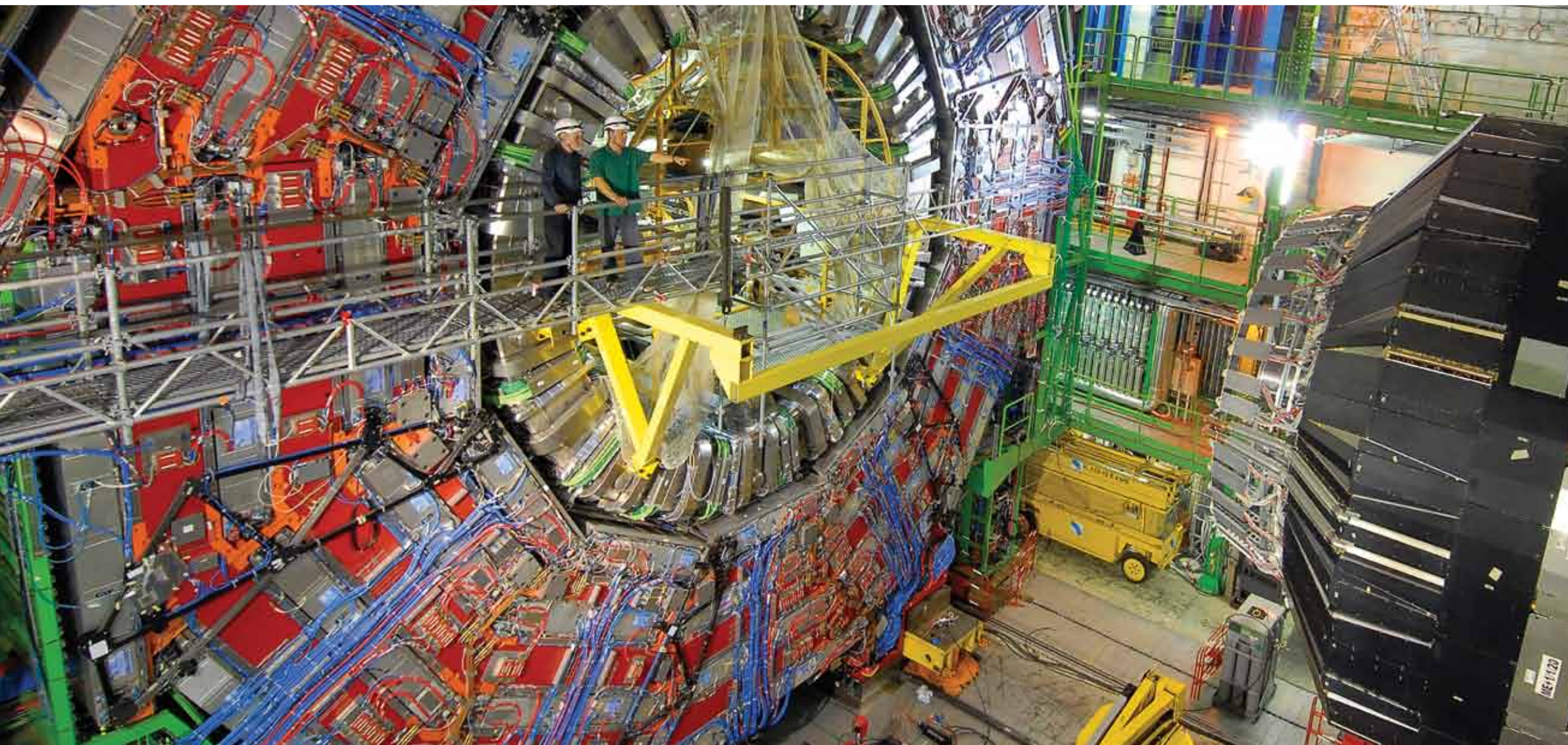


O despertar do gigante



O **acelerador** de partículas **LHC** começa a acumular dados suficientes para **testar** teorias físicas exóticas em 2012, enquanto tenta **confirmar** de vez a existência (ou não) do **boson de Higgs**.

Rafael Garcia, DE GENEBRA
unespciencia@unesp.br

O ano de 2011 terminou com sabor de anticlimax no Cern, o laboratório de física que abriga o acelerador de partículas gigante LHC (Grande Colisor de Hádrons), na fronteira da Suíça com a França. Em dezembro, quando todos esperavam o anúncio da detecção do bóson de Higgs, a partícula que explica por que a matéria possui massa, não houve lugar para euforia. Nem para decepção. O que se apresentou foram dados sugerindo uma "pista" da existência dessa entidade, que oficialmente ainda está restrita ao reino da teoria. A resposta final deve sair só em meados deste ano, mas 2012 também promete trazer a hora da verdade para outras ideias da Física.

