



e-Boletim de Física

International Centre for Condensed Matter Physics
Instituto de Física, Universidade de Brasília

Ano II, fevereiro de 2013 www.boletimdafisica.com eBFIS 2, 002 (2013)

O Experimento na balança: lições de alguns eventos de 2012

Amilcar R. Queiroz

*International Centre for Condensed Matter Physics, Instituto de Física,
Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília, Brazil; e-mail amilcarq@gmail.com*

O ano de 2012 foi particularmente importante para a física, devido aos avanços e descobertas na física experimental. Uma avaliação é aqui apresentada, considerando sucessos e insucessos.

I. INTRODUÇÃO

Três fatos científicos associados à física de altas energias foram intensamente divulgados e discutidos ao longo de 2012: a) o vexame do experimento Opera; b) a descoberta de uma nova partícula pelo LHC, provavelmente o bóson de Higgs; c) a observação de uma linha espectral por volta de 130GeV, em meio aos dados coletados pelo telescópio Fermi desde 2008, e sua possível relação com matéria escura. Esses fatos merecem o esforço de uma análise crítica para tirarmos algumas lições. Acredito que algumas dessas lições podem servir para o nosso cotidiano de professores e pesquisadores.

II. O VEXAME DO EXPERIMENTO OPERA

Em setembro de 2011, os responsáveis pelo experimento Opera anunciaram que haviam detectado neutrinos em velocidade superluminal. Após o espanto inicial, o resultado divulgado com tanto alarde mostrou-se no final apenas precipitado, causando abalos na reputação e na vida profissional dos envolvidos. O Opera é um detector de neutrinos localizado nas montanhas Gran Sasso na Itália. O experimento em questão consiste em receber feixes de neutrinos com energia da ordem de 17GeV produzidos no CERN, em Genebra, na Suíça. O objetivo principal é estudar as oscilações de neutrinos muônicos em neutrinos tauônicos. O Opera anunciou, em forma de um artigo publicado no arXiv, que havia observado, com a certeza de seis sigmas, neutrinos viajando à velocidade superior à da luz no vácuo. Se esse fato fosse confirmado por outros experimentos, seria necessário repensar o escopo de validade da física do século XX, para adequar esse resultado com as centenas de outros resultados compatíveis com os princípios da relatividade especial. A grande maioria dos físicos manteve-

se cética: declarações fortes exigem evidências fortes. Alguns, no entanto puseram-se a pensar no significado profundo do resultado. Nenhum físico sério considerou a possibilidade de descartar a relatividade especial, comprovada em centenas de outros experimentos. Para quem acompanhou de perto o burburinho, posso garantir que ideias divertidas e imaginativas surgiram e foram bem escrutinizadas na tentativa de adequar o resultado do Opera com os nossos mais que testados princípios da física moderna. Enquanto isso, no próprio Gran Sasso, um outro experimento chamado ICARUS contradizia o resultado do Opera, obtendo uma medida de velocidade dos neutrinos compatível com os princípios da relatividade especial. O resultado dessas medidas pode ser lido em <http://arxiv.org/abs/1203.3433>. Meses depois, o próprio Opera revelou as fontes de erros: o mau contato no cabo de fibra ótica ligando o sistema de GPS ao relógio principal, e a má calibração de um dos relógios auxiliares. Foi o fim da comédia de erros dessa ópera, mantendo-se intactos, mais uma vez, os princípios da relatividade especial. De todo modo, se estivesse correto o resultado do Opera, esses princípios teriam de ser apenas readequados como foram readequadas as leis de Newton após o entendimento das equações de Maxwell.

III. DESCOBERTA DO HIGGS

No início de julho de 2012, os porta-vozes dos experimentos ATLAS e CMS do LHC fizeram o anúncio conjunto da descoberta de uma nova partícula bosônica com massa de 125GeV. Se essa partícula for de fato o bóson de Higgs, teremos o coroamento de uma maneira de olhar a natureza em termos de simetrias e física quântica. Esse modo de ver tem por melhor produto o modelo padrão de partículas. Ressalte-se que foi Einstein quem popularizou esse jeito de pensar, a partir de

seu trabalho da relatividade especial. Não é de estranhar, pois, que as principais simetrias do modelo padrão sejam as simetrias da relatividade especial. Deve-se colocar em perspectiva a impressionante dificuldade na busca desse bóson bastante evasivo. As décadas que se passaram desde a proposta inicial do modelo padrão até o advento do LHC exigiram o desenvolvimento de uma parte considerável de alta tecnologia. Em particular, e talvez pouco sabido, uma das tecnologias merecedoras de registro é o conjunto das sofisticadas técnicas estatísticas envolvidos na busca dessa agulha proverbial (o bóson de Higgs) no palheiro (a hiperbólica quantidade de dados coletados).

