

LIP NEWS

LHC

The 25 years
of ATLAS and CMS

25 YEARS

Theorists hold their breath for ICHEP 2018

The SNO+ water phase

Terapia com protões em Portugal e no LIP

Acoplamento Higgs-top no LHC

As mulheres na física e no LIP



LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO
E FÍSICA EXPERIMENTAL DE PARTÍCULAS
partículas e tecnologia

LIP NEWS

edição n.14 Junho 2018

O boletim do LIP é uma edição da C4 - Comissão Coordenadora do Conselho Científico do LIP. Esta edição teve como equipa editorial Carlos Manuel, Catarina Espírito Santo, Conceição Abreu, Leonor Coimbra e Ricardo Gonçalo.

Autores/Contribuições Alberto Blanco, Amélia Maio, Ana Sofia Nunes, Bruno Alves, Carlos Manuel, Catarina Espírito Santo, Celso Franco, Conceição Abreu, Dinis Monteiro, Eliza Melo, Igor Ivanov, João Varela, Jorge Gomes, Jorge Miguel Sampaio, José Maneira, Leonor Coimbra, Lorenzo Cazón, Luís Pereira, Marcela Páscoa, Nuno Castro, Nuno Leonardo, Patricia Conde, Paulo Crespo, Pedro Abreu, Peter Jenni, Ricardo Gonçalo, Sofia Andringa.

Edição Gráfica Carlos Manuel

Contatos outreach@lip.pt
www.lip.pt/boletim

EDITORIAL

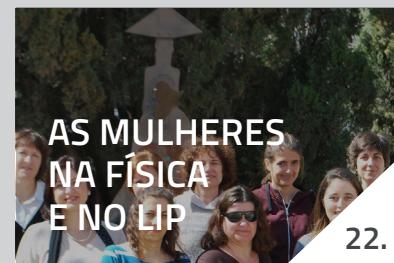
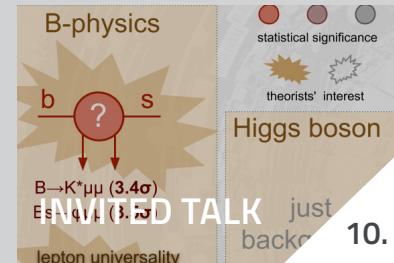
Neste número, destacamos os 25 anos das experiências ATLAS e CMS do acelerador LHC do CERN, celebrados em 2017, e que são também os 25 anos do LIP nestas experiências. Foram 25 anos de trabalho intenso, de muitas lutas, muitas pessoas, e grandes sucessos. Como é que tudo começou? Foi esta a pergunta inicial. Partindo daqui, encontrámos a história das principais contribuições portuguesas para estes impressionantes detectores, da descoberta do bosão de Higgs, de toda a física de partículas que se tem feito para lá do bosão de Higgs, das colaborações com outras instituições e com empresas. E a preparação para o futuro. Visto que a história ainda está longe do seu fim, como é que tudo vai continuar? Falando ainda do LHC, temos um convidado que nos traz a visão de um teórico – uma visão pessoal e com algum humor destes anos repletos de dados e emoções.

Nas páginas dedicadas aos grupos de investigação do LIP, voltamos ainda ao LHC: a medição do acoplamento do Higgs ao quark top foi recentemente anunciada por CMS e ATLAS. Trata-se de uma resultado impressionante também pela dificuldade da análise, que implicou métodos sofisticados e inovadores, e a combinação dos vários canais. Mas a investigação no LIP e no mundo das partículas não pára, e outros temas e lugares surgem nas páginas deste Boletim. Destaca-se o primeiro

ano de tomada de dados de SNO+. E, num momento em que a implantação de um centro de terapia com protões em Portugal está a ser impulsionada, destacam-se também projectos do LIP nesta área. Nas notícias breves, espreitamos o despertar de HADES, os novos projectos em que o LIP está envolvido, notícias da computação, sem esquecer o renovado acordo entre Portugal e o CERN.

Passamos ainda em revista eventos organizados pelo LIP, sobretudo na área da formação avançada. O destaque vai para o simpósio sobre data science, e para o programa de estudantes de verão do LIP, que está à porta. Quase a terminar, um olhar sobre as mulheres na Física, área em que, estão cronicamente sub-representadas; e um passeio pela recentemente criada horta do 3is. São temas que vale a pena debater!

- 4. 25 YEARS OF ATLAS AND CMS
- 10. INVITED TALK (Igor Ivanov CFTP)
- 14. INVESTIGAÇÃO NO LIP
The SNO+ Water Phase
Terapia com protões
ttH no LHC
- 19. BREVES
- 22. AS MULHERES NA FÍSICA E NO LIP
- 24. FORMAÇÃO AVANÇADA
- 26. OUTREACH
O LIP NAS REDES SOCIAIS
AGENDA
- 28. LIPIANOS
- 30. A HORTA DO 3IS



DESTAQUE



In the scientific workshop of LIP in 1990, the possible participation in the LHC experiments was for the first time discussed. I remember having claimed that the LHC would be a discovery machine, and later having argued that Portugal should have a strong involvement in the two main experiments. While the participation at the LHC was unquestionable, there was not a unanimous view about what experiment(s) to join. Seen now at a distance, I believe that LIP took the right decision. Despite all the tension created by the split into the ATLAS and CMS groups, a healthy competition between the two groups permitted overall a strong Portuguese participation in the LHC physics program.

João Varela (Coordinator of the LIP-CMS group;
Former CMS deputy Spokesperson)

The 25 years of ATLAS and CMS or 25 years of Portugal in the LHC

We have recently celebrated the 25th anniversary of the official proposal of CERN's Large Hadron Collider, or LHC, and of its two general-purpose experiments, ATLAS and CMS. These were 25 years of cutting edge, exciting research in particle physics at CERN, in Portugal and worldwide.

Portugal, and LIP, was in both ATLAS and CMS from the start. The letters of intent were just the beginning of a long road, followed by the Portuguese scientists who have joined the proto-collaborations aiming to build experiments at LHC. Among them Gaspar Barreira, LIP director, Amélia Maio, coordinator of the LIP-ATLAS group and João Varela, coordinator of the LIP-CMS group, had a leading role. This is the story they tell us below.

The proposals for the LHC collider and the associated experimental program gained momentum in 1992, when the CMS and ATLAS proto-collaborations submitted, to the CERN Scientific Committee, Letters of Intent for experiments at the LHC (CERN-LHCC-92-003). Technical Proposals followed in 1994 (CERN/LHCC 94-38). Portuguese groups in CMS and ATLAS were among the signatories of these initial proposals. The LHC accelerator and experiments were approved in 1995. The LIP CMS and ATLAS groups participated actively in the design of the experiments, described in detail in the Technical Design Reports approved in 1998- 2000, and in the detector construction, installation and commissioning pursued until 2008. In 2009 the LHC collided the first beams, and in 2010-11 both experiments accumulated a large amount of data. The pivotal discovery of the Higgs boson was announced in 2012. The LIP groups are now intensively involved in data analysis, and also preparing for the future upgrade of the LHC and its detectors.

But let's go back in time, looking for the beginning of the story. Apparently, the road towards the LHC detectors did not start only 25 years ago...

Contributions

Amélia Maio, Catarina Espírito Santo, Gaspar Barreira, João Varela, Jorge Gomes, Patricia Conde, Ricardo Gonçalo

References

"O LHC vem aí", J. Varela, Gazeta de Física Vol. 30 no 3/4, 2007

C. Llewellyn Smith, "How the LHC came to be", Nature 444 28 (2007),

"Memorandum of the Portuguese participation the LHC experimental program", 2012, www.lip.pt/higgs/files/Memorando-LHC-Completo.pdf

LIP report, www.lip.pt/lfiles/Relatorio-Publico-2017-2018.pdf
(previous years in www.lip.pt/?section=about&page=info-institucional)

How I first met the LHC (before it was called the LHC)

Gaspar Barreira

It all happened in the morning of October 17, 1984. I was in Trieste, and my mission was to put together the microprocessors laboratory at ICTP. I was building FARSE, an interface for the NA38 at CERN, the experiment in which were involved several of the people that would found LIP a couple of years later. I had a breakfast appointment with Luciano Bertocchi, the vice-director of ICTP – in fact, the deputy of Abdus Salam, who had founded the institute. He was not around when I got there, and I asked the concierge whether he had already been seen in that morning. “Professor Bertocchi is in his office,” he said, “he asks that you go and see him quickly, as soon as you arrive”.

