e primeiro editor do *Philosophical Transactions* (1665). Cortesia: *The Royal Society*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Henry_Oldenburg.jpg>. Acesso: 2 de maio de 2015. Assinatura de Heinrich Oldenburg. Fonte: acervo do autor.

Figura 160. Primeiro artigo científico, páginas 2 e 3, sobre resultados obtidos pelo inventor, fabricante de vidros e astrônomo italiano Giuseppe Campani (1635-1715), no primeiro volume do jornal inglês *Philosophical Transactions* em 1665. Informações similares haviam sido impressas no primeiro volume do francês *Le Journal des Sçavans* menos de dois meses antes. Domínio público.

Figura 161. Filiação honorária do astrônomo polonês Jan Heweliusz (1611-1687, Johannes Hevelius, ou ainda Janowi Heweliuszowi) pela *Royal Society* de Londres em 30 de abril de 1664. O manuscrito em pergaminho apresenta o selo da sociedade. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AGAD_Akt_nominacji_Jana_Heweliusza_na_cz%C5%82onka_Royal_Society_w_Londynie.jpg>. Acesso em: 2 de maio de 2015.

Figura 162. Pintura do astrônomo polonês e especialista em topografia lunar Jan Heweliusz (1611-1687), pelo pintor polonês Jerzy Daniel Szulc (1615-1683) em 1677. Crédito: Biblioteca da Academia Polonesa de Ciências. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johannes_Hevelius.PNG>. Acesso em: 2 de maio de 2015. Assinatura de Jan Heweliusz. Fonte: acervo do autor.

Figura 163. Michael Faraday (1791-1867), físico e químico inglês, por volta de 1860. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Faraday_Millikan-Gale-1906.jpg. Assinatura de Michael Faraday (c. 1867). Domínio Público. Fonte:

Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Faraday_signature.jpg>. Acesso em: 18 de maio de 2015.

Figura 164. Benjamin Franklin (1706-1790), polímata norte americano em pintura de 1785, obra do pintor francês Joseph Siffrein Duplessis (1725-1802), *National Portrait Gallery*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BenFranklinDuplessis.jpg>>. Assinatura de Benjamin Franklin. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autograph_of_Benjamin_Franklin_%28from_Nordisk_familjebok%29.png>. Acesso em: 18 de maio de 2015.

Figura 165. Sir Humphry Davy (1778-1829), químico e inventor britânico. Obra do pintor inglês Thomas Lawrence (1769-1830) por volta de 1821 na *National Portrait Gallery*, Londres. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Humphry_Davy,_Bt_by_Sir_Thomas_Lawrence.jpg>. Assinatura de Humphry Davy. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Davy's_signature.png>. Acesso em: 18 de maio de 2015.

Figura 166. Primeira patente sobre LASER: *Ruby Laser Systems, U.S.* 3,353,115, publicada em 1967, de Theodore Harold Maiman (1927-2007), físico e engenheiro norte-americano. Fonte: *Google Patents*. Domínio Público. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US3353115>>. Acesso em: 18 de maio de 2015.

Figura 167. Michael Faraday (1791-1867), físico e químico inglês. Pintura à óleo de Thomas Phillips (1770-1845), por volta de 1842. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M_Faraday_Th_Phillips_oil_1842.jpg. Acesso em: 18 de maio de 2015.

Figura 168. Albert Einstein (1879-1955) em 1935, durante visita ao Instituto de Estudos Avançados de Princeton. Fonte: *Wikimedia Commons*.

Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein-formal_portrait-35.jpg>. Assinatura de Albert Einstein. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_signature_1934.svg>. Acesso em: 6 de junho de 2015.

Figura 169. Einstein e sua irmã Maja por volta de 1886. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maja_and_Albert_Einstein_c1886.jpg>. Acesso em: 6 de junho de 2015

Figura 170. Diploma do Nobel de Física de 1921 para Albert Einstein, entregue em 1922. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein_Nobel_1922_Urkunde.jpg.