Foto: Michael Hoch / CERN - CMS Collection

“Escolhi a hora certa para vir para cá”, comenta Rogério Rosenfeld, do Instituto de Física Teórica (IFT) da Unesp em São Paulo e pesquisador visitante no Cern. O cientista, que deve passar a maior parte do ano na sede do laboratório em Genebra, se diz animado. Para os próximos meses há a expectativa de que algumas propostas levantadas por trabalhos teóricos nos últimos 40 anos finalmente sejam encaminhadas – para a glória ou o fracasso.

Evidências ou contraevidências devem começar a se acumular para teorias propondo coisas como a existência de dimensões extras no espaço ou a explicação para a misteriosa matéria escura, que possui gravidade, mas interage só fracamente com os átomos ordinários.

Enquanto um grupo de pesquisadores e engenheiros continua ocupado em manter o acelerador de partículas ligado e produzindo choques entre prótons num túnel circular de 27 km de circunferência, outros cientistas quebram a cabeça para entender os dados produzidos. Nas salas, corredores, auditórios e em todos os cantos do Cern, discutem como interpretar as cascatas de

partículas produzidas no experimento, que registrou cerca de 350 trilhões de colisões. “Isso foi acima de qualquer expectativa”, diz Rosenfeld, que se dedica a tentar entender como a existência de dimensões extras poderia se manifestar dentro do LHC.

Nova simetria

Com tantos dados nas mãos, não falta assunto para aqueles responsáveis por analisar os experimentos e para os encarregados de interpretá-los. Um dos espaços de discussão preferidos é o restaurante do Cern, de onde é possível observar os Alpes franceses. Acostumados à paisagem, porém, físicos ignoram a presença do belo Mont Blanc ao fundo quando discutem coisas como o Higgs ou a supersimetria – a teoria cujo nome é o segundo mais pronunciado no laboratório.

Apelidada de *susy*, a supersimetria prevê que o Modelo Padrão, a teoria vigente que descreve todas as partículas elementares conhecidas, dá conta de apenas metade do cenário. Os quarks e os elétrons que compõem os átomos teriam cada um uma “parceira” mais pesada a ser encontrada.

Sua única outra diferença seria um valor diferente de “spin”, propriedade similar à rotação. A simetria valeria também para os fótons, a unidade quântica fundamental da luz, e para outras partículas elementares mais raras, o que dobraria o número delas todas.

Se de fato existem, é possível que as partículas supersimétricas já estejam surgindo das colisões de prótons no túnel do LHC. O problema é que não é fácil identificá-las. Suas massas seriam muito grandes, da ordem de centenas de gigaelétron-volts (GeV), portanto mais difíceis de “agarrar”. (Como comparação, 1 GeV é equivalente à massa de um próton ou à do núcleo de um átomo de hidrogênio.)

Partículas de massa muito grande em geral são as mais instáveis e acabam se dividindo em outras mais leves – um “decaimento”, no jargão físico – antes de chegarem aos detectores. É preciso analisar o padrão com que esses componentes de massa menor vão se espalhando para saber se eles se originaram de partículas elementares mais raras ou não.

Esse tipo de detecção indireta, porém,

terem massas tão diferentes? E por que algumas partículas, como o fóton, têm massa zero? O bóson de Higgs, concebido na década de 1960 em teoria do físico escocês Peter Higgs, pode ser a explicação para esse fenômeno.

Higgs tem uma natureza muito diferente da dos outros bósons, mas, assim como os demais, ele é uma partícula responsável por transmitir uma força. O fóton, por exemplo, é o bóson da força eletromagnética. O glúon transmite a força nuclear forte, que une os quarks dentro dos núcleos dos átomos.

O bóson de Higgs, se existir, é aquele que confere massa à outra partícula quando interage com ela. Algumas partículas são mais pesadas que outras simplesmente porque interagiriam de maneira mais intensa com o campo gerado pelo Higgs, um campo onipresente.

A esperança dos físicos é que a partícula, por enquanto prevista apenas em teoria, exista de fato e seja detectada pelo LHC. Caso não exista, será preciso fazer ajustes.