On the lift, I noticed the announcement of a seminar by Carlo Rubia in that same day. I found it odd, as seminars were usually announced well in advance. When I got to Bertocchi’s office, while asking me not to say a word around, and claiming that it was going to be “a great event”, he told me the Nobel Prize to Carlo Rubia was about to be announced. He was traveling to his home town, very nearby, and on the way he would give a seminar in Trieste. Everything was planned for the announcement to happen during the seminar. But the fog in Milano spoiled it all: the plane was late, and when he arrived the prize was already public. And there was a crowd, the televisions, and everything.

At the seminar, Rubia told the audience (which included Salam, to whom he called “old chap”) that just the day before he was in a helicopter overflying the Texas desert, where they were building the next large proton collider, the SSC – Superconducting Super Collider. He said a sentence that I never forgot: “If Europe does not find an alternative, it is out of the race for the next 100 years”. The SSC was a 90 km ring, with an energy of 20+20 TeV. I had several friends within the team, who already had contracts to work for the SSC. But it so happened that there was a great conflict with the US Congress and the SSC was cancelled in 1993, when the excavation works were already quite advanced.

Meanwhile, Portugal became a member of CERN and LIP was created in 1986. In 1989, LEP started operations. In the same year, Carlo Rubia became Director General (DG) of CERN. And he was still DG when the SSC was cancelled. He then pushed for the LHC project. It was more modest than the SSC, so that it was possible to build it in the Geneva area at that time. As a curiosity, it is worth noting that it was Rubia who, also in 1993, took the decision of making public the web protocol, invented at CERN.

The following DG was Chris Llewellyn Smith, who consolidated the project. The construction took place during the mandates of Maiani (in which there was a budget crisis) and, mostly, Aymar. The start happened with Rolf Heuer. First there was a false start and a serious problem with the welding of the helium system. The second start was a great success, and we had the Higgs boson discovery already in 2012.

Still in the first half of the 1990s, the LHC Resources Review Board was created. It followed all the LHC process in the planning, construction and operations phases – in what concerns machine, experiments, and computing. I was there from the first meeting, and this is why I can say I know virtually every screw in the LHC.

As for Portugal, in 1992 there was a meeting at the headquarters of the Portuguese Physics Society. The heads of the four experiments then proposed came to Lisbon – there was Michel Della Negra for CMS, and Peter Jenni for the experiment then called EAGLE, which would later be at the origin of ATLAS. The issue was discussed at the LIP workshop in Praia das Maçãs. I fought for us to participate in only one experiment. After all, Portugal joined two experiments. Today, I see that I was wrong.

On the way to the LHC

The concepts of the CMS detector, of the two detectors (EAGLE and ASCOT) that later merged into the ATLAS experiment, and of a fourth experiment called L3P, were presented for the first time in the ECFA Large Hadron Collider Workshop in Aachen, in 1990. This was a momentous event. The LEP accelerator had just started and some of us were quite busy in DELPHI, but the discussions in Aachen pointed towards fantastic detectors at a new proton collider at CERN capable of exploring the TeV region to answer the mysteries of the electroweak symmetry breaking. The theorists had elaborated a “no loose theorem”: experiments at the TeV scale would either reveal the Higgs or find something completely new. A community of experimentalists coming mainly from the UA1 and UA2 experiments in the SPS proton-antiproton collider, that discovered the W and Z bosons, were the main actors of the Aachen workshop. Their case was quite convincing, despite the huge technological and experimental challenges that had to be overcome.

However, this saga did not start only 25 years ago. The investment in R&D for SSC/LHC started in the early 1980s. The R&D necessary to build the proposed complex detectors was initiated in the framework of the Detector Research and Development Committee (DRDC). It was organized by technologies, and not by experiments. For example, on the calorimetry side, the main R&D lines were crystals, scintillating fibres, and liquid argon. Jenni, Sondererger and Wigmans presented the first proposal for a calorimeter for the SSC/LHC in the mid-eighties.

The future LIP-CMS group was involved in this effort, participating in several projects dedicated to trigger and data acquisition (DAQ) systems and also to calorimetry. These were RD11, devoted to embedded architectures for second-level triggering in LHC experiments; RD12 on trigger and DAQ systems; RD13, developing a scalable data taking system at a test beam for the LHC; and RD36, a combined shashlik calorimeter plus pre-shower detector. These R&D activities became progressively more focused and finally moved into the framework of the CMS collaboration.

In the beginning of the 1990s, the team that would become the Portuguese ATLAS group was already deeply involved in the art of calorimetry with scintillating and wavelength shifting (WLS) optical fibres. The story started in the mid-eighties, thanks to a privileged contact with Peter Sondererger. These developments culminated in the SPACAL, a new calorimeter concept based in scintillating optical fibres, developed for the SSC/LHC, which still holds several performance records. As a result, the group joined the team that developed the EAGLE detector concept. The EAGLE calorimeter would be made of lead and scintillating optical fibres, and the LIP team was responsible for the developments related to optical fibres, including the system for aluminizing one of the edges for improved light collection efficiency. From the four general-purpose experiments initially proposed, the directorate of CERN imposed that only two could go forward. EAGLE and ASCOT decided to join and create ATLAS, adopting the basic design of the EAGLE detector and the superconducting magnetic system of ASCOT. In 1995, the costs of a scintillating optical fibre hadron calorimeter, and technical reasons related to segmentation, made it necessary to negotiate the solution. The discussion was long and hard. Finally, a solution based on scintillator tiles and WLS fibres was adopted for the hadron calorimeter of the central region. The other calorimeters would be liquid argon.

The detectors: construction and first upgrades

The LIP CMS and ATLAS groups took part in the design of the experiments, described in detail in the Technical Design Reports approved in 1998–2000, and in the detector construction, installation and commissioning pursued until 2008. In 2009 the LHC collided its first beams, and in 2010–11 both experiments accumulated a large amount of data. The original design goal of the LHC was to operate at a luminosity of $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. The luminosity has already increased by a factor of two relative to the design value, and a number of upgrades was required on the detectors' side too.

LIP was responsible for building significant components of the CMS and ATLAS detectors, and has the enormous responsibility to keep them in operation. Several national industries have acquired new skills and new markets, hundreds of young engineers integrated into the projects have had unique training opportunities, several dozen new physics doctorates are now able to lead complex technological projects as required in modern industry.

This is not the time or the place to provide an exhaustive and detailed list of all the responsibilities and achievements of the LIP CMS and ATLAS groups in the LHC. This can, by the way, be found in several places – for the first two decades, in the “Memorandum of the Portuguese participation in the LHC experimental program”; for regular updates, in LIP’s early public reports (see references). Let us nevertheless fly over the construction years and get a glimpse of some highlights.

CMS

The Electromagnetic Calorimeter (ECAL) of CMS is an electron and photon detector composed by eighty thousand high-purity PbWO₄ crystals. LIP was responsible for the development of the hardware and software of the data acquisition system (DAQ) of the ECAL. This system collects data from about 5000 optical links. A 12-bit Analog-to-Digital Converter (ADC) was developed by the Portuguese company Chipidea, under a contract established with LIP in 2002. For this achievement, Chipidea has received a CMS Gold Award.