Figura 171. Retrato oficial de Louis-Victor-Pierre-Raymond, 7º Duque de Broglie (ou simplesmente Louis de Broglie, 1892-1987), historiador e físico francês, em 1929 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1929 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Louis_de_Broglie.jpg>. Assinatura de Louis-Victor-Pierre-Raymond. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Signature_Louis_de_Broglie.svg>. Acesso em: 6 de junho de 2015

Figura 172. Pintura de Louis-César-Victor-Maurice (1875-1960), 6º Duque de Broglie, físico francês, por Marcel Baschet (1862-1941). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maurice_de_Broglie_by_Marcel_Baschet_%E2%80%93_1932.jpg>. Acesso em: 6 de junho de 2015. Assinatura de Louis-César-Victor-Maurice. Fonte: acervo do autor.

Figura 173. Leopold Infeld (1898-1968), físico e divulgador de ciências polonês, por volta de 1960. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

File:LeopoldInfeld1960.jpg>. Acesso em: 6 de junho de 2015. Assinatura de Leopold Infeld. Fonte: acervo do autor.

Figura 174. Edwin Powell Hubble (1889-1953), astrônomo americano. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Studio_portrait_photograph_of_Edwin_Powell_Hubble.JPG>. Assinatura de Edwin Powell Hubble. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edwin_Hubble_signature.svg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 175. Georges-Henri Édouard Lemaître (1894-1966), padre, astrônomo e físico belga ao receber o Prêmio Francqui em 1934. Cortesia: *Archives Georges Lemaître, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique*. Cedido ao autor. Disponível em: <<https://www.uclouvain.be/316446.html>>. Acesso em: 12 de junho de 2015. Assinatura de Georges-Henri Édouard Lemaître. Fonte: acervo do autor.

Figura 176. Galileo Galilei (1564-1642), físico, astrônomo, filósofo e matemático italiano. Pintura de Domenico Tintoretto (1560-1635), entre 1605 e 1607. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo_Galilei_2.jpg>. Assinatura de Galileo Galilei. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo_Galilei_Signature_2.svg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 177. Capa do primeiro tratado astronômico utilizando observações a partir de um telescópio, este por Galileo: *Sidereus Nuncius* (“O Mensageiro das Estrelas”), publicado em março de 1610. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Houghton_IC6.G1333.610s_-_Sidereus_nuncius.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 178. Polimento do espelho primário do *Hubble Space Telescope* pela empresa americana Perkin-Elmer Corporation, Danbury, Connecticut.

Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hubble_mirror_polishing.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 179. Olavo Brás Martins dos Guimarães Bilac (1865-1918), jornalista, contista, cronista e poeta brasileiro. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Olavobil.jpg>>. Acesso em: 12 de junho de 2015. Assinatura de Olavo Brás Martins dos Guimarães Bilac. Fonte: acervo do autor.

Figura 180. O telescópio espacial Hubble da NASA orbitando a quase 550 km de distância da Terra, viajando a 8 km/s. Seu tamanho é próximo ao de um ônibus. Fonte: NASA. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hubble_01.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 181. Os “Pilares da Criação” foram obtidos a partir do telescópio Hubble, estando cerca de 7.000 anos-luz da Terra. Consistem de colunas de gases e pó interestelar resfriados incubando novas estrelas na Nebulosa da Águia. Crédito: NASA. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pillars_of_creation_2014_HST_WFC3-UVIS_full-res_denoised.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 182. A majestosa “Galáxia do Sombreiro” (Messier 104, NGC 4594), com centro brilhante e um cinturão de partículas de poeira, a 28 milhões de anos-luz, na constelação de Virgo. Crédito: NASA. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M104_ngc4594_sombrero_galaxy_hi-res.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 183. Explosão supernova, distante 6.523 anos-luz da Terra. Nebulosa do Caranguejo (NGC 1952). Este evento foi observado por astrônomos japoneses e chineses no distante ano de 1054. Crédito: NASA. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://>

commons.wikimedia.org/wiki/File:Crab_Nebula.jpg>. Acesso em: 12 de junho de 2015.

Figura 184. Um típico pote de barro, ou ainda “moringa”. Fonte: acervo do autor.

Figura 185. *El botijo* (c. 1904), obra do pintor espanhol Joaquín Sorolla y Bastida (1863-1923), coleção particular. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:El_botijo-Sorolla.jpg>. Acesso em: 03 de agosto de 2015.

