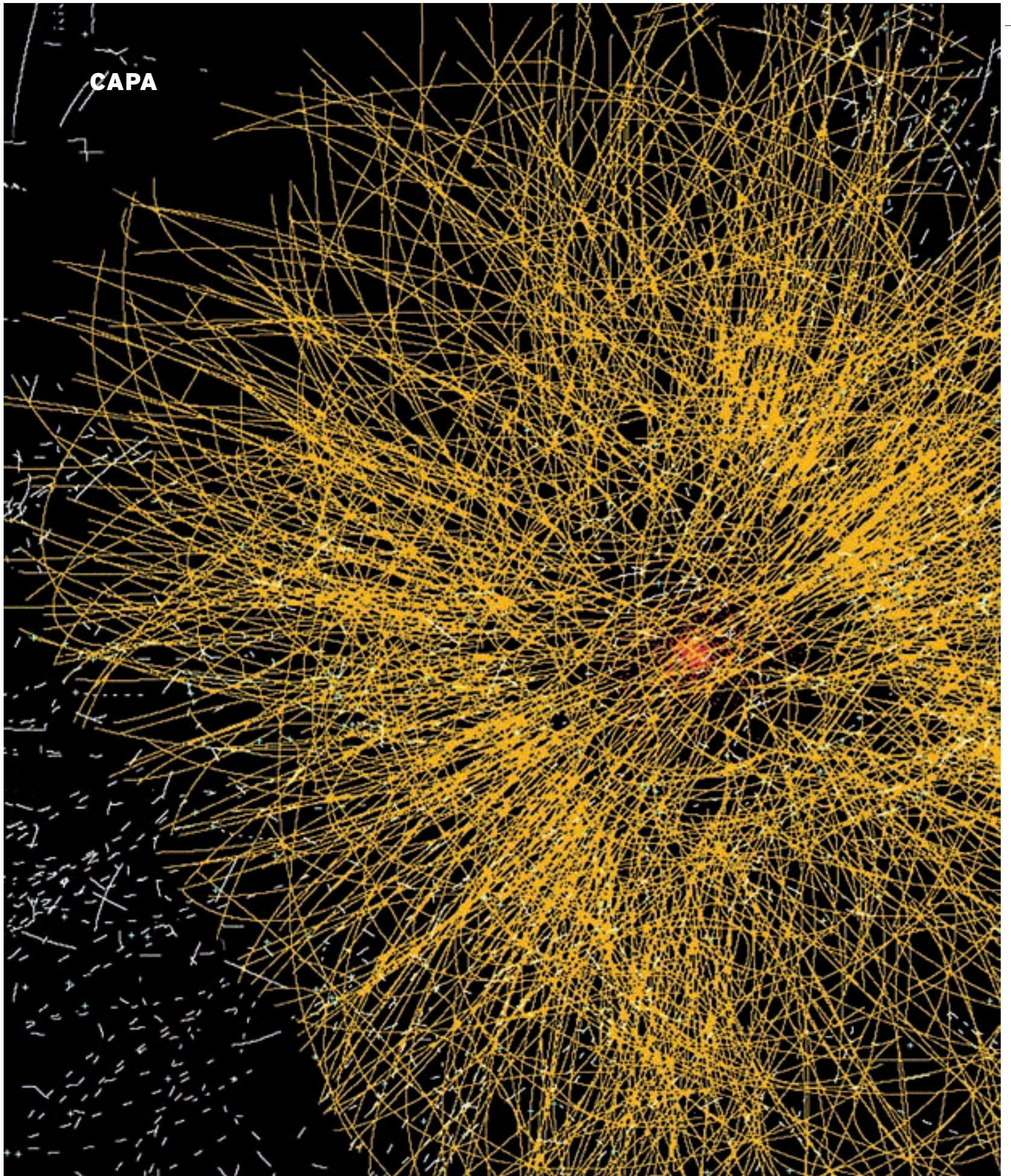


CAPA



Choque frontal: simulação de colisões de íons de chumbo no detector Alice



Ponto de encontro

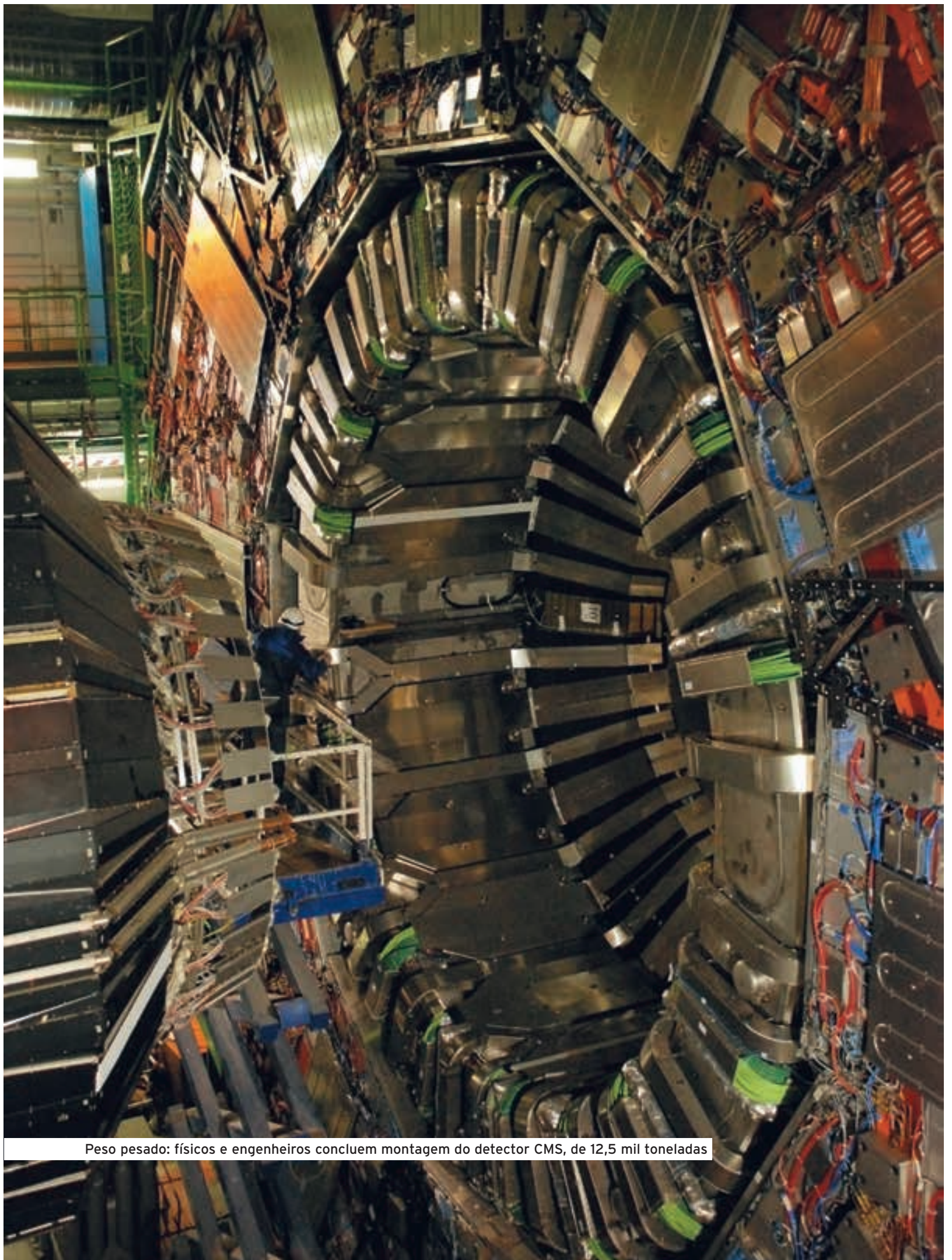
Quase 10 mil pesquisadores, entre eles 68 brasileiros, fazem os ajustes finais no maior acelerador de partículas do mundo

RICARDO ZORZETTO, DE GENEBRA

No domingo 6 de abril a cidade ainda dormia quando o bonde parou pontualmente às 8h28 da manhã na estação central de Genebra. Em poucos segundos, dezenas de pessoas apressadas lotaram seus vagões, rumo ao Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (Cern), laboratório internacional de física liderado por 20 países da Europa, nos arredores da capital dos relógios suíços. Ao chegar ao imenso globo de madeira à entrada do Cern, o pequeno grupo se somou a uma multidão de pessoas de línguas e países diferentes que aguardavam a abertura dos portões. Nem o vento, nem os 9 graus da primavera suíça os haviam impedido de trocar o conforto de suas casas aquecidas por horas de espera em longas filas ao ar livre. Ninguém queria perder a última chance de conhecer a *caverna*.

