

25 anos de LHC no CERN e em Portugal

Ricardo Gonalo

Passaram 25 anos sobre a proposta oficial do grande acelerador de partículas do CERN [1,2], o Large Hadron Collider ou LHC. Foram 25 anos de investigao de ponta em física de partículas no CERN e também em Portugal.

Numa manhã gelada de maro de 1992, iniciava-se uma conferência na pequena cidade francesa de  vian, nas margens do lago L man, famosa apenas pela sua água termal. Na verdade não sei, não estava lá, mas imagino assim aquela manhã de maro, um mês de frio intenso, naquele largo vale glaciado entre as montanhas dos Jura e o início dos Alpes Su cos. A conferência saiu da organizao conjunta do Laboratório Europeu de Física de Partículas, o CERN, e da Comissão Europeia para Futuros Aceleradores, ECFA. O principal objectivo era a discussão das experiências a planear para o grande colisionador de protões, cujo futuro ainda longínquo se comeava a definir. O LHC era até recentemente apenas o projeto de uma máquina fabulosa, que permitiria explorar a o mundo subatômico muito para além das fronteiras da altura. Mas as dificuldades eram estonteantes: não existiam ímanes capazes de domar feixes de protões com as energias pretendidas, nem detectores de partículas capazes de funcionar com a taxa de colisões esperada, e os custos previstos eram enormes.

Desde a década de 1970 que as teorias do Modelo Padrão da física de partículas se tinha vindo a afirmar. A descoberta de partículas como os meses J/Ψ confirmaram o modelo dos quarks, constituintes últimos das partículas observadas nas experiências. Indícios dos bosões W e Z que transmitem a fora nuclear fraca foram vistos em 1973 e os próprios bosões foram claramente identificados em 1983. Na década de 1990 as grandes questões da física de partículas tinham entretanto mudado de tom: em vez de uma busca impulsionada por descobertas experimentais frequentes que aumentavam a nossa perplexidade, tratava-se de compreender os limites das teorias do Modelo Padrão, e do que lhes poderia estar subjacente. Qual é a origem da massa de partículas elementares? Qual é a razão para termos uma aparente repetio de partículas fundamentais, com três famílias de quarks aparentemente idênticas para além da sua massa? Porque razão a gravitao   tão diferente das outras interaes conhecidas? De onde vem a dominância de matéria sobre antimatéria no universo (o Big Bang deveria ter criado iguais quantidades)? O mecanismo de Higgs e a existência de uma teoria supersimétrica, subjacente e mais fundamental que o Modelo Padrão,

pareciam fazer parte de algumas das respostas procuradas. Respostas que poderiam ser provadas através da descoberta de novas partículas: bosões de Higgs ou partículas supersimétricas.

Mas para isso era necessário ir para além dos limites das experiências de então...

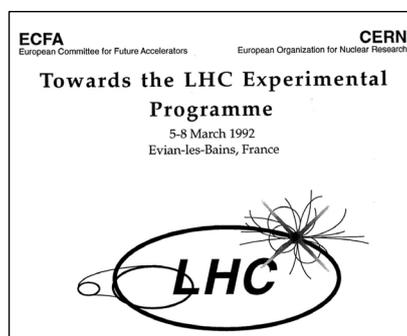
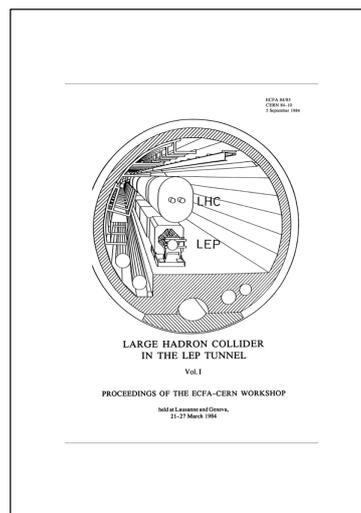
Durante a conferência de  vian foram discutidas 12 ideias de experiências para o LHC, cobrindo desde a física dos quarks pesados até às colisões entre iões de chumbo, passando por experiências de âmbito geral. Antes do final desse ano foram apresentadas ao CERN as primeiras propostas formais. Entre 1992 e 1995 as várias propostas fundiram-se nas atuais quatro experiências principais do LHC: ATLAS e CMS, de âmbito geral que analisam colisões entre protões ou entre iões pesados para medir centenas de diferentes processos ou procurar novas partículas; ALICE é dedicada à observao de colisões de iões pesados, como o chumbo ou, apenas recentemente, o x non; LHCb é dedicada à medida de processos extremamente subtis que ocorrem em partículas pesadas, contendo quarks b, que podem explicar a predominância de matéria sobre a antimatéria no universo.