Figura 186. Uma das gravuras da obra *A Second Journey to Spain, in the spring of 1809; from Lisbon... to Sevilla, Cordova, Granada, Malaga and Gibraltar*, do escritor canadense Robert Semple (1777 - 1816), mostrando os costumes locais de armazenamento, consumo e transporte de água nas províncias de Aragão e Catalunha. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEMPLE%281809%29_p310_Costumes_from_the_Province_of_Aragon_-_%2810-11%29_Peasants._Costumes_from_the_Province_of_Catalomia_-_%2812%29_Peasant.jpg>. Acesso em: 03 de agosto de 2015.

Figura 187. Nazaré (mais conhecida por ‘das Farinhas’) é um típico município brasileiro situado no Recôncavo Baiano, fundado em 1572, quando era apenas um mero povoado. Dista de 276 km de Salvador por terra (contornando a Bahia de Todos os Santos) ou ainda de apenas 73 km tomando um *Ferry Boat* a partir da Feira de São Joaquim, na capital, em direção à Ilha de Itaparica. Ilustração do autor.

Figura 188. Uma das mais conhecidas cidades do Recôncavo Baiano, Nazaré das Farinhas recebeu esta denominação pela intensa produção e comercialização desse particular produto na região, atravessada pelos rios Jaguaripe ao sul e Cupioba de norte a sul – este último rio em particular denomina um tipo de farinha muito comum e tradicional na localidade: a de *copioba*. Nazaré das Farinhas também é bastante conhecida pela *Feira dos Caxixis*, realizada durante a Semana Santa,

reunindo artefatos de cerâmica comercializados por artesãos locais (conhecidos por 'oleiros'). Em primeiro plano, vasos e moringas de barro ofertados no centro da cidade. Fonte: acervo do autor.

Figura 189. Albert Einstein (1879-1955), físico alemão em 1947 enquanto professor de Princeton. Fotografado por Orren Jack Turner (1919-2008), Princeton, N. J.. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_Head.jpg>. Acesso em: 10 de agosto de 2015. Assinatura de Albert Einstein em Princeton (1934).

Figura 190. Albert Einstein em sua visita ao Rio de Janeiro, em 25 de março de 1925. Fonte: Revista *Fon-Fon*, n. 13, ano 19, p. 50, 28 mar. 1925. Cortesia: Biblioteca Nacional Digital: <www.bn.br>. Domínio Público.

Figura 191. As Híades formam a cabeça e chifre na Constelação do Touro (exceto a estrela mais brilhante, Aldebarã, situada no olho direito). Crédito: *Urania's Mirror; or, a view of the Heavens* (Espelho de Urania; ou a Vista dos Céus, 1824). Urania é a musa da astronomia. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sidney_Hall_-_Urania's_Mirror_-_Taurus.jpg>. Acesso em: 10 de agosto de 2015.

Figura 192. Esquema inspirado na página do jornal *The Illustrated London News* do evento de 29 de maio de 1919, explicando o desvio da luz a partir do eclipse solar na cidade de Sobral, Ceará (a imagem menor mostra o observatório onde se registrou o fenômeno). Para um observador na Terra, a luz de uma estrela situada junto ao disco solar parecia afastar-se da borda deste. Tal esquema, que seguiu informações do próprio Crommelin, apresenta ainda a trajetória da sombra do eclipse na Terra e como ficaria o resultado comparativo das chapas fotográficas durante o eclipse e sem a presença do sol. Baseado em: *Illustrated London News*, Londres, v. 155, 22 de Novembro de 1919, pág. 815. Ilustração do autor.

Figura 193. Henrique Charles Morize (1860-1930), engenheiro e astrônomo franco-brasileiro. Cortesia: Observatório Nacional: <www.ON.br>. Cedido ao autor. Assinatura de Henrique Charles Morize (1860-1930). Fonte: acervo do autor.

Figura 194. Visita do físico Albert Einstein ao Observatório Nacional, Rio de Janeiro, no dia 9 de maio de 1925. Na visita, teve a oportunidade de conhecer a equipe brasileira de astrônomos que viabilizaram a observação do famoso eclipse de Sobral, quatro anos antes. Entre eles, encontrou Henrique Charles Morize, diretor do observatório à época, que está sentado ao lado do cientista, segurando um chapéu. Foto de Guilherme de Candia. Cortesia: Observatório Nacional: <www.ON.br>. Cedido ao autor.