Situada 100 metros abaixo da superfície, a caverna em questão nada tem a ver com os montes Jura, que se erguem a oeste do Cern, na fronteira da Suíça com a França, onde 2 séculos atrás o naturalista alemão Alexander von Humboldt encontrou fósseis de animais do período geológico que chamou de Jurássico. A caverna que todos queriam ver é uma das mais imponentes obras criadas pelo ser humano: um túnel circular com 27 quilômetros de extensão que abriga o Large Hadron Collider (LHC), o maior acelerador de partículas do mundo, que começa a funcionar nos próximos meses. Quando finalmente for ligado em julho ou agosto deste ano, após quase 2 décadas de planejamento, construção e atrasos, esse equipamento deve permitir aos 10 mil físicos e engenheiros que trabalham no Cern – entre eles 68 brasileiros – compreender melhor como a natureza se comporta num espaço infinitamente pequeno, bilhões de vezes menor que um grão de areia.

CERN



Peso pesado: físicos e engenheiros concluem montagem do detector CMS, de 12,5 mil toneladas



Sob a terra: homens, mulheres e crianças visitam o detector Alice

Antes de fechar o acesso ao túnel, os pesquisadores interromperam os trabalhos de rotina e os ajustes finais dos equipamentos no início de abril para outra atividade importante, repetida de tempos em tempos: mostrar ao mundo como foram investidos os quase US\$ 9 bilhões consumidos de 1993 até agora na fabricação e montagem do LHC. “Eles sabem vender o peixe”, comentou o físico brasileiro Sandro Fonseca, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), durante uma caminhada pelos corredores do Cern, onde atualmente desenvolve seu trabalho de doutorado. “O cidadão europeu que paga impostos vem passear e ver como seu dinheiro foi empregado.”

No primeiro domingo de abril 53 mil pessoas, um décimo da população de Genebra e cidades vizinhas, atravessaram os portões do maior laboratório de física de partículas do mundo. Assistiram a vídeos e palestras sobre o novo acelerador e receberam explicações sobre avanços que a física proporcionou a áreas como a medicina, a exemplo da tomografia, que permite fazer imagens de órgãos em funcionamento, ou as telecomunicações – em 1989 Tim Berners-Lee desenvolveu no Cern o sistema de comunicação *world wide web*, que tornou a internet acessível ao público.

Quem deixou para trás o habitual almoço em família pôde também visi-

tar o museu de ciências Microcosmo e até mesmo conhecer o quartel-general do Cern: o centro de controle inaugurado em março, de onde serão monitorados oito aceleradores de partículas – o LHC é o mais novo e mais potente. “Aqui não há nada a esconder”, disse o engenheiro inglês Terry Pritchard, que durante anos desenvolveu e testou componentes eletrônicos para o LHC e, atualmente aposentado, guiou a visita de jornalistas.

Na caverna - Das 53 mil pessoas que foram ao Cern, 20 mil desceram à caverna. E se impressionaram com o que viram. Entre espessas paredes de concreto, uma sucessão de 1.624 tubos azuis e brancos, cada um com 14 metros de comprimento e 1 de diâmetro, enfileiravam-se em seqüência formando um anel de 27 quilômetros. No interior desses tubos, dois feixes de partículas mais finos que um fio de cabelo viajarão em sentidos opostos a velocidades próximas à da luz (300 mil quilômetros por segundo).

Guiadas por potentes eletroímãs resfriados a -271°C , as partículas percorrerão na maior parte do tempo trajetórias paralelas. Em quatro pontos do anel, porém, seus caminhos se cruzarão e, como nuvens de uma tempestade, amontoados de 100 bilhões de partículas de carga positiva (prótons) encontrarão outros 100 bilhões vindos em

