

## Física no Mundo

### Física no Brasil: uma resenha histórica

A investigação em Física no Brasil deu os seus primeiros passos nos anos 30 com a chegada ao país de alguns físicos europeus. Nessa altura surgiram duas instituições, uma na cidade de São Paulo e outra no Rio de Janeiro. A Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo começou então as suas investigações em Física Nuclear e em Física das Partículas, assim como o Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro em Física do Estado Sólido.

O projecto sistemático de desenvolvimento da Física brasileira conheceu um grande desenvolvimento em 1949 graças à criação do Centro Brasileiro de Investigação em Física (CBIF). Foram ali organizadas conferências e cursos, enquanto cientistas estrangeiros eram convidados a participar nas actividades de investigação. Possibilidades quase inexistentes até então foram oferecidas aos jovens cientistas brasileiros para se instalarem no seu próprio país. O ensino de Física no Brasil beneficiou muito com todo este processo. Um outro passo importante foi dado em 1951 com a criação do Conselho Nacional de Investigação Científica.

Nos anos 60, a grande maioria dos trabalhos de investigação em Física no Brasil, tanto experimentais como teóricos, concentravam-se ainda no domínio da Física Nuclear e da Física de Partículas. A Universidade de São Paulo, por exemplo, possuía dois aceleradores, um Betatron e um Van de Graaff. Mas poucos eram os físicos que trabalhavam em Física do Estado Sólido. É apenas com a criação de novas agências de apoio à investigação (BNDES e CAPES) que os cursos concedendo diplomas de Mestrado e Doutoramento são estabelecidos ao nível das universidades e centros de investigação do Brasil.

Graças ao apoio do Fundo Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, nos anos 70, os grupos de investigação no Brasil consolidaram-se, em particular no campo da Física. Isso marca o período de expansão da Física da Matéria Condensada no Brasil, que hoje abrange mais de metade dos físicos brasileiros. Apesar da diminuição de fundos federais para a investigação no decorrer dos anos 80, a Física continuou a desenvolver-se em quantidade e qualidade, principalmente no Estado de São Paulo. Neste Estado, uma agência de apoio à investigação aumentou a sua contribuição, compensando assim a diminuição de recursos do governo federal.

Actualmente, quase toda a investigação em Física é realizada nas universidades públicas (à volta de 35) e em quatro instituições nacionais de investigação. O número de físicos doutorados é de cerca de 2400, mas menos de dois por cento deles trabalham na indústria. Com efeito, os investimentos e a procura do sector industrial não acompanharam as políticas de desenvolvimento de recursos humanos e de investigação em Física. O quadro que se segue faz um apanhado da situação existente nos últimos anos.

Possuímos actualmente 25 instituições que concedem diplomas de estudos avançados em Física, dos quais 17 se dedicam ao doutoramento. Estes programas recebem vários estudantes estrangeiros, provenientes principalmente da América Latina. Além disso, é possível aos estudantes brasileiros efectuarem uma parte do seu trabalho de investigação no estrangeiro.

#### Humberto S. Brandi

Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro  
(Presidente da Sociedade Brasileira de Física)

[hsb@if.ufrj.br](mailto:hsb@if.ufrj.br)



Brasil	1999	1997	1995	1990	1985
Físicos com doutoramento	2400	2000	1750	1200	900
Teses de doutoramento	160	120	110	80	50
Teses de mestrado	260	250	230	150	150
Publicações	2500	2100	1900	1300	750
Cursos de graduação	37	30	25	22	19

## Sociedade Brasileira de Física



A Sociedade Brasileira de Física (SBF) é um organismo não governamental de interesse público que tem como objectivo a promoção da investigação científica e a educação da Física, assim como a difusão do conhecimento em Física. Com esse objectivo, a SBF organiza encontros científicos e é responsável pela edição de várias publicações periódicas. Distribui aos seus 6000 membros um boletim mensal e uma publicação electrónica diária. A SBF mantém cooperação com as sociedades científicas estrangeiras e é membro de associações científicas internacionais.

A direcção executiva da SBF é eleita pelos seus membros para mandatos bi-anuais. Possui também um conselho deliberativo composto por 10 membros com um mandato de quatro anos. Um comité de admissão, um comité editorial e um comité de encontros científicos dão assistência à direcção executiva.

A SBF publica três jornais:

- “Brazilian Journal of Physics” (trimestral) que publica resultados de investigação original experimental e teórica.
- “Revista Brasileira de Física Aplicada e Instrumentação” (trimestral), que publica resultados da investigação em Física Aplicada e do desenvolvimento da Instrumentação em Física.
- “Revista Brasileira de Ensino de Física”, destinada aos professores de Física.