“Mas mesmo que Higgs não exista, é preciso existir algo que cumpra seu papel”, diz Luis Alvarez-Gaumé, da divisão de teoria do Cern. “Pode ser que ele não seja uma partícula elementar, mas algo composto de mais de uma partícula.”

O bóson onipresente

A maioria dos físicos detesta o apelido que Leon Lederman, ganhador do prêmio Nobel de Física de 1988, deu ao bóson de Higgs: a partícula de Deus. O nome, temem, pode dar a entender que o objetivo da física de partículas é confirmar a existência de uma força divina. Mas não se trata disso.

Lederman, em seu livro *The God Particle*, quis apenas usar uma metáfora para mostrar que a descoberta do bóson de Higgs colocaria um pouco de ordem no caos deixado pelo Modelo Padrão, a teoria vigente da física de partículas. Um problema é que, apesar de classificar as partículas de maneira extremamente coerente, o modelo em seu estado atual é incapaz de explicar por que diferentes partículas possuem massas tão radicalmente distintas.

Tomem-se as massas delas medidas em eV (elétron-volts). Existem seis tipos de quarks conhecidos, e suas massas variam de 2,4 milhões de eV até 171 bilhões de eV. Um próton possui 1 bilhão de eV, e o elétron apenas 500 mil eV. Os neutrinos, partículas emitidas pelo Sol que atravessam a matéria como fantasmas, têm menos de 3 eV em suas versões mais leves.

Qual a razão para os componentes fundamentais do Universo



PARTÍCULAS ACELERADAS
Segmento do túnel circular de 27 km, localizado cem metros abaixo da terra



ACÚMULO DE DADOS
Sala de controles do Cern, de onde físicos comandam o LHC, produzindo choques entre prótons; neste caso, a dupla está trabalhando com íons de chumbo

implica que o decaimento de uma certa partícula precisa ser identificado em meio ao ruído de inúmeras outras sendo produzidas no experimento. Não basta aos físicos sentar na sala de controle do LHC e esperar que um dia uma partícula supersimétrica apareça num detector. É preciso que, em cada caso, algumas dezenas de físicos analisem as informações até acharem um evento suspeito e confirmarem que não é produto do acaso.

De certa forma, é como rolar um dado para saber se ele está viciado. É possível que uma pessoa obtenha o número seis duas vezes seguidas, por pura sorte. Mas se o dado continuar saindo com a face seis virada para cima depois de ser rolado mais vinte vezes, é quase certo que há algo estranho com essa peça.

Conexão Higgs

Se puder ser confirmada a existência do bóson de Higgs ainda neste ano, o achado também poderá ser útil para a averiguação da teoria de supersimetria. Isso porque físicos já praticamente descartaram a possibilidade de que a suposta partícula tenha uma massa menor do que 116 GeV ou maior do que 127 GeV. Esse resultado preliminar deixa os físicos entusiasmados, pois é indício de uma interessante ligação entre as teorias de supersimetria e o próprio bóson de Higgs.

“Achar o Higgs bem nesse intervalo seria a confirmação de uma previsão que originalmente saiu de teorias de supersimetria”, afirma James Wells, da divisão de teoria do Cern. Segundo ele, a existência do Higgs prevista apenas conforme o Modelo Padrão não impõe nenhuma restrição ao valor da massa da partícula, e é a supersimetria quem tenta prever esse valor. Wells reconhece, porém, que não basta achar o Higgs: é preciso que uma partícula supersimétrica seja efetivamente vista para confirmar esta teoria.

“As pessoas até esperavam que uma partícula supersimétrica fosse a primeira a ser descoberta no LHC, mas isso não aconteceu”, conta Rosenfeld. Para ele, o fato de o Higgs provavelmente estar nesse intervalo de massa relativamente baixo é uma boa

notícia para os adeptos da supersimetria. “Se fosse encontrado um Higgs maior que 140 GeV, quase todos os modelos teóricos supersimétricos estariam excluídos.”

O suspiro de alívio se dá porque a maioria das formulações possíveis para a teoria da supersimetria prevê que a massa do Higgs esteja nessa região. É difícil criar uma teoria coerente onde o Higgs seja pesado demais. “Todas as massas para o Higgs acima de 500 GeV, que o LHC ainda não descartou, na verdade são totalmente irrelevantes para mim”, diz Wells, que desenvolve modelos teóricos de supersimetria.

A notícia também deixou entusiasmados os físicos experimentais, pois uma massa do Higgs relativamente baixa significa que o LHC terá força para produzir algumas das partículas supersimétricas mais leves, caso elas existam. É possível que as mais pesadas sejam difíceis demais de alcançar.