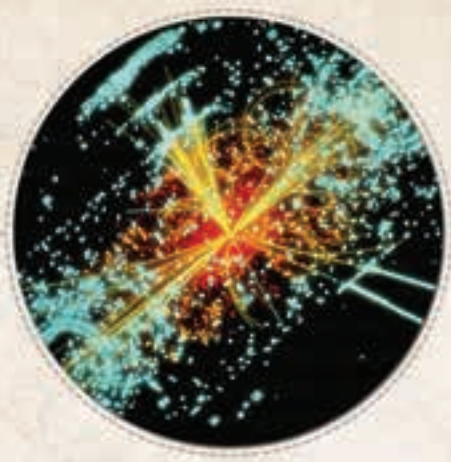
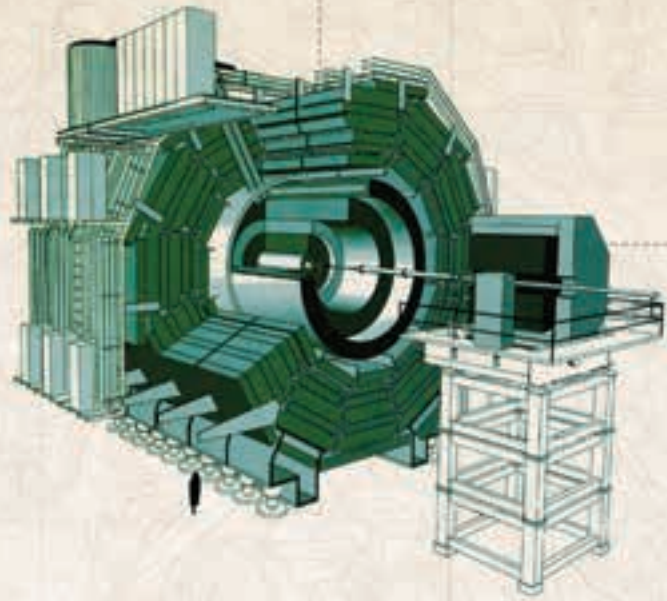
direção contrária. Apesar desse número de prótons, apenas 20 colisões devem ocorrer quando uma nuvem passar pela outra. Por isso é preciso fazer essas nuvens colidirem milhões de vezes por segundo para gerar um número de choques elevado o suficiente para ser analisado pelos físicos.

Ao lançar um próton contra outro a velocidades altíssimas e um nível absurdamente elevado de energia (7 trilhões de elétrons-volt ou teraelétrons-volt, TeV), os pesquisadores esperam fragmentá-los em seus componentes mais fundamentais: os quarks, partículas menores e indivisíveis formadoras da matéria; e os bósons, partículas responsáveis pela transmissão de três das quatro forças da natureza (eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca), que mantêm os quarks unidos em blocos maiores de matéria.

Essas partículas – um total de 48, sendo 36 de matéria e 12 de carregadoras de força – estão previstas no Modelo Padrão, o conjunto de teorias desenvolvidas nos últimos 50 anos para explicar o comportamento da matéria no nível submicroscópico. Mas nem todas foram observadas experimentalmente. Acredita-se que a maior parte delas – à exceção de quatro ou cinco mais estáveis – seja extremamente fugaz e se transforme em outras partículas tão logo criadas. Com partículas escapando

FÁBRICA DE PARTÍCULAS

No interior de um túnel de 27 quilômetros de extensão, colisões devem estilhaçar partículas de carga elétrica positiva (prótons) em seus componentes mais elementares



Blocos fundamentais da matéria: detector CMS rastreará a produção de partículas elementares ainda não observadas experimentalmente, como o bóson de Higgs

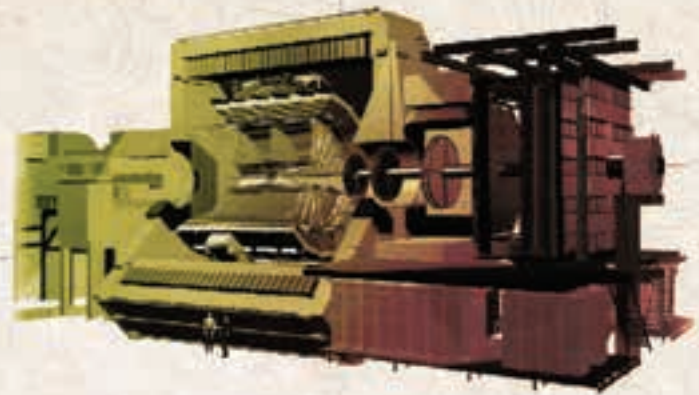


ATLAS

ALICE

Anel acelerador:
feixes de prótons
serão impulsionados
a velocidades
próximas à da luz

Máquina do tempo:
choques entre íons de
chumbo, como o da
simulação ao lado,
podem gerar o quinto
estado da matéria,
o plasma de quarks e
glúons, investigado
pelo detector Alice