Portugal foi desde o início membro de duas destas experiências, ATLAS e CMS, e desde cedo esteve envolvido na investigao em física de partículas teórica diretamente relacionada com as experiências do LHC. As duas experiências, com o tamanho de prédios de 8 andares e milhares de toneladas, contam com centenas de detetores de partículas, cada um com a sua funo na observao das colisões produzidas pelo LHC, somando dezenas de milhões de canais de electrónica. E no entanto medem as trajetórias das partículas produzidas nas colisões com a precisão de centésimas de milímetro. Os grupos de investigao que colaboram em ATLAS e CMS, com membros de várias universidades portuguesas, estão reunidos no Laboratório de Instrumentao e Física Experimental de Partículas (LIP). Estiveram envolvidos no desenvolvimento e na construo de vários dos sistemas principais destes monstros de complexidade, desde a construo de detetores, aos sistemas electrónicos e ao processamento dos dados. Envolveram no seu

trabalho várias empresas nacionais, por exemplo na área da automação, da electrónica, e na construção de sistemas criogénicos. E continuam hoje a fazer medidas de física de partículas desde a descoberta e medida das propriedades do bosão de Higgs às colisões de iões e à física dos quarks pesados. Na área da física teórica, físicos de várias universidades dedicaram a sua energia aos mais variados temas, desde o estudo do mecanismo de Higgs até às forças nucleares fraca e forte, e às colisões de iões pesados.

Em particular, o bosão de Higgs tornou-se numa das principais prioridades do LHC. Passariam ainda 20 anos desde a conferência de Évian até o LHC produzir a descoberta do bosão de Higgs. Em 1975, a sua detecção parecia tão improvável que, num artigo que se tornou famoso, John Ellis, Mary Gaillard e Dimitri Nanopoulos desaconselhavam a construção de novas experiências para o procurar [3]. Ainda em 1991, Sheldon Glashow, prémio Nobel da física, descrevia o LHC como um investimento de enorme risco, que dificilmente funcionaria e poderia nunca dar frutos científicos, num artigo submetido à conferência EPS HEP [4]. Para detetar o bosão de Higgs foi necessária não só uma energia nunca antes atingida em aceleradores mas, além disso, uma enorme taxa de colisões: à energia do LHC, só uma colisão de protões em cerca de 10 000 000 000 produz um bosão de Higgs, e foi necessário produzir cerca de 800 mil bosões de Higgs para chegar à sua descoberta. Assim, o LHC produz dezenas de milhões de colisões por segundo. As equipas portuguesas do LIP estiveram envolvidas nesta descoberta, a mais significativa do LHC até hoje, e continuam envolvidas na medição das propriedades desta partícula ainda misteriosa.

Espera-se que o LHC continue a funcionar durante os próximos 20 anos, e estão planeados vários melhoramentos importantes que permitirão aumentar muito o seu desempenho. Sabemos hoje que o bosão de Higgs é real. Avançámos imenso na medida das suas propriedades e (ainda) não encontrámos nenhuma outra partícula semelhante. Não encontrámos (até agora) sinais de partículas supersimétricas, mas continuamos à procura delas. E à procura de muito mais, com a ajuda dos fantásticos instrumentos científicos que são o LHC e as suas experiências.



Referências

1. Página Web do "Symposium 25 Years of LHC Experimental Programme", CERN, 15 de dezembro de 2017: <https://indico.cern.ch/event/653848/>
2. Christopher Llewellyn Smith, "How the LHC came to be", Nature 444 28 (2007); Página Web do LIP: <https://www.lip.pt/>
3. "A Phenomenological Profile of the Higgs Boson", J.R. Ellis, M.K. Gaillard, D.V. Nanopoulos, Nucl. Phys. B, 106, 292 (1976). <https://inspirehep.net/record/100355?ln=pt>
4. "Physics focus and fiscal forces", S.L. Glashow, HUTP-91-A057; arXiv:hep-th/9111019v1, 8 Nov 1991. <http://inspirehep.net/record/319946?ln=pt>



Ricardo Gonçalo é investigador no Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP) e Professor Convidado na FCUL. Foi assistente de investigação no Imperial College, onde se doutorou, e depois no Royal Holloway College da Universidade de Londres. Desde a descoberta do bosão de Higgs, para a qual contribuiu na experiência ATLAS do CERN, a sua pesquisa incide principalmente no estudo das propriedades desta partícula.