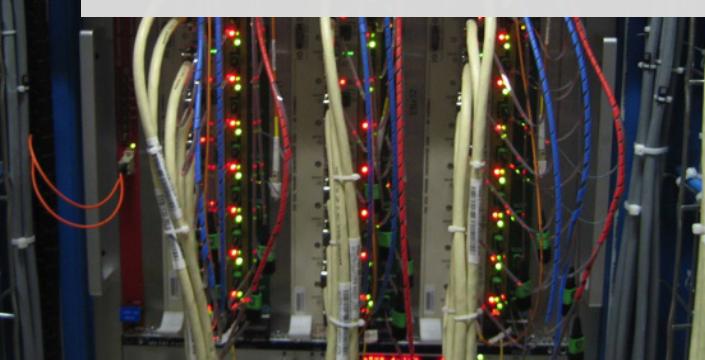
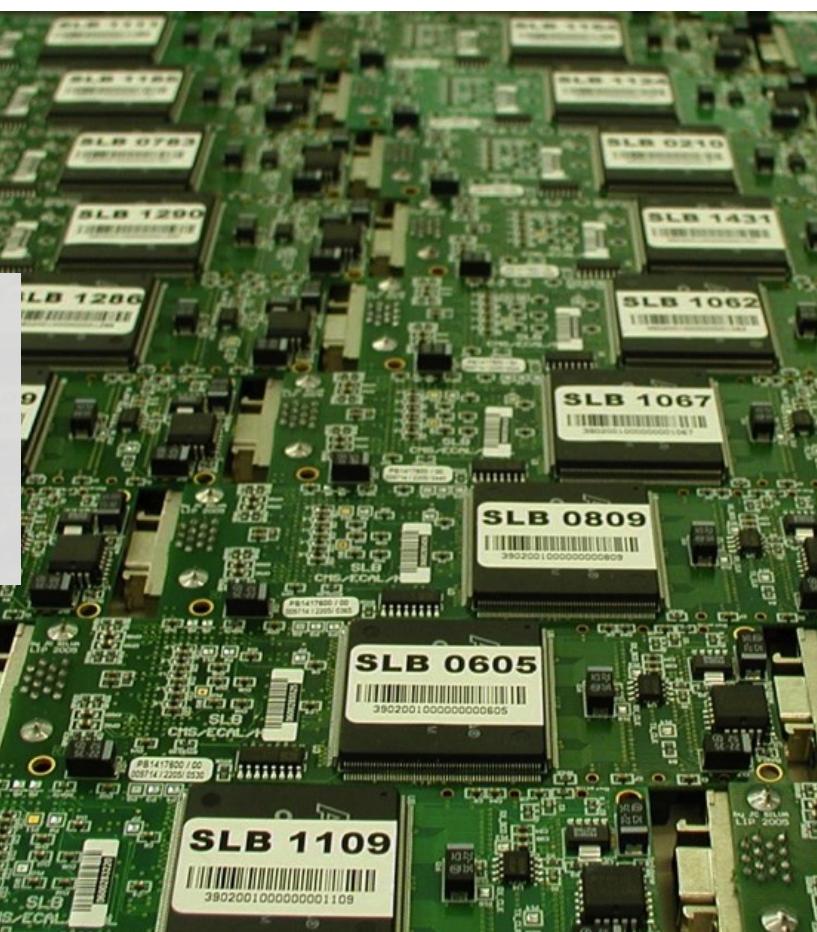
The LIP team was also, from the start, a strong player in the CMS trigger development, in particular the Calorimeter Trigger, where LIP led the initial study, simulation and design. In a long-term effort, the team developed a Synchronization Circuit for the calorimeter trigger data. This circuit is integrated in the Synchronization and Link Board (SLB). About one thousand SLB modules are used in CMS to synchronize the trigger of the ECAL and HCAL calorimeters. As part of the CMS Phase I upgrade program, the LIP group led the development of a new optical trigger interface between the calorimeters and the regional calorimeter trigger.

The Phase I CMS upgrade also included the addition of a forward proton spectrometer located along the beam-line straight sections on both sides of the CMS interaction point. The CTPPS spectrometer together with the CMS central detector enhances the ability of CMS to make precise electroweak measurements in two-photon interactions, in particular the measurement of the quartic neutral gauge couplings. LIP led the development of the new proton spectrometer, which is taking physics data since 2016, proving for the first time the feasibility of operating a near-beam proton spectrometer at high luminosity on a regular basis.



Technology transfer

In 2013, LIP initiated an activity aiming at the transfer to medical applications of technology developed for the CMS project. A national consortium integrating eight research institutes and one company was created to develop positron emission tomography (PET) prototypes for medical imaging. For the first time, a complex medical imaging instrument competitive worldwide was fully developed in Portugal.



▲ The ECAL data acquisition and trigger crates (left) and the System Synchronization and Link Boards (SLB)

ATLAS

Made of steel and plastic scintillator, the TileCal is the main hadron calorimeter in the ATLAS experiment barrel region. Light produced in the scintillators is collected by WLS fibres and transported to photomultipliers. The LIP team led the design and development of the optical system of the TileCal, and participated in its construction, components testing, tests beams at CERN, performance studies and calibration. With this project, many Portuguese students had the opportunity to contribute effectively to the birth of a high-energy physics detector. The insertion of fibres in the calorimeter was one of the most difficult problems to solve. More than 600,000 fibres with 1 mm diameter and more than 30 different lengths had to be inserted in 150 000 calorimeter grooves. This required the development of a special plastic profile and of a robot, to insert fibres in this profile. These were joint R&D projects with industry and other groups. After insertion, fibres needed to be routed to the face of the photomultipliers, defining the calorimeter cell structure. Both the cell structure and the methodology for the routing were developed by LIP. LIP's mechanical workshop in Coimbra designed and produced the tools for the process.

The TileCal was the first system of ATLAS to start operations, even before there were collisions at the LHC. Cosmic muons were used to commission and performance tests of the detector. LIP was responsible for the first analyses of cosmic muon data, work highlighted in Nature. LIP played a leading role in the development and implementation of the TileCal Detector Control System (DCS), and is now responsible for its continuous upgrade. ATLAS's Conditions Database service, implemented at LIP and known as the Lisbon Conditions Database, became a cornerstone in the production ATLAS Conditions Database. The group also developed several components of the Trigger/DAQ prototype, and made leading contributions to the development of the jet trigger algorithms and calibration tools for the ATLAS High Level Trigger.

Portugal in ATLAS, a happy story of a long-lasting partnership

Peter Jenni (Former ATLAS spokesperson)

When I think to it, I simply cannot imagine ATLAS without the Portuguese team. And I cannot imagine ATLAS without Amélia Maio. The Tile Calorimeter is a central piece of the detector, and the impact of the LIP team and its partner universities on its conception, construction and operation is just evident and present throughout the more than 25 years of ATLAS' life.

My personal collaboration and friendship with Amélia's team, and the mentorship of Gaspar Barreira began even a couple of years before the birth of ATLAS. It must have been through the late Peter Sonderegger that I was introduced to the Portuguese colleagues in the context of very early and pioneering scintillator calorimeter R&D in view of the LHC dreams. Since then the design and development efforts for a highly performant, elegant, and yet affordable 'jet calorimeter' for what became soon ATLAS went through many phases. Amélia and her team were always at the leading edge for optimizing the light readout, first the concepts, and then the realization. The team brought in the magic mix of competences between physicists, engineers and technicians to do a great job. They delivered major components to the Tile Calorimeter, which make it such a performant detector part of ATLAS, about which we can be proud of!

Collaboration

The LIP ATLAS team is present in the three LIP nodes, in Lisboa, Coimbra and Braga, and has a long history of collaboration with other LIP groups and other institutions. Often, the collaboration was centered in the expertise and the system developed by the group for optical fiber testing and quality control for ATLAS, the LOMaC facility. The system started operations in 1992 and has since been used for several detectors in different experiments: the ATLAS TileCal and ALFA luminosity detector, the DELPHI STIC luminosity monitor (in collaboration with the LIP DELPHI team), the SNO+ calibration system (in collaboration with the then newborn LIP Neutrino Physics group), and a muon hodoscope for the WA104/ICARUS experiment. It is worth noting that the activities of the ATLAS group, both detector R&D and construction and physics analysis, were always conducted in Portugal, involving a large number of Portuguese institutions and companies in the LHC endeavour.



▲ TileCal module, showing the scintillator tiles and WLS fibres;
Fibres grouped in a bundle define a cell (left).