ILUSTRACÃO ABIURO | IMAGENS CERN



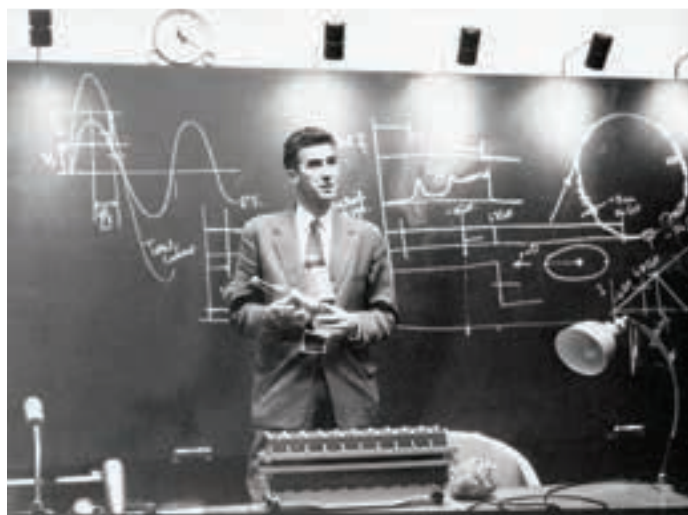
FOTOS CERN

sileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro, membro de uma das equipes do Cern. “Mas não explica tudo. Talvez ele seja apenas uma boa aproximação de algo mais completo que não conhecemos.” Após a resposta, pesquisadores do mundo todo não vêem a hora de os prótons começarem a colidir dezenas de metros abaixo dos campos e plantações nos arredores de Genebra.

As apostas são de que o LHC seja a tão aguardada máquina. Ainda que esse acelerador forneça energia suficiente para espatifar os prótons e resolver essas questões – o choque entre dois prótons resultará numa energia de 14 TeV, elevadíssima para uma partícula, mas insuficiente para ligar um celular por mais que alguns segundos –, os físicos terão muito trabalho antes de confirmar se encontraram o que buscavam.

Como as partículas fundamentais são instáveis e em frações de segundo originam outras gerações de partículas, os pesquisadores se valem de gigantesco aparelho chamado detectores para saber o que se passou no local da colisão. Com forma de barril ou de cilindro, os detectores são construídos ao redor do ponto em que ocorre o choque e são compostos por quatro camadas de materiais distintos que registram a energia e a velocidade das partículas que os atravessam, além do caminho percorrido.

Com base nesses dados, calculam outras propriedades como a massa e a carga elétrica. Mas têm de trilhar o caminho inverso feito pela segunda ou terceira geração de partículas – do ponto em que desaparecem àquele em que surgem –, para descobrir quais foram as geradas inicialmente na colisão. “É uma espécie de engenharia reversa”, comenta



O princípio e o meio: Felix Bloch deposita pedra fundamental do Cern em 1955, no alto, e John Adams anuncia recorde de energia em 1959

entre os dedos, os físicos ficam na dúvida: ou a teoria não representa suficientemente bem a realidade e algumas partículas de fato não existem, ou apenas não havia sido criada até o momento uma máquina poderosa o suficiente para encontrá-las.

“É consenso que o Modelo Padrão é bom”, diz Arthur Maciel, do Centro Bra-

O LHC EM NÚMEROS

Os feixes de partículas serão mantidos à temperatura de **-271°C**

As partículas serão aceleradas em um anel com **27 quilômetros** de extensão

Os prótons atingirão a velocidade de **1,079 bilhão de quilômetros por hora** ou 99,9999991% da velocidade da luz

A cada segundo, as partículas completarão **11.245 voltas** no anel do acelerador

Calcula-se que ocorrerão **600 milhões de colisões** por segundo

Energia da colisão será de **14 trilhões de elétrons-volt**, elevadíssima para as partículas, mas suficiente para manter um celular ligado apenas por poucos segundos

As colisões devem gerar **70 mil gigabytes** de dados por segundo

Cerca de **10 mil físicos** e engenheiros participarão dos experimentos do LHC

O orçamento do Cern foi de quase **US\$ 1 bilhão** em 2007

o físico Dílson de Jesus Damiano, da equipe de Alberto Santoro na UERJ, que desenvolve seu doutorado no Cern.