O congresso anual da SBF realiza-se em simultâneo com o congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, mas em região diferente do país. No decorrer dessas reuniões é discutida a política científica e a divulgação da Física. Com este fim são dados cursos a professores de escolas secundárias e a estudantes universitários.

Realizam-se anualmente conferências especializadas em Física da Matéria Condensada (participação média de 1000 pessoas), Física Nuclear (150 participantes), Física das Partículas e Campos (300 pessoas) e Física dos Plasmas (80 pessoas). Um número importante de trabalhos, equivalente ao número de participantes, é igualmente apresentado nessas conferências.

A SBF realiza ainda, de dois em dois anos, um Simpósio Nacional para o Ensino da Física com a participação de mais de oito centenas de professores secundários e universitários. A SBF é ainda responsável pela organização de diversas Escolas de Verão e de Inverno de Mestrado e Doutoramento na Escola Jorge André Swieca.

A comunidade dos físicos é uma das mais activas do Brasil, onde desempenha um papel importante no desenvolvimento da ciência no país. Contribuiu para estabelecer um elevado nível de ensino e de investigação em geral, com uma notória participação junto das agências governamentais e do Congresso Nacional.

Humberto S. Brandi



## Notícias mais importantes em 1999

A Física domina o “top ten” das notícias do ano da revista norte-americana “Science”, não obstante a forte concorrência da Biologia. Cinco descobertas em Física (incluindo nesta a Astronomia) entraram na lista da revista “Science” do ano de 1999:

- Gases de Fermi degenerados;
- Evidência adicional em favor da geometria plana do universo;
- Dois tipos de jactos de raios gama;
- Cristais fotônicos;
- Primeira confirmação independente dos planetas extra-solares.

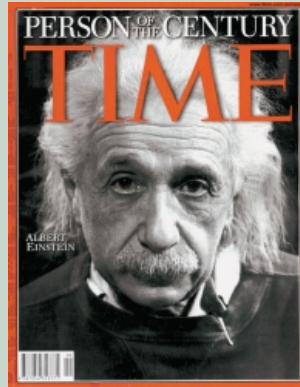
O “prémio limão” do ano foi dado à NASA por ter perdido o “Mars Climate Orbiter” devido a uma mistura de unidades métricas e britânicas. Poder-se-ia acrescentar a perda mais recente da sonda “Mars Polar Explorer” por razões ainda desconhecidas...

Nos “Physics News Update”, serviço de notícias de Física na Internet da Sociedade Americana de Física, os artigos mais importantes de 1999 seleccionados pelos editores foram os seguintes:

- “Desembarque” preliminar na ilha nuclear de estabilidade com a descoberta dos elementos 114, 116 e 118;
- Redução dramática da velocidade da luz para velocidades próximas da de um automóvel em condensados de Bose-Einstein e em gases;
- Obtenção de um gás de Fermi degenerado, uma nuvem de átomos fermiônicos de tal modo “congelados” que o princípio de exclusão inflaciona o tamanho da nuvem relativamente a uma nuvem comparável de átomos bosónicos;
- Fusão em cima de uma mesa realizada com lasers potentes;
- Observação directa de violação CP no decaimento de mesões K no Fermilab e no CERN;
- Observações não-destrutivas de fótons;
- Passagem de planetas extrasolares por uma estrela e outras observações planetárias;

## “Top Ten” dos físicos

De acordo com um inquérito realizado junto de cientistas pela revista britânica “Physics World”, publicada pelo Institute of Physics, a classificação dos físicos ao longo de toda a história é a seguinte:



1. Albert Einstein
2. Isaac Newton
3. James Clerk Maxwell
4. Niels Bohr
5. Werner Heisenberg
6. Galileu Galilei
7. Richard Feynman
8. Paul Dirac
9. Erwin Schroedinger
10. Ernest Rutherford.

Einstein foi também escolhido pela revista norte-americana “Time” para pessoa do milénio e pelo semanário português “Expresso” para figura do século.

Ainda segundo o inquérito da “Physics World”, as mais importantes descobertas em Física foram as teorias da relatividade de Einstein, a mecânica de Newton e a mecânica quântica.

A maior parte dos físicos inquiridos não acredita que o progresso na construção de teorias de campo unificadas signifique o fim da Física. Segundo eles, os 10 maiores problemas por resolver em Física são:

- gravidade quântica;
- compreensão do núcleo atómico;
- energia de fusão;
- mudanças climáticas;
- turbulência;
- materiais de vidro;
- supercondutividade a alta temperatura;
- magnetismo solar;
- complexidade;
- consciência humana.