Physics analysis

And data taking at the LHC went on and on, with impressive performances both on the machine and on the experiments' side. The discovery of the Higgs boson was certainly the greatest event. The Higgs discovery in the two-photon decay channel and the study of the Higgs properties was for a number of years one of the highlights of the LIP group activity in CMS. In ATLAS, LIP contributed to the discovery through the $H \rightarrow WW$ search channel. Since then, we have concentrated on the the first measurements of the Higgs properties, namely its couplings to heavy quarks, and its decay to b quarks in associated production with vector bosons.

But there is more to the LHC than "just" the Higgs, and the accumulated successes are already many. There is a long list of measurements of SM processes, such as W cross-section and mass, vector boson pair production, top quark properties. And there is an endless list of searches for new particles, predicted (or not!) by models. Indeed, the LIP teams in ATLAS and CMS were involved in Standard Model (SM) physics studies long before the first LHC data was collected, developing the analysis methods and tools, in particular for the measurement of the W boson properties.

The measurement of the top quark properties is a key issue at the LHC. Both the ATLAS and the CMS LIP teams developed strong top physics programmes, including measurements of mass, production cross section and couplings. The ATLAS group developed a strong top-physics programme and initiated a series of International Workshops, which became a reference in the field. These started with Top'2006 in Coimbra, and celebrated the 10th edition coming back to Portugal (Braga) in 2017.

The measurement of the branching ratio of the B_s decay in muon pairs was a flagship result of both the CMS and LHCb Collaborations published jointly in Nature. The LIP-CMS group had a leading role in this measurement, and is now taking the lead in the measurement of the production cross-section of several B mesons. Quarkonia polarization is another expertise of the group. In collaboration with Vienna, the LIP group performed the measurement of the J/ Psi and Upsilon polarization in pp collisions which brought a new insight in the NRQCD production models.

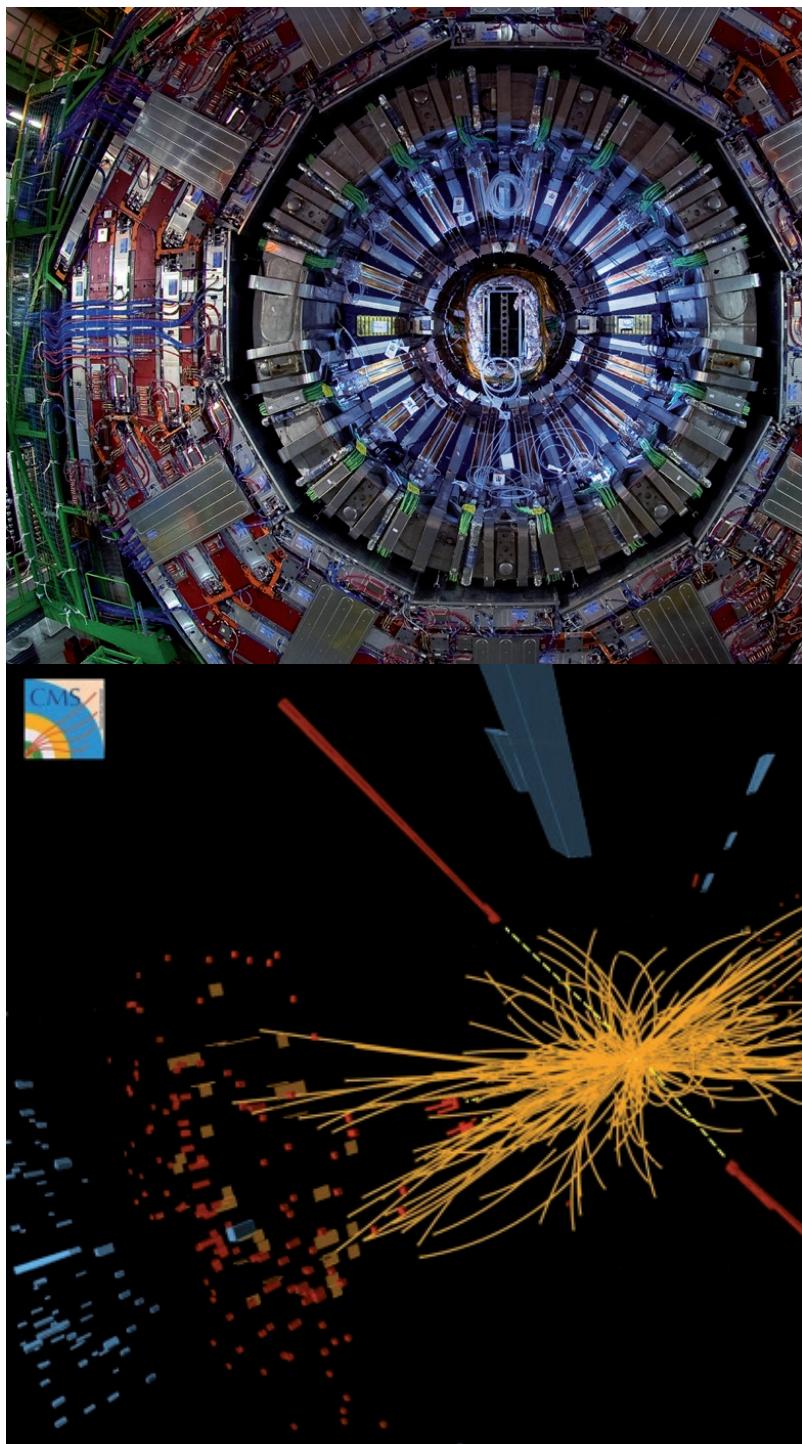
Top quark studies are essential not only as a test of the SM itself but also as a test of new Physics beyond the SM. In ATLAS, the strong top quark reconstruction expertise is used to search for new physics, in flavor-changing neutral current searches, searches for same-sign di-top production and in direct searches for vector-like quarks. These are predicted by some extensions of the SM as a way to regulate the Higgs mass. The search for evidence of Supersymmetry has been a leitmotiv at the LHC. The search for the supersymmetric partner of the top quark (s-top) has attracted much interest since theoretical arguments predicted the s-top to be the lightest s-particle. The LIP-CMS group had a major role in developing and implementing new analyses methods that improved the s-top mass limits.

The LHC also collides heavy ions (Pb-Pb, p-Pb, Xe-Xe). With these data, jet suppression was observed still in 2010 – a clear experimental signature of the formation of the quark-gluon plasma. In the following years, these studies were and will be deepened using a number of other probes.

Making use of the CTPPS proton data collected in 2016-17, the LIP-CMS group led the measurement of photon induced exclusive production of di-leptons with proton tagging. This was the first measurement of this type at electroweak scale.

A direct consequence of Portugal's membership of CERN since 1985 and of the internationalization of Portuguese science promoted by José Mariano Gago, the participation in the LHC is one of the most expressive successes of Science in Portugal. Portugal was not a minor actor in the discovery of the Higgs boson as the size of the country suggests. The Portuguese contribution, reflected in scientific articles and scientific leadership positions at various levels of the CMS and ATLAS collaborations, is above average.