No LHC são quatro os principais detectores. Dois deles, o maior, Atlas, com 46 metros de comprimento, 25 de altura e 7 mil toneladas, e o mais pesado, o Compact Muon Solenoid (CMS), 21 metros de comprimento, 12 de altura e 12,5 mil toneladas, se encarregarão de analisar os choques entre prótons em busca de partículas ainda não encontradas do Modelo Padrão e fenômenos desconhecidos da física. Já o Alice, acrônimo de A Large Ion Collider Experiment, funcionará apenas 3 meses por ano para analisar o resultado do choque de partículas mais pesadas (núcleos do elemento químico chumbo) e verificar a existência de um quinto estado da matéria: o plasma de quarks e glúons.

Formado por dois tipos de partículas elementares – os quarks, partículas de matéria, e os glúons, partículas que carregam força –, esse plasma só deve existir a temperaturas elevadíssimas como as produzidas nos primeiros instantes após o Big Bang, a explosão que teria originado o espaço e o próprio tempo 13,7 bilhões de anos atrás. Depois de criada, essa sopa primordial de partículas teria existido por uma ínfima fração de segundo, num período que o Universo era muito quente e pequeno: sua temperatura chegava a 1 quatrilhão de graus – hoje é de -270°C – e se estendia por apenas 300 milhões de quilômetros, quase nada ante os atuais 117 sextilhões de quilômetros.

Velha conhecida - Um detector de dimensões mais modestas, o LHCb, investigará especificamente a desintegração de partículas elementares de matéria chamadas méson B em outras partículas. O objetivo é tentar compreender por que no Universo a quantidade de matéria é diferente da de antimatéria, formada por partículas de mesma massa, com cargas opostas e sentido de rotação contrário. “Os valores que outros dois experimentos, o BaBar e o Belle, já mediram não justificam a diferença observada no Universo”, explica o engenheiro eletrônico Rafael Nóbrega, que faz doutorado no Instituto Nacional de Física Nuclear de Roma e passou os últimos meses testando 15 mil *chips* e 1.400 câmaras de um siste-

ma de detecção do LHCb que registra eventos de bilionésimos de segundo.

À medida que se aproxima a inauguração do novo acelerador do Cern, uma partícula em especial ganhou as páginas de jornais e revistas do mundo todo, a ponto de já ser tratada quase como uma velha conhecida: o bóson de Higgs. Talvez até se justifique o *frisson*, embora o estardalhaço tenha incomodado a comunidade dos físicos, em especial depois que o norte-americano Leon Lederman, que recebeu o Nobel de Física de 1988, chamou-a de partícula Deus no livro *The God particle: if the Universe is the answer, what is the question?*, publicado em 2006.

Proposta pelo físico escocês Peter Higgs em 1964, essa partícula de interação, se encontrada, explicará a massa de todas as outras partículas elementares – ou por que algumas têm massa e outras não. “Os [físicos] teóricos se divertem discutindo o que seria pior: descobrir o bóson de Higgs com as propriedades previstas pelo Modelo Padrão ou descobrir que não há bóson de Higgs”, escreveu o físico inglês John Ellis, do Cern, em artigo publicado em julho de 2007 em um especial da *Nature* sobre o LHC. O primeiro caso representaria mais um sucesso dessa teoria, até o momento aprovada em todos os testes a

que foi submetida, mas não traria nada de novo para a física. Se essa partícula não existir, o Modelo Padrão estará condenado, e os físicos terão de justificar o resultado aos políticos que apoiaram o financiamento do LHC. “Seja qual for o caminho que a natureza escolher, a boa notícia é que o LHC nos dará uma resposta experimental definitiva e por fim às especulações”, afirmou Ellis.

“A física se tornará mais interessante se o bóson de Higgs não for encontrado, porque teremos de repensar tudo o que foi feito até agora”, comentou o físico brasileiro Roberto Salmeron, que vive em Paris e fala com a experiência de quem viu nascer boa parte da física moderna. Último assistente brasileiro do italiano Gleb Wataghin, que formou a primeira geração de físicos no Brasil, Salmeron foi trabalhar em 1956 no Cern, 2 anos após sua fundação. “O Prêmio Nobel Patrick Blackett, meu orientador na Universidade de Manchester, sugeriu ao Cern convidar físicos que estudavam raios cósmicos para pensar experimentos a serem feitos, quando o primeiro acelerador estivesse pronto”, disse. “No início do Cern trabalhávamos em barracas de madeira emprestadas pelo aeroporto de Genebra.”