Figura 195. *Die Frage, die meinen Kopf entsprang, hat Brasilien sonniger Himmel beantwortet* (“A questão que minha mente formulou foi respondida pelo radiante céu do Brasil”). Crédito: Revista *Fon-Fon*, 28 de março de 1925, ano XIX, número 13, pág. 50. Fonte: Cortesia Biblioteca Nacional Digital: <www.bn.br>. Domínio Público.

Figura 196. Os testes da TGR não terminaram. Concepção artística da luz de uma estrela gigante vermelha ao passar rente a uma anã branca em sua frente, encurvando a luz. Ambas são do sistema binário de estrelas KOI-256. Isso acontece pela ação do campo gravitacional de uma estrela densa como o nosso Sol (a anã branca), mas mais fria por estar no fim da vida, sobre a luz de uma gigante vermelha. Baseado em dados do Telescópio Espacial Kepler, NASA (abril de 2013). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dead_Star_Acts_Like_Magnifying_Glass.jpg>. Acesso em: 10 de agosto de 2015.

Figura 197. Ilustração de uma simples lagartixa (*Gekko japonicus*). Desenho do artista japonês Kawahara Keiga (1786 - c. 1860), entre 1823 e 1829. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naturalis_Biodiversity_Center_-_RMNH>.

ART.273_-_Gekko_japonicus_-_Kawahara_Keiga_-_1823_-_1829_-_Siebold_Collection_-_pencil_drawing_-_water_colour.jpeg>. Acesso em: 3 de setembro de 2015.

Figura 198. Retrato oficial de Johannes Diderik van der Waals (1837-1923) em 1910 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 1910 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johannes_Diderik_van_der_Waals.jpg>. Assinatura de Johannes Diderik van der Waals (1837-1923). Fonte: acervo do autor.

Figura 199. Pata da lagartixa *Tokay*, que costuma viver em árvores em vastas regiões da Índia, no Nepal, em Butão, nas Filipinas e na Nova Guiné. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tokay_foot.jpg>. Acesso em: 3 de setembro de 2015.

Figura 200. Detalhe das pilosidades de pata de lagartixa por microscopia eletrônica de varredura, obtidas por Oskar Gellerbrant. Apenas para se ter uma ideia, um fio de cabelo humano tem por volta de 50 μm , algumas dezenas de vezes maior que as estruturas mostradas nas micrografias acima. Estima-se existirem por volta de 3 bilhões destas pilosidades nas patas destes seres incríveis. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geckofot.jpg>>. Acesso em: 3 de setembro de 2015.

Figura 201. Retrato oficial de Andre Konstantin Geim (n. 1958) em 2010 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 2010 Nobel Prize in Physics photograph*. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/geim-facts.html>. Acesso em: 3 de setembro de 2015. Assinatura de Andre Konstantin Geim. Fonte: acervo do autor.

Figura 202. Retrato oficial de Konstantin Sergeevich Novoselov (n. 1974) em 2010 ao receber o Prêmio Nobel de Física. Cortesia: *Official 2010*

Nobel Prize in Physics photograph. Fonte: *The Nobel Foundation*. Domínio Público. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/novoselov-bio.html>. Acesso em: 3 de setembro de 2015. Assinatura de Konstantin Sergeevich Novoselov. Fonte: acervo do autor.

Figura 203. Capa do livro *Somnium* (“Sonho”, obra póstuma de Astronomia Lunar, do físico, matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), publicado por seu filho Ludwig Kepler (1607-1663) em 1634. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:El_Sue%C3%B1o_o_la_Astronom%C3%ADa_de_la_Luna.jpg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 204. Jules Gabriel Verne (1828-1905), escritor e poeta francês. Foto de Félix Nadar (1820-1910). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F%C3%A9lix_Nadar_1820-1910_portraits_Jules_Verne.jpg>. Assinatura de Jules Gabriel Verne. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jules_Verne_autograph.jpg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 205. Herbert George Wells (1866-1946), escritor inglês. Foto de George Charles Beresford (1864-1938), *National Portrait Gallery*. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:H.G._Wells_by_Beresford.jpg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015. Assinatura de Herbert George Wells. Fonte: acervo do autor.