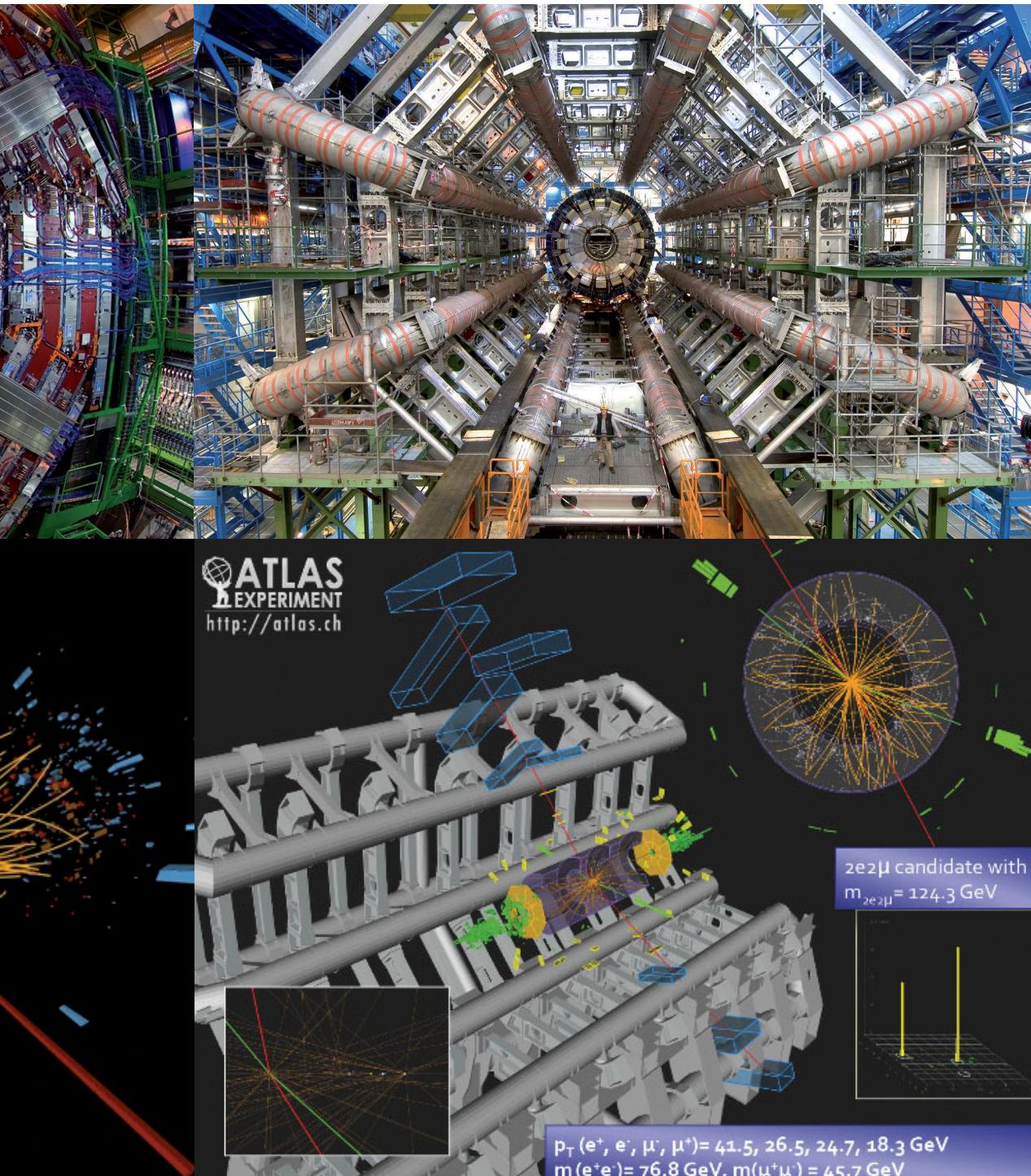
João Varela (Coordinator of the LIP-CMS group;
Former CMS deputy Spokesperson)



▲ View of the CMS detector (top) and CMS Higgs candidate event decaying in two photons (bottom)

Computing at the LHC

The computing model of the LHC is the Grid, which did not exist when the history of the LHC began. The Grid is a networking and computing technology which federates hundreds of local computing centres into a unique computing infrastructure. The objective was to provide enough computing power to "everybody everywhere in the Planet", making possible the analysis of the huge amounts of data produced by the LHC experiments. It all started around the year 2000 with DataGrid, an European project led by CERN. Portugal participated as a non-funded partner. LIP was a full right partner in all the following projects. In this programme LIP deployed the largest computer center ever built in Portugal. Gaspar Barreira, LIP Director, and Jorge Gomes, Coordinator of the LIP Computing Group, had a leading role in this adventure. Today, LIP is part of the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) project undertaken by CERN in collaboration with all major high-energy physics institutes in the world, and operates the Portuguese Tier-2 cluster of WLCG.



▲ View of the ATLAS detector during construction (top) and ATLAS Higgs candidate event decaying in 4 leptons (bottom)

The future

The LHC machine has now a plan for achieving higher peak and integrated luminosities, well above those for which the detectors were designed. The detectors thus require upgrades to preserve the efficiency, resolution, and background rejection at these high luminosities. In the high luminosity HL-LHC phase the accelerator will provide to the experiments an additional integrated luminosity of 3000 fb^{-1} over 10 years of operation, starting in 2025. The HL-LHC allows to substantially enlarge the mass reach in the search for new particles and will greatly extend the potential to study the properties of the Higgs boson. The main challenges are the radiation damage to the detectors and the very high “pileup” originated by the high instantaneous luminosity. At the nominal luminosity of the HL-LHC, the average number of interactions in a single crossing is approximately 200. Most of these interactions are “soft” collisions that do not contribute to the search for new physics at the TeV scale. Nevertheless, the presence of tracks and energy from a large number of extra collisions can confuse or degrade the triggers and the offline reconstruction of the hard scatter.

ATLAS

The optical system of the TileCal hadron calorimeter is expected to keep a good performance until the end of the LHC high luminosity phase. Nevertheless, the 3000 fb^{-1} of the HL-LHC were not initially foreseen, and aging studies are ongoing to check this expectation, and to assess the extent of possible effects in the calibration of the detector. On the contrary, the scintillators and fibres situated in the region between calorimeters (gap/crack region) are exposed to a higher radiation dose, and are expected to degrade. These will be replaced in the two phases of intervention in the detectors. It will, in addition, be necessary to replace to full TileCal electronics – not only because it is becoming both obsolete and damaged by radiation, but also to introduce new capabilities: the capability to provide digital information to the trigger with higher granularity and preselection.

The LIP team is responsible for the preparation and quality control of the optical fibres for the gap/crack, to be performed at the Laboratory of Optics and Scintillating Materials (LOMaC) at LIP. For the second intervention phase, LIP is responsible for the full production of the high voltage (HV) distribution boards. In order to ease maintenance, the distribution boards will be placed around 100 meters away from the detectors, and the HV for each channel will be transported by long cables. The severe space constrains in the cables transport chain was one of the main limiting aspects of the project. This will be solved by the Portuguese company Cabelte, which will develop thinner HV cables. Concerning the trigger, the LIP group is involved in parallelizing the algorithms with accelerators, for the ATLAS high-level trigger (HLT). In the first prototype, in which the group was responsible for the calorimeter reconstruction algorithms, we used graphical processing units (GPUs). The results show processing times 5 to 10 times lower, depending on the algorithm. Work is on-going along this line, as well as in exploring new possible accelerators.

CMS

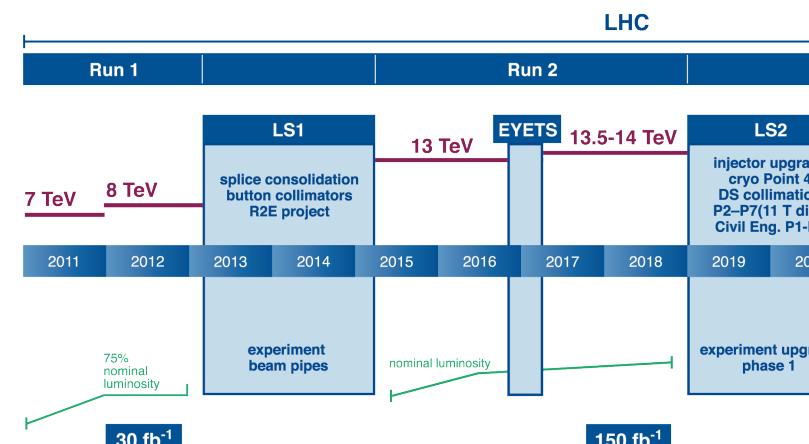
In CMS, the detector upgrade studies showed clearly that the tracker and the endcap calorimeters must be replaced for Phase-II. A new endcap calorimeter called the High Granularity Calorimeter (HGCAL), incorporating a silicon/tungsten electromagnetic section followed by two hadronic sections, will provide optimized segmentation and improve the energy resolution particularly for jets. The full replacement of the ECAL barrel electronics is required. The CMS timing capabilities will be strongly enhanced by adding a dedicated timing layer in front of the calorimeters, capable of measuring the time of minimum ionizing particles with a precision of 20-30 ps. In the time domain, pileup collisions at the HL-LHC will occur with an r.m.s spread of approximately 180 ps within the bunch crossing structure of the colliding beams. Slicing the beam spot in consecutive time exposures of 30 ps allows reducing the number of vertices per exposure to about 30. A time resolution of this order will, therefore, reduce the effective multiplicity of concurrent collisions to be considered in data analysis to a level comparable to the present LHC.