Evidências ou contraevidências devem começar a se acumular para teorias propondo coisas como supersimetria ou a misteriosa matéria escura, que representa três quartos da massa do Universo, mas cuja natureza é desconhecida

Matéria escura

Mesmo que seja possível encontrar apenas uma partícula supersimétrica, físicos já teriam motivo para entusiasmo em outra seara: esse objeto ainda desconhecido pode vir a ser aquilo que os astrônomos chamam de “matéria escura”, uma entidade que representa três quartos da massa contida em todo o Universo, mas cuja natureza é ainda desconhecida.

Contudo, como essa partícula supersi-

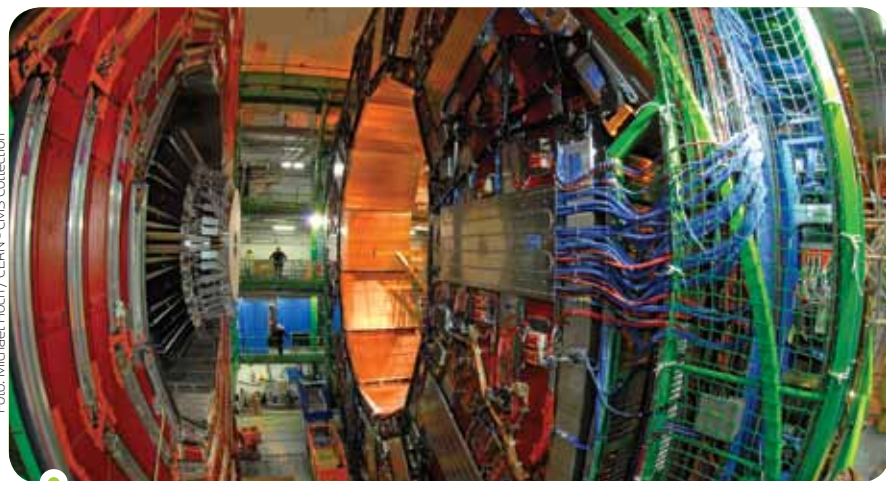
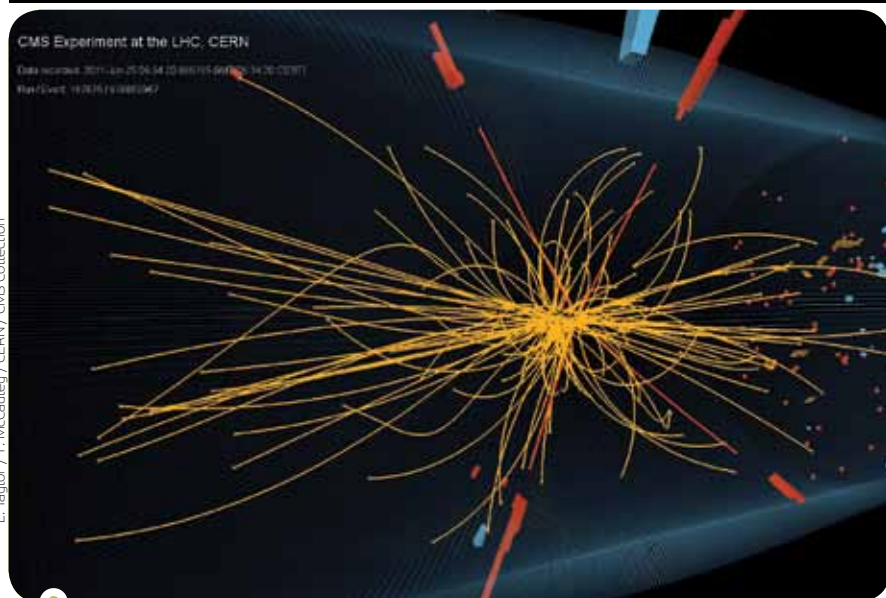


Foto: Michael Hochy / CERN - CMS Collection

FENÔMENOS VISÍVEIS

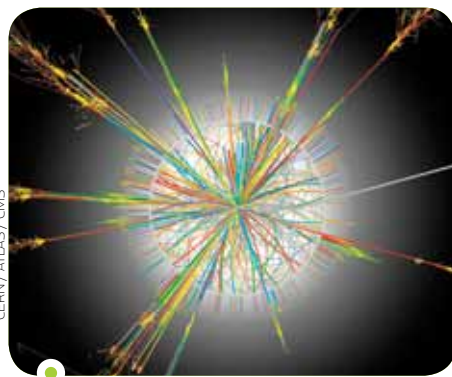
No CMS, um dos quatro detectores de partículas do LHC, pesquisadores notaram a formação de "cordilheiras" (*ridge*) nas colisões de prótons



L. Taylor / T. McCauley / CERN / CMS Collection

SERÁ HIGGS?