Figura 206. Neil Alden Armstrong (1930-2012), astronauta americano. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neil_Armstrong_pose.jpg>. Assinatura de Neil Alden Armstrong. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neil_Armstrong_Signature.svg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 207. Edwin Eugene Aldrin Jr. (n. 1930), astronauta e engenheiro americano. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aldrin.jpg>>. Assinatura de Edwin Eugene Aldrin Jr. Domínio Público. Fonte: *Wikimedia Commons*. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Buzz_Aldrin_Autograph.svg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 208. Réplica da placa comemorativa deixada junto à base do módulo lunar *Eagle*, da missão Apollo 11, com a assinatura dos três astronautas e do presidente dos Estados Unidos: *Here Men from Planet Earth First Set Foot upon the Moon. July 1969 A.D. We Came in Peace for All Mankind* (“Aqui Os Homens Do Planeta Terra Pisaram Pela Primeira Vez Na Lua. Julho De 1969. Viemos Em Paz, Em Nome De Toda A Humanidade”). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apollo-11-_Plaque-replica.jpg>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 209. Johannes Kepler (1571-1630), astrônomo, matemático e astrólogo alemão. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JKepler.png>>. Assinatura de Johannes Kepler. Domínio Público. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

Figura 210. Mapa com frequência e registro da queda de pequenos bólidos (entre 1 m e 20 m) que atingiram o planeta entre Terra 1994 e 2013 – quase todos se desintegrando na atmosfera. Círculos claros indicam incidentes durante o dia (255), e escuros, durante a noite (301), totalizando 556 eventos em 20 anos. Note que, quanto maior a circunferência, maior a energia de impacto (em unidades GJ). Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SmallAsteroidImpacts-Frequency-Bolide-20141114.jpg>>. Acesso em: 3 de abril de 2017.

Figura 211. Meteorito de Bendegó em fotografia de 1887 mostrando o meteorito ainda na margem do riacho Bendegó, ao lado do vice-almirante

José Carlos de Carvalho (1847-1934, chefe e relator da comissão) e dos engenheiros Humberto Saraiva Antunes (fotógrafo da expedição) e Vicente José de Carvalho (filho do militar responsável pela remoção do meteorito). Em destaque, tremula a Bandeira Imperial do Brasil. Fonte: *Wikimedia Commons*. Domínio Público. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meteor%C3%ADto_de_Bendeg%C3%B3_em_1887.jpg>. Acesso em: 3 de abril de 2017.

	colofão
<i>Formato</i>	17 x 24 cm
<i>Tipografia</i>	Swift e Mundo Sans
<i>Papel</i>	Alcalino 75 g/m ² Cartão Triplex 300 g/m ² (capa)
<i>Impressão</i>	Edufba
<i>Capa e acabamento</i>	I. Bigraf
<i>Tiragem</i>	300 exemplares

Marcio Nascimento é físico, com mestrado pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e professor da Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia (UFBA). É colaborador de alguns periódicos, entre os quais *Tribuna da Bahia*, *Correio da Bahia* e *A Tarde*, divulgando textos de ciências, tecnologia e matemática.

Sites do autor: www.nano.ufba.br e www.lamav.ufba.br

A engenharia, a ciência e a tecnologia fazem parte do mundo contemporâneo e, portanto, podem explicar como ele funciona. *ET Cetera* apresenta alguns exemplos curiosos e interessantes, entre eles: você sabia que a estrutura dos átomos se assemelha mais a uma cebola do que um modelo planetário? Que a Teoria da Relatividade Geral foi comprovada no Brasil? Que existe um meio muito eficaz de se enxergar o interior das pessoas? Que não existe vidro inquebrável? Que a ideia da patente para produzir grandes vidros planos surgiu ao lavar louças? Que a Bíblia pode ser escrita na ponta da cabeça de um alfinete? Que, com apenas um pouco mais de uma centena de tipos de elementos químicos, é possível criar um universo? Que a Tabela Periódica foi descoberta jogando paciência? Que em ciência uma coisa pode ser outra? *Etc. Etc.*