The proposed Portuguese participation in the CMS Phase-II Upgrades is concentrated in the Timing Detector and in the Calorimeters. The LIP group will have a leading role in the design and construction of the readout system of the Barrel Timing Layer. Dedicated electronics developed by PETsys in collaboration with LIP will be used. The LIP-CMS group will have a major role in the development and construction of the new ECAL front-end electronics system, build on the long experience in the construction and operation of the current system. The development of the powering scheme of the HGCAL is quite challenging given the large number of channels ($\sim 6 \text{ M}$ channels), power dissipation, and radiation in the endcap region. The LIP group in collaboration with Portuguese industry will be responsible for the development of a new low voltage regulator ASIC resistant to radiation.

Physics with the HL-LHC

The SM does not provide answers to many fundamental questions. The scalar nature of the Higgs particle presents theoretical challenges. Radiative corrections to the Higgs should cause the mass to increase to very high values. New physics at masses not too far from 1 TeV could cancel this growth. Although the 125 GeV Higgs behaves like a SM Higgs, measurements of its properties are still not very precise. Deviations from perfect SM behavior, due to its interaction with other forms of matter, including dark matter, could point to answers to some very fundamental questions. The detailed study of the 125 GeV Higgs is a scientific imperative that must be pursued to a much higher level of precision than available today.

LHC / HL-LHC Plan



Precision Higgs studies and the search for new physics provide a powerful demand for higher luminosity.

The physics goals of the HL-LHC are many and varied. Taking a look at the wish list of the ATLAS and CMS groups at LIP, there is a bit of everything: top quark rare decays (sensitive to new physics or to the least known CKM matrix element), heavy flavour physics (with excellent results already, and an expertise area of the LIP-CMS group), etc. For all this, the development of highly performant, advanced analysis techniques is mandatory, and this is a clear investment of both groups. Back to the Higgs, the game now is essentially to carefully measure its properties, to check whether it behaves like expected in the SM – or, in other words, whether the SM is able to describe the electroweak symmetry breaking mechanism. For this, measuring its couplings to bosons and fermions, and also its self-couplings, is fundamental. Couplings to the top and b quark open interesting perspectives, as well as the study of vertices in the search for possible anomalous component in the spin/CP interaction, or even of CP violation in the Higgs sector. The search for new particles and interactions may carry hints of an answer to some of the many open questions. From supersymmetry in CMS to different exotic possibilities in ATLAS, no model or corner is left unexplored.

In heavy ion collisions, a key goal is to understand the origin of the energy loss of partons in the plasma. Is it due to particle collisions in a hot and dense medium, or to gluon radiation? And several different probes are to be considered, from jets to quarkonia suppression. The forward proton tagging detectors CTPPS and AFP which, converting the LHC into a photon collider, very much increase the sensitivity to triple and quartic vector boson couplings, in particular the quartic neutral gauge coupling, and also enlarge the possibilities to search for flavour changing neutral currents.

For all this, we need to gather a large amount of data, allowing us to reach high precision measurements, and to widen as much as possible the region of search for new physics. Also fundamental is a strong collaboration with theoretical groups working in this domain. At LIP, the strategy of the experimental LHC groups is certainly enriched and strengthened by the close collaboration with the LIP Phenomenology group.

In conclusion, the LIP teams remain deeply involved in the life and activities of both the CMS and ATLAS collaborations. The big challenge is now in preparing the LHC high-luminosity operation, and we are contributing in several fronts: improving our detectors, to operate optimally in very demanding conditions; and preparing to fully exploit the impressive wealth of data we expect to collect.

Portugal and the LHC

Portuguese institutions that collaborated with LIP in the ATLAS and CMS R&D and construction

CFNUL - Centro de Física Nuclear da Univ. Lisboa
 FCUL - Faculdade de Ciências da Univ. Lisboa
 CEFITEC/UNL - Centro de Física e Investigação Tecnológica
 FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. Coimbra
 FCT/UNL - Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL
 IDMEC/IST
 INESC Lisboa
 INESC-ID and BIOISI
 IST - Instituto Superior Técnico
 UM - Universidade do Minho

Portuguese industrial partners taking part

Cabelte (TileCal high voltage upgrade)
 Chipidea (CMS ECAL electronics)
 A. Silva Matos (ATLAS helium tanks)
 Irmãos Bernardes SA (TileCal plastic profiles)
 3DTech (fibre connectors and plastic pieces)
 HFA (TileCal electronics)
 EFACEC

Advanced training

Over 30 PhD Theses
 Over 50 Master Theses

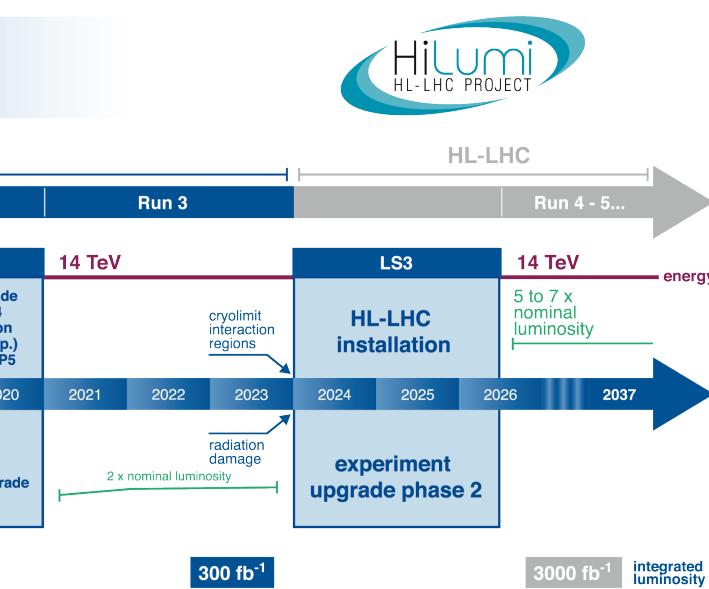
Main coordinating positions

CMS Deputy Spokesperson, 2012-13, J. Varela
 CT-PPS System Manager, 2014-18, J. Varela
 CMS Trigger Project Manager, 2007-10, J. Varela
 CMS B Physics Analysis Group Convener, 2014-16, N. Leonardo
 ECAL Electronics Coordinator, 2011-18, J. C. Silva.
 ECAL Data Acquisition Coordinator, 2008-10, A. David.
 ECAL run coordinator, 2010-12, A. David
 CT-PPS Timing Detector Coordinator, 2014-18, M. Gallinaro
 CT-PPS DAQ Coordinator (Level-2), 2015-18, J. Hollar
 TileCal DCS coordinator, A. Gomes, 2003-08, 2015-18, F. Martins
 TileCal Run coordinator, 2008, J. Maneira, 2012, J. Gentil
 Responsible for the Portuguese Federated Tier2, 2014-18,
 H. Wolters
 Member of the ATLAS Physics Office, 2016-18, N. Castro
 Convener of the Heavy Quarks, Top and Composite Higgs group,
 2015-16, N. Castro
 Jet Trigger coordinator, 2008-09, P. Conde, 2014-15, R. Gonçalo
 Convener of the top properties group, 2009-2012 A. Onofre

Main awards

The CMS collaboration, and since 2014, also the ATLAS collaboration, award prizes for outstanding contributions of their members.