(Physics World, Dez/99)

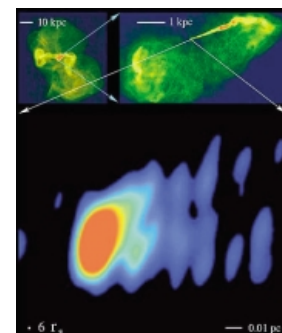
- Entrelaçamento de três fótons;
- Medição da frequência da luz visível com uma precisão de 120 partes em mil milhões;
- Obediência da auto-energia gravitacional ao princípio da equivalência.

milhões de anos luz da Terra. Presumivelmente, o jacto provém de um disco de acreção que rodeia um buraco negro supermassivo.

Um rastreio por ondas de rádio desta mancha no céu não tinha poder de

## Jactos de rádio num buraco negro

Os buracos negros não estão propriamente imóveis no espaço a “comer” estrelas. Também dão origem a grandes plumas de material emissor de luz e estas correntes colimadas podem estender-se por centenas de milhares de anos-luz. Um exemplo dos mais próximos de nós encontra-se no coração da galáxia M87, a cerca de 50



resolução suficiente para observar precisamente o lugar onde os jactos começam. Mas agora, tirando partido do alto poder de captação do “Very

Long Baseline Array” (VLBA), do “Very Large Array” (VLA) e de telescópios na Itália, Suécia, Finlândia, Alemanha e Espanha, astrónomos localizaram a origem dos jactos a menos de um décimo de ano-luz do sítio do buraco negro. A imagem resultante (ver figura) mostra que a abertura inicial do jacto é de 60°, a maior alguma vez observada para um jacto, embora este fique muito mais focado (6°) a juzante.

(Junor *et al.*, Nature, 28/Out/99)

### Planetas extra-solares

A sombra de um planeta a passar diante de uma estrela distante foi detectada, pela primeira vez, pelos cientistas Geoffrey Marcy (Universidade da Califórnia/Berkeley, EUA) e Paul Butler (Carnegie Institution,

Washington), já veteranos na descoberta de planetas, em conjunto com Greg Henry (Universidade do Estado de Tennessee). As observações indirectas anteriores de planetas extra-solares baseavam-se em pequenos desvios da posição aparente das estrelas causados pela atracção gravitacional de um ou mais planetas em órbita à volta dela. Mas os astrónomos pensaram que, de entre a amostra cada vez maior desses planetas (cerca de 30 até agora), uns poucos (cujas órbitas seriam vistas na Terra sobre a estrela) poderiam ser detectados directamente quando passassem em frente da estrela. Um desses candidatos foi o HD 209458. A previsão para uma passagem planetária para a noite de 7 de Novembro de 1999 revelou-se exacta, tendo-se observado um escurecimento de 1,7 por cento da luz da estrela. Também Andrew Cameron, da

Universidade de St Andrews, e seus colegas, afirmaram ter visto luz reflectida directamente por um planeta que orbita a estrela Tau Bootis (Nature 402, 751). Este planeta – descoberto em 1997 – é 8 vezes maior em massa e 1,8 vezes maior em tamanho que Júpiter, possuindo uma cor azul-esverdeada. Tau Bootis está a 50 anos-luz da Terra.

Em Novembro de 1999 foram anunciados seis novos planetas que, na sua maioria, têm a particularidade de se situarem na chamada “zona habitável” do sistema planetário, uma zona onde pode existir água líquida. Um dos novos planetas foi descoberto por Nuno Santos, estudante português de pós-graduação na Universidade de Genebra, Suíça.



Os planetas do sistema solar já não são os únicos!

### Lançamento do XMM

O maior telescópio de raios X jamais construído (maior que o Chandra da NASA) foi lançado pela Agência Espacial Europeia (ESA). A 10 de Dezembro de 1999, o Telescópio Europeu XMM, que custou 690 milhões de euros, partiu a bordo do foguete Ariane 5 da base espacial da Guiana Francesa. XMM é o observatório de ciência mais complexo e caro da ESA.

Depois de ficar em órbita, o XMM foi colocado num modo de “stand by” até depois do Ano Novo. Os astrónomos estavam preocupados que “bugs” computacionais no equipamento de comunicações pudessem prejudicar o funcionamento do satélite se este fosse activado antes do ano 2000. O telescópio ficará totalmente operacional em Março próximo.