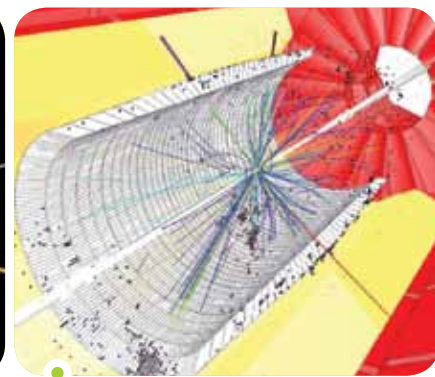
Trajetórias de partículas no detector CMS mostram evento em que pode ter sido criado o tão desejado bóson que pode conferir massa às demais partículas



CERN / ATLAS / CMS

MINI BURACO NEGRO

Fenômeno é um dos eventos de física exótica que cientistas esperam ver

**SUPERSIMETRIA**

Outra expectativa é que as colisões gerem partículas simétricas

métrica não deve interagir com as outras por meio de nenhuma força, à exceção da gravitação, o único meio de encontrá-la no LHC seria na verdade detectar sua ausência. Quando ocorre uma colisão com uma certa energia, as partículas que surgem dali precisam ter a mesma energia, quando somadas. Se a conta não fecha, é porque partículas incapazes de interagir com matéria comum estão fugindo dos detectores do LHC.

Se uma lacuna como essa for verificada, físicos terão de começar a fazer análises para saber se a culpada pelo sumiço energético é mesmo a partícula supersimétrica mais leve.

Dimensões extras

À medida que o acelerador de partículas for acumulando mais dados, será possível testar também previsões sobre ideias mais ousadas. Uma que atrai bastante a curiosidade dos físicos é a hipótese de o espaço possuir mais do que três dimensões. Diversas teorias diferentes já incorporaram a proposta, e algumas delas têm previsões que podem ser testadas no LHC.

"Nós não podemos explorar diretamente a existência ou não de dimensões extras, mas podemos tentar enxergar consequências que sejam visíveis no mundo de três dimensões espaciais em que vivemos", afirma Sérgio Novaes, do IFT, que também trabalha em colaboração com o Cern.

Imaginar um espaço com mais um parâmetro além de altura, largura e profundidade não é um exercício mental fácil, mas é possível fazer isso com uso de matemática. Pesquisadores acreditam que uma dimensão extra pode não ser infinita, apontando para todos os lados, como as outras, mas "encurvada sobre si própria", fechando um ciclo.

"Grande parte da fenomenologia da dimensão extra depende do tamanho dela. Se essa dimensão for muito, muito pequena, não vamos ver nada", explica Rosenfeld. "Mas temos esperança de que não seja assim." Ele e outros físicos procuram postular características do "radion", nome dado a uma partícula hipotética que pode surgir no detector, caso existam mais dimensões no espaço.

Cordilheira de partículas

Em meio a tantas teorias que tentam antecipar aquilo que o LHC vai ver ou vai deixar de ver, físicos experimentais sentem certo alívio em ver que agora eles é que estão na mira dos holofotes, e não tanto os teóricos. Um dos motivos para se construir uma máquina que opera num nível de energia jamais alcançado, afinal, foi criar a oportunidade para que fenômenos não previstos também possam ser observados.

Isso já começou a ocorrer, de certa forma, no CMS, um dos quatro grandes detectores de partículas do LHC. Físicos, trabalhando no experimento, descobriram que as colisões de prótons mais violentas são capazes de criar uma absoluta bagunça no espalhamento de partículas, algo que lembra um fluido chamado "plasma de quarks-glúons", similar ao material ultraquente que existia nos primeiros instantes de vida do Universo, logo após o Big Bang.

Esse tipo de fluido já havia sido visto em experimentos que colidem núcleos de átomos grandes, como ouro, mas ninguém suspeitava que choques envolvendo apenas prótons, objetos de massa muito menor, produzissem esse tipo de estrutura. O fe-

nômeno observado no CMS foi apelidado de ridge (cordilheira) por causa do formato que adquire quando representado em um gráfico. Se ele não for um plasma de quarks-glúons, porém, físicos ainda não sabem dizer o que é.