P.Musella: CMS Achievement Award for important contributions to ECAL Data Acquisition (2007) and "CMS Thesis Award" (2011)
 A.David: CMS Achievement Award for key efforts on the ECAL DAQ and central CMS operations (2008)
 J.C. da Silva: "CMS Lifetime Achievement Award" for outstanding contributions to the ECAL and HCAL Trigger/DAQ electronics (2010)
 M. Gallinaro: CMS Achievement Award for his effort to assure the completion of the CTPPS TDR (2014)
 J. Hollar: CMS Achievement Award for his outstanding contributions to the study of the feasibility of measuring exclusive WW production with CT-PPS (2014).
 J. Miguéns, ATLAS Achievement Award for her outstanding contribution to outstanding contributions to ensuring the integrity of the Trigger during Run 2 and "ATLAS best Thesis Award" (2016)
 Filipe Martins, ATLAS Achievement Award for his contribution to the operations and upgrade of the TileCal DCS, (2016)



Theorists hold their breath for ICHEP 2018

An insider view from a theorist

Igor Ivanov, CFTP - Centro de Física Teórica de Partículas

Speaking at the Planck 2018 conference in May, David Shih from Rutgers University started by flashing a plot with the fraction of high energy physics (hep-ph) papers devoted to physics beyond the Standard Model (bSM) at the LHC over the last 20 years. With its way-too-recognizable “bumps” and “downward fluctuations”, this plot nicely summarized the ups and downs of theorists’ enthusiasm in the LHC era. Fitting this activity record with a single bump led David to the frightening conclusion of the imminent death of the LHC bSM phenomenology. It’s a joke, of course, but only partly. It conveys the very true feeling of, let’s put it this way – anxiety, which many bSM phenomenologists now share. It may be surprising for an outsider to learn that particle physics can be that emotional, but the evolution of these feelings can be easily traced through the timeline of the events in the past decade. This article offers a personal, theory-insider look at how these events unfolded.

2000's

By year 2001, it was since quite a while that the crown of the Standard Model (SM) was lacking its final gem, the Higgs boson. Not only was it the long-sought confirmation that the Brout-Englert-Higgs mechanism is indeed at work, but also many believed it to be a direct window into New Physics, the unavoidable but yet undiscovered deeper layer of reality, the major goal of the present-day high-energy physics (HEP) efforts. After all, the Higgs boson is a completely new form of substance, neither matter nor force carriers, and theorists were impatient to see how it behaves. With the fresh memories of LEP falling short of a potential Higgs discovery and with the unclear perspectives to accomplish this feat at the Tevatron, all eyes were now on the LHC.

Another leitmotif driving the explosive theoretical activity, in anticipation of the LHC start-up, was the high expectations of supersymmetry (SUSY) being just around the corner. A succinct formulation of these expectations were presented in 2002 in the form of the Snowmass SUSY benchmark points. They represented various regimes of SUSY which many believed to be quite realistic, and predicted abundant new particles, superpartners of the known fermions and bosons, to lie below 1 TeV, or even within 200-400 GeV. This densely populated SUSY spectrum below the TeV scale seemed highly natural from various perspectives and left little doubt of its imminent discovery.

During the same 2000's theorists fell in love, once again, with exotics. Strong gravity at TeV scale via large extra dimensions, microscopic black holes, unparticles, hidden valley scenarios, to name just a few. All of a sudden, constructing models which agreed with previous collider results and predicted various unconventional signatures at the LHC became a popular and enjoyable game, promising spectacular results. This enthusiasm was in part fueled by various hints at New Physics found at the Tevatron. Although inconclusive, they threw some extra wood on the bSM model-building fire.

In short, theorists were thrilled by the LHC start-up and were expecting fireworks of discoveries, the whole new world at our fingertips! Even down-to-earth technical computations of SM background processes were put in this context: we must be prepared to day one discoveries!

Not all shared this attitude, that’s true. In fact, many theorists were inclined to expect the unattractive scenario in which the only particle to be discovered during the first years of the LHC run would be the Higgs boson with very SM-like properties. And it was not because they were particularly pessimistic. It is just a natural feature of many bSM models with extended Higgs sectors that the most visible Higgs particle indeed behaves very much like the standard Higgs. In this scenario, one would need to patiently measure the Higgs properties trying to detect minute deviations from the SM predictions and other subtle effects. So, while admitting the chance of an immediate spectacular discovery, they were getting prepared for a long road ahead.

2012

After a false start in 2008, the LHC began taking data a year later and started to exclude the most exotic scenarios in 2010. By the end of 2011, with the integrated luminosity of 5 fb^{-1} , the ATLAS and CMS collaborations showed the first few-sigma hints of the existence of the long sought Higgs particle. No discovery was claimed at that point, but many theorists felt, in December 2011, completely convinced that this was for real.

And then, on July 4, 2012, came the bang. Both ATLAS and CMS experiments announced the presence of the Higgs boson signal around 125 GeV with statistical significance close to 5 sigma. It made headlines in mass media across the world but produced a sort of confused excitement among theorists. On one hand, the main LHC message to theory was not of the Higgs existence itself, but of its coupling to photons, which seemed to be nearly twice the SM predictions. These were wonderful, very welcome news! This coupling is generated at the loop level and is, in principle, sensitive to new hypothetical charged particles postulated in many models. Also, many theorists have discerned in the ATLAS data the hints for a second Higgs-like peak and jumped at its possible interpretations.

On the other hand, the Higgs discovery was not followed by strong hints of any deviation from the SM background. Another key process with a decades-long history of collider searches, the extremely rare decay $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, started to appear in LHCb data. Despite earlier hints by the CDF experiment at Tevatron of a highly enhanced de-

// INVITED TALK

cay probability, the LHCb data seemed to be fully consistent with the SM predictions. This was met by the community with some disappointment, as many expected this decay to be as sensitive to New Physics as the direct searches.

On the supersymmetric front, no member of the SUSY spectrum was in sight. This prompted many theorists to worry that the SUSY solution to the hierarchy problem is not as natural as many had expected. To add to these worries, the Higgs mass turned out to be in a region not particularly favored by the most natural scenarios. SUSY theorists quickly absorbed the news and moved to less simplistic SUSY models, saying that there was no catastrophe at all and that SUSY was as alive as before, though within a wider class of models. Nevertheless, the issue of naturalness came in the spotlight and became a nuisance factor in SUSY related discussions.

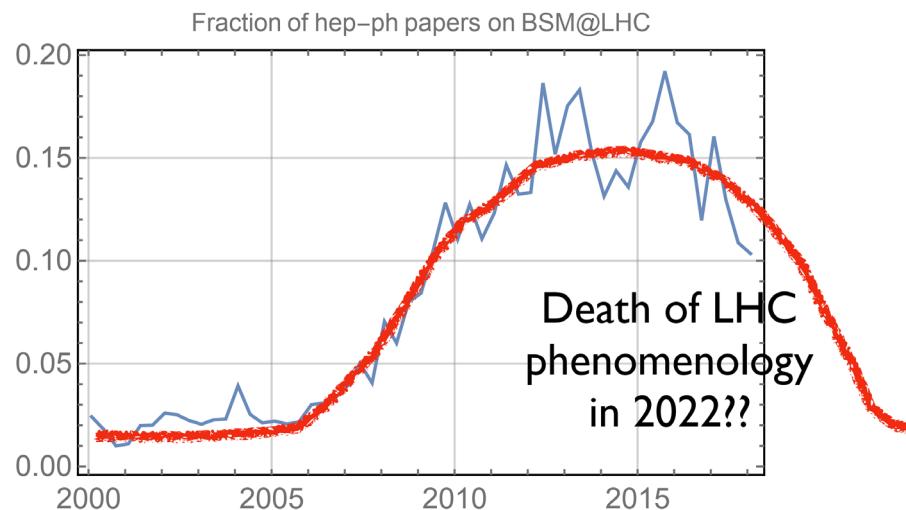
The legacy of Run 1

The pp program of Run 1 ended in 2012, with a two-year upgrade break lying ahead. But in terms of physics results from Run 1, this long shutdown was the hottest period in the still brief LHC history. During this time, the mood of theorists swayed from disappointment to excited anticipation and further to sheer exhilaration at the end of 2015, with the advent of first Run 2 data.