Em vez de barracas, hoje se assentam nos arredores da cidade centenas



Na fronteira: entre Suíça e França, acima da linha tracejada



Entre montanhas: campos se misturam às instalações do Cern

RICARDO ZORZETTO

de prédios de poucos andares, que não dão o menor sinal de que abaixo da superfície pesquisadores investigam os fenômenos mais íntimos da matéria. O início do funcionamento do LHC representa a concretização de um sonho de pelo menos 3 décadas. Antes mesmo de o antigo acelerador entrar em funcionamento, os pesquisadores europeus já imaginavam substituí-lo por um equipamento maior e mais poderoso, razão por que insistiram na construção de um túnel tão extenso. A idéia ganhou força em meados da década de 1980, quando o grupo de planejamento de longo prazo do Cern – chefiado pelo italiano Carlo Rubbia, que compartilhou o Nobel de Física de 1984 pela descoberta das partículas carreadoras da força nuclear fraca (os bósons W e Z) – sugeriu que esta seria uma forma saudável de a física de partículas européia se manter competitiva diante da norte-americana. Na época os Estados Unidos pretendiam construir por conta própria o Superconducting Super Collider (SSC), um acelerador mais caro e cerca de seis vezes mais potente que o LHC. Mas o projeto foi cancelado em 1993 depois de o Congresso impor cortes ao financiamento. Os norte-americanos correram atrás de cooperações internacionais que haviam recusado anteriormente, mas não obtiveram sucesso. Era tarde demais.

O poder de convencimento de Rubbia e palestras realizadas em diversos países da Europa criaram um ambiente favorável à construção do LHC. A extinção do SSC levou especialistas norte-americanos a recomendarem ao governo dos Estados Unidos a adesão ao projeto do novo acelerador do Cern, que também recebeu apoio da Rússia, do Japão e da Índia, conta Chris Llewellyn Smith, diretor do Cern de 1994 a 1998, no especial da *Nature*.

Não foi a primeira vez que um projeto colaborativo multinacional prevaleceu sobre iniciativas individuais de países. Aliás, a união de esforços está na própria origem do Cern. Quando a Segunda Guerra Mundial terminou em 1945, a Europa estava arrasada do ponto de vista econômico e social, e alguns de seus mais importantes pesquisadores haviam migrado para os Estados Unidos. “Em uma conferência em 1949 em Lausanne, Suíça, o Prêmio Nobel de Física francês Louis de Broglie propôs a criação de laboratórios compartilhados pelos países europeus para reerguer a atividade científica no continente”, conta Salmeron.

Outros dois físicos, o francês Pierre Auger e o italiano Edoardo Amaldi, gostaram da idéia e batalharam pela criação de um laboratório de física de partículas. “Amaldi, que tinha uma rara visão global da ciência e do seu impac-

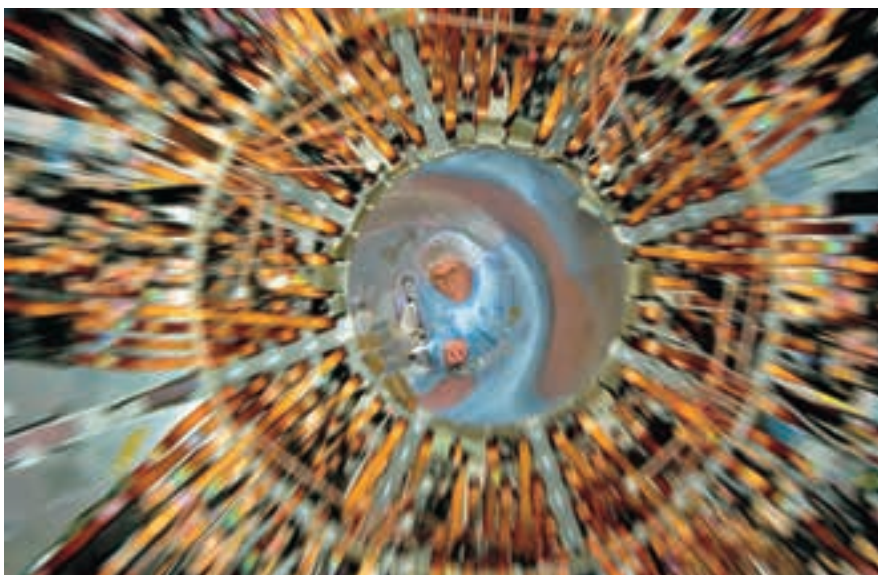
to na sociedade, sugeriu a filosofia de comportamento do Cern, seguida desde a origem: um laboratório aberto a todos os países, sem atividade secreta nem influência militar”, disse Salmeron, cuja atuação nos últimos anos tem sido fundamental para a participação dos brasileiros no LHC.