## Análise de isótopos

A busca de fracções de isótopos muito pequenas numa amostra de átomos usando uma ratoeira magneto-óptica pode em breve ser preferível à espectrometria de massa num acelerador – na qual os átomos são aquecidos, acelerados e enviados através de um ímã muito forte, que separa os átomos pela massa – para certos objectivos de radiodactação. Para demonstrar esta ideia, físicos no laboratório de Argonne (EUA) detectaram vestígios de cripton-85 (com uma abundância de apenas  $10^{-11}$ ) e cripton-81 (abundância de  $10^{-13}$ ) numa ratoeira atómica com uma eficiência de 1 parte em  $10^7$ . A espectrometria de massa num acelerador, que obviamente requer um acelerador, tem hoje uma eficiência de contagem de uma parte em  $10^5$ . A medição de átomos de cripton-85 é importante uma vez que eles são produzidos principalmente em estações de reprocessamento de combustível nuclear e (desde os anos 50) são usados como traçadores de correntes atmosféricas e oceânicas. O cripton-81, pelo contrário, é produzido em chuviscos de raios cósmicos na alta atmosfera e – por ter uma semivida 40 vezes maior do que a do C-14 – é preferível à datação por carbono para estabelecer a antiguidade de amostras com milhões de anos de gelo e de água do solo.

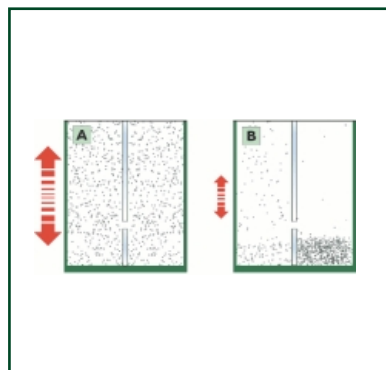
(Chen *et al.*, Science, 5/Nov/99)

## Demónio de Maxwell com areia

A segunda lei da Termodinâmica diz que dentro de um sistema isolado o calor não pode, sem mais, passar de um sítio mais frio para um sítio mais quente. Ao reflectir sobre este assunto, James Clerk Maxwell, um dos pioneiros da Física Estatística, concebeu uma experiência mental: não poderá uma criatura microscópica inteligente, colocada num buraco de um tabique

entre dois compartimentos iguais de uma caixa, separar as moléculas de modo que as moléculas mais quentes (isto é, mais rápidas) sejam direccionadas para um lado enquanto as moléculas mais frias (mais lentas) sejam direccionadas para o outro?

O demónio de Maxwell, como ficou chamado o agente separador, precisaria ele próprio de energia para operar e, por isso, a separação do quente e do frio não pode ser efectuada tal como foi anunciada. No entanto, numa experiência realizada por Jens Eggers na Universidade de Essen (Alemanha), na qual agitou areia num recipiente com dois lados (estando as duas metades conectadas por um buraco),



a areia “quente” – que se move mais rapidamente – passou para um lado, enquanto a areia “fria” condensou espontaneamente agregando-se no outro lado (ver figura).

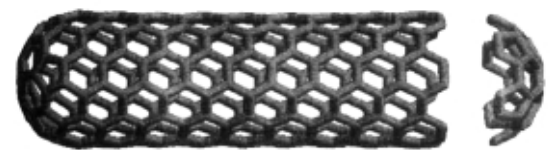
Jens Eggers explicou que a segunda lei não foi violada uma vez que, embora a areia em movimento possa ser considerada um gás, os grãos individuais podem absorver e dissipar calor (isto é, os grãos individuais têm temperatura própria), ao contrário das moléculas do gás ideal descrito por Maxwell. Assim, quando os grãos de areia começam a juntar-se num dos lados (a segregação começa com uma quebra espontânea de simetria) mais e mais grãos cairão para o fundo do recipiente (onde os grãos são mais densos, há mais colisões e, portanto, o arrefecimento é mais rápido, conduzindo a maior agregação), ao passo que os outros grãos, não

agregados, tenderão a permanecer do outro lado, ainda na forma “gasosa”.

(J. Eggers, Physical Review Letters, 20/Dez/99)

## Armazenamento de hidrogénio em nanotubos

O hidrogénio é um combustível potente: combinado com oxigénio pode



fornecer energia a naves espaciais para ir à Lua, por exemplo. No entanto, o armazenamento de uma substância tão perigosa é um problema difícil.

Físicos do Massachusetts Institute of Technology (MIT, Boston, EUA) conseguiram encher de hidrogénio nanotubos de carbono. De facto, já antes se tinha conseguido meter uma “salsicha” de hidrogénio numa casca de carbono, mas as experiências do MIT são as primeiras a obter com segurança um grande enchimento de hidrogénio (um átomo de hidrogénio para cada dois de carbono) à temperatura ambiente. E, tal qual um boneco que salta de uma caixa, os átomos de hidrogénio saltam dos tubos (80 por cento pelo menos) quando a pressão de empacotamento é aliviada.