"Assim que o ridge foi observado, físicos teóricos e experimentais organizaram um encontro para discutir do que se tratava", conta Sandra Padula, do IFT, que participa dos trabalhos no CMS. "Foram feitos inúmeros testes na tentativa de descartar o efeito, inúmeros, mas não adiantou. É um fenômeno que está aí."

Janela para o inesperado

A ausência de explicação para coisas como o ridge, porém, não é vista como mau sinal. Inconsistências são janelas que se abrem para que as teorias físicas avancem e se tornem mais abrangentes. Por isso, eventos classificados como "física exótica" ou "além do Modelo Padrão" são mais do que bem-vindos no LHC.

Luis Alvarez-Gaumé, por exemplo, ex-diretor da divisão de teoria do Cern, estuda a possibilidade de que miniburacos negros surjam a partir de colisões de prótons. O

físico espanhol, exibindo um mau humor irreverente, desdenha de previsões de teóricos da supersimetria e diz que detesta ver especulações baseadas em teorias com muitos parâmetros abertos, que sempre podem ser ajustadas caso não se encaixem nos resultados dos experimentos. "Isso é um sinal de exaustão", diz. "Nós estamos cansados de fazer teorias."

Segundo ele, a física foi, de certa maneira, vítima do sucesso do Modelo Padrão, que encontrou comprovação para praticamente tudo aquilo que previu. Os experimentos acabavam ficando em segundo plano nas notícias, tratados apenas como confirmações de descobertas plasmadas nas cabeças dos teóricos.

Por enquanto, tudo o que o LHC viu está de acordo as teorias vigentes, mas a esperança é que essa ordem se inverta o mais cedo possível. "Se encontraremos alguma discrepância, talvez surja algo que realmente seja uma novidade", diz o cientista.

Seja do ponto de vista dos mais céticos ou daqueles que esperam comprovar suas teorias, à medida que o acelerador de partículas gigante acumula dados as possibilidades para avanço devem surgir. **Uc**

LHC, da decepção à glória

A entrada em operação do acelerador de partículas LHC, o maior experimento de física da história, foi conturbada. Inaugurado em 2008 após cerca de US\$ 10 bilhões serem gastos, funcionou por apenas dez dias antes de um problema estrutural destruir parte de seu túnel. Quando a máquina foi religada a meia potência, depois de ter ficado um ano em reparos, pouca gente ainda acreditava que seria possível produzir dados no ritmo previsto.

Instalado num túnel circular de 27 km, a cem metros de profundidade, o acelerador deveria produzir colisões entre prótons (núcleos de átomos de hidrogênio) para que outras engenhocas monstruosas – os detectores – os estudassem. O maior deles, o Atlas, precisou ser montado numa caverna subterrânea maior que a catedral de Notre Dame. O mais pesado, o CMS, abriga mais metal do que o usado na Torre Eiffel.

Quem duvidou que os físicos e engenheiros pudessem domar um sistema tão grande e complexo, porém, apostou errado. Após operar de maneira cautelosa nos primeiros meses, o acelerador passou a obter um desempenho acima das expectativas.

Em outubro de 2010, engenheiros sentiram-se confiantes o suficiente para aumentar a quantidade de prótons que eram injetados dentro do LHC, para produzir muito mais colisões.

Na ocasião, o diretor-geral do Cern, Rolf Heuer, adotou um discurso que muitos achavam até otimista demais. A meta era que os dois grandes detectores conseguissem registrar, depois de mais um ano, 70 trilhões de colisões entre prótons, cada uma espalhando uma infinidade de partículas em diferentes direções. O ano de 2011, porém, foi excepcional. Engenheiros conseguiram estabilizar a rodagem do acelerador logo nos primeiros meses e, no final do ano, Atlas e CMS já tinham dados de 350 trilhões de colisões, pouco antes de serem desligados por causa do inverno. A atividade recomeça no final de março.

Apesar do sucesso no acúmulo de dados, a energia de cada colisão no LHC ainda é de 7 trilhões de elétrons-volt, metade da potência prevista. A direção do Cern planeja deixar o acelerador funcionar até o final deste ano e depois fechá-lo para aprimoramentos. Em 2014, os experimentos tentarão registrar as primeiras colisões a 14 trilhões de elétrons-volt, mais uma vez entrando em território inexplorado.