Instabilidade - Com prestígio no país e no exterior, Salmeron coordenou anos atrás as negociações entre o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que resultaram em um orçamento de US\$ 1 milhão (cerca de R\$ 2 milhões) por ano durante 5 anos – a última parcela deve ser paga em julho deste ano. “Foi concedido apenas R\$ 1,8 milhão, suficiente para pagar passagens, estadia e anuidades, mas não para produzir equipamentos”, comentou Salmeron, inconformado com o fato de o Brasil ter perdido para o Paquistão a chance de fabricar componentes de um eletroímã do Cern. Segundo Salmeron, a participação brasileira só não é comprometida por causa da boa vontade de grupos amigos no exterior, que financiam os brasileiros.

Ele não é o único a se queixar da falta de apoio consistente e constante do governo federal à física de partículas. Coordenadores das equipes brasileiras no Cern afirmaram que a falta de planejamento nacional de longo prazo gera uma instabilidade prejudicial à área. “Tudo funciona à base de pedidos de financiamento individuais”, diz Jun Takahashi, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que trabalha no detector Alice. “Num experimento desse porte, não pode haver incerteza.”

Fernando Marroquim de Almeida, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), comenta: “Há quase 20 anos trabalho no detector Atlas e todo ano tenho de ir ao CNPq pedir dinheiro e explicar o que faço. Pelo visto, o governo não quer comprometimento de longo prazo. A direção do Cern cobra do Brasil um memorando de entendimento, já assinado por países menores e mais pobres, como o Marrocos, o Chile, o Arzerbaijão e a Polônia”.

“Há anos temos um acordo de colaboração, que precisa ser renovado oportunamente (o último convênio de coo-



FOTOS CERN



No caminho das partículas: especialistas realizam ajustes nos equipamentos dos dois maiores detectores, o Atlas e o CMS, no centro

peração foi assinado em 2006)”, afirma José Roberto Drugowich de Felício, diretor de programas horizontais do CNPq. A agência mantém duas linhas de apoio: uma relacionada às taxas de manutenção e operação e outra para cobrir gastos com a construção de equipamentos. “De 1999 a 2004 o CNPq pagou R\$ 1,2 milhão para a construção de um equipamento para o detector Atlas”, conta. “Além disso, temos apoiado os grupos de pesquisa com bolsas de doutorado sanduíche com duração de 2 anos, em vez de 1, como o normal.”

A ausência de planejamento em nível nacional também pode comprometer o impacto do trabalho brasileiro nesse projeto, afirma a física Renata Funchal, da Universidade de São Paulo (USP), que anos atrás participou de uma equipe francesa que trabalhava no antigo acelerador do Cern. “A comunidade brasileira é pequena e se pulverizou nos quatro experimentos do LHC, enquanto, nesses programas grandes, os Estados Unidos e os países da Europa mantêm uma política agressiva e direcional, focando a participação em um ou outro experimento”, comenta Renata.

Ainda assim o país atua de modo efetivo no projeto Cern. Na UFRJ, a equipe de Marroquim desenvolveu *chips* que foram produzidos e testados por duas empresas paulistas e estão instalados no detector Atlas.

Também no Rio e em São Paulo os grupos de Alberto Santoro, da UERJ, Alejandro Szanto Toledo e Marcelo Munhoz, da USP, e Sergio Novaes, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), implantaram no país um complexo computacional que equivale a mil computadores trabalhando em rede, ligados entre si e ao Cern por conexões ultra-rápidas de internet. “Assim, o dinheiro investido e o conhecimento gerado ficam no Brasil e contribuímos de forma efetiva para analisar os dados do Cern”, afirma Novaes.

Não são apenas partículas e possivelmente física desconhecida que devem surgir nos arredores de Genebra. “Há um ganho importante, difícil de medir, que é o educacional, obtido só nesse tipo de colaboração”, afirma Takahashi. “Meus alunos trabalham em cooperação com mil pessoas de forma produtiva, aprendem programação em linguagem avançada e depois vão para empresas nacionais.” ■