(Liu *et al.*, Science, 5/Nov/99)

## Oxigénio vermelho



A fase vermelha do oxigénio deve o seu nome ao facto de esta forma de oxigénio sólido, formada por moléculas de oxigénio, ter uma

cor bem vermelha, ficando ainda mais vermelha quando se aumenta a pressão. A fase vermelha tem sido estudada em pormenor por físicos italianos e os seus resultados sugerem que a pressões acima de 10 GPa duas moléculas  $O_2$  se combinam para dar uma molécula  $O_4$ . A pressão é necessária para alterar (por força bruta) as ligações químicas que existem dentro do sólido molecular. Registrando as propriedades de vibração de sólidos de oxigénio a pressões até 63 GPa, Roberto Bini e os seus colegas no European Laboratory for Nonlinear Spectroscopy (Florença) concluíram que o processo onde moléculas de  $O_2$  formam unidades de  $O_4$  poderia ser uma espécie de prelúdio para a transformação do oxigénio primeiro em cadeias mais longas (polímeros) e depois num metal (o oxigénio na forma de metal supercondutor foi descrito em Shimizu *et al.*, Nature, 25, Jun/98).

(Ver Gorelli *et al.*, Physical Review Letters, 15, Nov/99)

### Pulseira de ouro

As pulseiras de ouro são preciosas não apenas em joalheria mas também pelas suas propriedades atómicas. Apontando um microscópio de varrimento (STM) a uma superfície de ouro e depois despegando a ponta, pode ser produzida uma cadeia de vários átomos de ouro (até sete). A intensidade da ligação entre os átomos na cadeia é pelo menos metade da que existe entre átomos de ouro no sólido e, por isso, a cadeia é estável, embora pouco.



Microscopia por transmissão electrónica (TEM) produz imagens das cadeias que parecem indicar que os átomos estão separados por 4 a 5 angstroms, mas outras medidas, como testes de condutividade, im-

plicam que esse intervalo é mais ou menos 3 angstroms. Então, o que se passa com os átomos? Este enigma foi resolvido por um grupo de cientistas de vários laboratórios espanhóis (e um grupo da Universidade de Illinois, EUA), cujas simulações computacionais sugerem que os átomos não estão em linha recta mas sim em zigue-zague (espaçados por cerca de 2,5 angstroms) e, mais ainda, que a cadeia deve rodar em torno do seu eixo maior (ver figura; uma animação está em <http://www.aip.org/physnews/graphics>).

As imagens TEM seriam então explicadas por capturarem apenas uma posição média (enganadora) para os átomos de ouro. O conhecimento das posições dos átomos de ouro e do seu comportamento é importante para os físicos e engenheiros que desenvolvem circuitos com nanofios.

(Sanchez-Portal *et al.*, Physical Review Letters, 8, Nov/99)

### Formação de professores

Realiza-se de 27 de Agosto a 1 de Setembro de 2000 em Barcelona (Espanha) a XVIII edição da Conferência Internacional do “Groupe Internationale de Recherche sur l’Enseignement de la Physique” (GIREP). O título do encontro é “A Formação de Professores para além do ano 2000”, estando contemplados os tópicos “Novos conteúdos para uma nova concepção do Ensino da Física”, “Melhorando a Formação dos Professores de Física” e “Novos métodos e Ferramentas para a Educação em Física”.

Para mais informações ver <http://www.blues/uab.es/phyteb/www:physteb/announcement.html>.

### Fractais no Brasil

A Conferência IUPAP FACS 2000 – “Aspectos Fractais de Sistemas Complexos” – vai decorrer de 16 a 20 de Outubro de 2000 na cidade brasileira de Maceió. A organização é presidida pelo Dr. M. L. Lyra e o evento tem lugar no Departamento de Física da Universidade Federal de Alagoas. Tópicos a tratar são mecanismos da complexidade, vida artificial, autómatos celulares, caos, controlo e teorias da informação, redes neuronais, fractais, dinâmica não linear, etc. Para mais informações consultar <http://facs2000.fis.ufal.br>.

## Convite aos leitores

Muitos das notícias publicadas pela “Gazeta” são seleccionadas de “Physics News Update”, da Sociedade Americana de Física (editado por Phillip F. Schewe e Ben Stein), e de “Physics Web”, do Institute of Physics britânico, por vezes sujeitos a adaptação redactorial. Os dois serviços de notícias estão acessíveis na Internet. A revista está aberta a todas as sugestões sobre notícias que os leitores queiram apresentar.