IV. A LINHA ESPECTRAL DE 130 GEV DO FERMI

Em 2008, o telescópio espacial Fermi foi posto em órbita. Seu objetivo é fazer a varredura do céu no espectro de raios gama. Sua vantagem é a enorme área de seu detector, que aumenta bastante a sensibilidade para eventos raros que emitem raios gama. Em abril de 2012, um artigo publicado pelo físico alemão C. Weniger (<http://arxiv.org/abs/1204.2797>) causou grande euforia e equivalente ceticismo entre os físicos interessados na detecção de matéria escura. Ele fez uma análise estatística considerada pouco ortodoxa e muito complexa dos dados experimentais do Fermi – que são públicos – correspondentes a raios gama vindos do centro de nossa galáxia. A euforia deveu-se à obtenção, no jargão, de um *bump* de 4,6 sigmas sobre background na região de 130GeV, indicando a existência de uma linha espectral monocromática próxima a esse nível de energia. Por outro lado, essa linha espectral inusitada possui explicações apenas em modelos de teorias quânticas de campo que envolvem matéria escura. Em princípio, quase nenhum outro tipo de fenômeno astrofísico seria capaz de produzir essa linha espectral. Até novembro, inúmeros outros estudos estatísticos, com diferentes técnicas e graus de sofisticação, conseguiram reproduzir o achado de C. Weniger. Até agora o número de citações desse trabalho em <http://inspirehep.net> é da ordem de 100. No início de novembro, a própria colaboração do Fermi corroborou a existência de uma linha espectral por volta de 130GeV com X sigmas. No entanto, alertou-se para a possibilidade de reações de raios cósmicos com a alta atmosfera terrestre serem uma possível fonte para essa linha espectral nos dados coletados. A colaboração do Fermi tem feito análises abrangentes para verificar possíveis existências de erros sistemáticos. Ninguém mais quer correr o risco de um novo Opera. Os resultados obtidos até agora não indicam a existência de erros sistemáticos. Em resumo, há algo de estranho nos dados do Fermi, o que tem exigido técnicas sofisticadas para a sua revelação. A busca de linhas monocromáticas nos dados desse telescópio

também é do tipo agulha no palheiro.

V. ALGUMAS LIÇÕES

1) Há um aparecimento cada vez maior de colaborações internacionais de grande porte para realizar descobertas científicas difíceis, embora haja um paralelo com a descoberta da lei da gravitação universal desde, digamos, Tycho Brahe, passando por Kepler até a síntese de Newton. Atualmente, processos e dados são analisados de várias formas independentes, em tempo real, por distintos grupos ao redor do mundo. O gerenciamento da publicação dos resultados, além da impressionante logística organizacional, passam a ser parte portanto do repertório de vários físicos. 2) Um aspecto inerente ao nosso trabalho, às vezes pouco enfatizado, é que em ciência devemos correr riscos. Temos de “dar a cara a tapa”. Em geral, celebram-se romanticamente os pesquisadores que arriscaram a vida por uma descoberta. Mas uma lição a ser melhor apreendida é a do risco imaginativo. É o que penso do trabalho audacioso de C. Weniger, que usou uma técnica muito sofisticada e pouco conhecida de análise estatística, para encontrar uma – até o momento bendita – linha espectral. Esse risco não tem nada a ver, obviamente, com a leviandade do pessoal do Opera, que divulgou uma análise incompleta com a pretensão de promover uma revolução na física. Não fizeram uma verificação exaustiva preliminar antes da divulgação do resultado, tendo feito uma aposta obviamente muito alta contra princípios físicos bem estabelecidos em centenas de outros experimentos. Enfrentar o status quo requer evidências muito fortes e sobretudo tempo de maturação. 3) Em minha narrativa há um fio condutor. É a ideia de estatística, ou melhor, de inferência ou análise estatística. Uma noção, aliás, ao que me parece pouco ensinada, bem diversa das noções principais da mecânica estatística, que podem ser resumidas em termos de teoria das probabilidades. Nos três experimentos mencionados acima, além de inúmeros outros trabalhos teóricos, pode-se perceber um constante aumento da utilização de técnicas de inferência estatística. Termos como verossimilhança (likelihood), p-value, looking-elsewhere-effect, teorema de Bayes, prior e posterior, intervalos e níveis de confiança, estatística de eventos raros, tudo isso tem se tornado jargão comum não só para os físicos experimentais, mas também para os teóricos. Mesmo os físicos teóricos mais recalcitrantes, como os de teoria quântica de campos, têm se familiarizado e empregado muitas dessas ferramentas em seus trabalhos. Recomendo o seguinte texto do PDG (Particle Data Group): <http://pdg.lbl.gov/2010/reviews/rpp2010-rev-statistics.pdf>. Acredito que esse é um conjunto de ferramentas que impacta a nossa vida de cidadãos. Se nós e os estudantes queremos participar melhor dos

inúmeros debates ao longo de nossas vidas, creio ser impossível não saber o mínimo de inferência estatística. Qualquer discussão minimamente séria sobre o aquecimento global, por exemplo, exige o conhecimento de ferramentas como por exemplo o teste de hipótese nula. Há inúmeros outros exemplos exigindo algum conhecimento de inferência estatística: índices de produtividade (e.g. índice H), índices de avaliação social (e.g., GINI, IDEB, IDH).

Gostaria de concluir com uma proposta e uma mensagem. Deveríamos pensar seriamente em adicionar a análise estatística ao *minimum minimorum* da Física – Mecânica Clássica, Teoria Quântica, Teoria Electromagnética e Física Estatística. Podemos, é claro, duvidar dos robustos princípios físicos que, no entanto, deve se registrar, não são dogmas de fé. Mas quando

imaginamos maneiras de invalidar algum desses princípios, devemos submeter nossa imaginação a uma perspectiva racional. Após alguns séculos de centenas de distintos experimentos e análises estatísticas, ainda que não tenhamos um nível de confiança infinito, temos razoáveis 99% de nível de confiança nos princípios físicos que usamos para modelar o mundo. Seria necessário mais que um punhado de resultados experimentais negativos para diminuir significativamente tamanha confiança. Não é à toa a nossa arrogância de físicos.

eBFIS **2**, 002-3 (2013)