At first, the excitement about the Higgs two-photon decay width dimmed away with the updated LHC data. No exotics was found, too, neither on day one, nor in year one. The ultrarare B_s decay was confirmed to be within the SM expectations, though with large uncertainties. The theoretical community also stoically accepted the new results, with very few complaints expressed, and pushed harder to propose novel New Physics signatures. In this somewhat gloomy atmosphere the first exploratory activities for the future 100 TeV collider kicked off, and for an outsider it looked like the HEP community was about to give up the LHC altogether. Of course, that was a false impression, and experimentalists were patiently explaining on every occasion that the luminosity accumulated so far was less than 1% of the entire approved LHC program.

The situation started to brighten up again around 2013-2014. First, BaBar and later Belle and LHCb, quite unexpectedly, observed an indication that weak interactions violate lepton universality. The decays of B -mesons to D or D' and a lepton pair showed persistent discrepancies in the ratio of taus to muons. Each particular measurement showed a moderate disagreement, but the fact that all these different experiments pointed to the same deviation was intriguing. The SM predictions for the ratios were very robust, as the process proceeds at tree level and is not suppressed at all.

Around the same time, LHCb data began to show a sizable depletion of the rare decays of B -meson to a kaon and a muon pair at intermediate $\mu^+\mu^-$ invariant masses. Since this decay is generated within SM at loop level, various



▲ Fig. 1. A hint at theorists losing interest in bSM physics? Source: David Shih, An Update on the LHC Monojet Excess, talk given at Planck 2018 (<https://indico.desy.de/indico/event/18498/session/6/contribution/15>).

sources of theoretical uncertainties could potentially spoil the predictions. Motivated by the importance of this discrepancy, a redoubled theoretical effort by several groups produced in 2015 an updated, more accurate and reliable prediction. In the same year, the LHCb came up with their full Run 1 result as well as with yet another decay: $B_s \rightarrow \phi \mu^+ \mu^-$. The discrepancy stayed there, floating at around 4σ level. The plot thickened with the observation that the same B to K plus lepton pair decay, too, exhibited hints of lepton flavor universality violation. Experimental results were given in terms of double ratios, in which both the main theoretical uncertainties and the experimental systematic uncertainties were expected to cancel. Here, the departure from the SM expectation, taken alone, was not particularly high, but it went in the same direction as the previously observed discrepancy in the invariant mass distribution.

Next, to the sincere joy of theorists, the ATLAS and CMS detectors provided two hints of non-standard Higgs interactions with matter. In 2015, CMS announced a possible signal of the Higgs decay to muon and tau, which is impossible in the SM. Also, around the same time, both detectors said that apparently they were seeing the top-antitop-Higgs production, despite the SM predictions of this process to be too rare for Run 1. There were plenty of models on the market accommodating such non-standard Higgs coupling to fermions and not violating other collider constraints. The Higgs boson seemed to offer, at last, the long promised glimpse into New Physics. High invariant masses also brought a few surprises. During the shutdown, the ATLAS and CMS collaborations learned and implemented a new jet substructure technique, which allowed them to hunt for diboson resonances in the few-TeV invariant mass domain, with both bosons decaying hadronically. ATLAS saw a bump at 2 TeV, CMS saw another bump at 1.8 TeV. On top of that, there were a few discrepancies in other, more elaborate final states, involving leptons, jets, and missing transverse momentum.

Of course, no one expected that all these deviations would survive. Nevertheless, with a dozen of interesting signals, bSM model builders found themselves in the

very pleasant situation of being able to pick their favorite (hints of) deviations and describing them in their pet models. The game was on, and it was not about describing just one deviation at a time, but rather about accommodating several of them at once. Run 1 data turned out, after all, to be full of wonderful promise.

The wonderful 2015 and brutal 2016

The LHC Run 2 started carefully, at slow pace. By the end of year 2015, there was enough statistics at the record collision energy of 13 TeV to throw in some results. On December 15, 2015, ATLAS and CMS presented rather a bomb – an excess around 750 GeV in the two-photon channel, – which sent shock waves through the entire HEP community. A significant part of the model-building community went into frenzy mode, publishing hundreds of papers over the next few months. Others were reluctant to jump into this ambulance-chasing game, feeling uneasy with the fact that no other channel showed any deviation at 750 GeV, and their gut feeling was telling them that this was not the way that New Physics should appear.

The re-analysis of Run 1 data, presented in March 2016, seemed to be consistent with the 750 GeV bump, which sent new aftershocks through the community. Experimentalists kept their cool, though, and at no point were they claiming a true discovery. But many theorists, with a comprehensive smile, disregarded that attitude as being overly conservative, and felt fully convinced that, with great fanfare, we had already entered the New Physics era. After all, this was how the Higgs boson signal appeared in 2011-2012, wasn't it?

In the shadow of the 750 GeV festivities, there were news during 2016 about other Run 1 deviations. These news were not particularly encouraging. The 2 TeV diboson peaks and other peculiar features at high invariant masses dissipated, as the ATLAS and CMS collaborations were gaining experience both with the novel analysis techniques and with background evaluation. The very first Run 2 Higgs data were inconclusive about the Higgs to muon-tau decay and its coupling to top quarks. The B-meson anomalies kept its status quo, but results were still based on the Run 1 statistics. But for a few months all this activity seemed to step back in front of the most pressing question the entire HEP community had at that moment: will 2016 data confirm the 750 GeV peak?

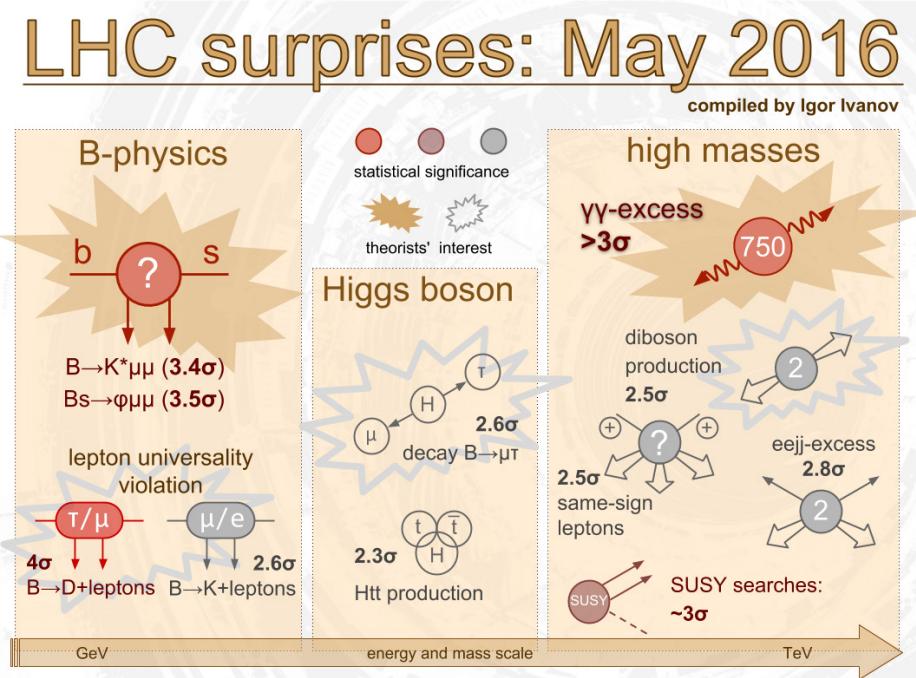
The answer came on August 5 2016, and it was devastating. With the statistics of about 12 fb^{-1} , four times more than in December 2015, both ATLAS and

CMS collaborations saw nothing around 750 GeV, just pure background. The collapse of the hopes cherished by a significant part of the bSM theorists was absolute. The 750 GeV bump was just a phantom. Experimentalists had warned everyone that it might well be a phantom, and – surprise! – these warnings were fully justified. The bSM phenomenologists had to accept it, quickly evolving through the classic five stages of grief, and return back to “business as usual”.

Aftershocks of the 750 GeV adventure were felt during the next few months, through hot debates at conferences and bitter comments in blogs, which often brought up the issue of hundreds of undeserved citations. Probably, one apologetic comment is in order here. It should be understood and appreciated that bSM theorists cannot just sit back and wait for the official discovery announcement. It is at the heart of our work to explore theoretical possibilities inspired by minute experimental hints. If an experimentalist claims a discovery which is later proved wrong, it will be a blow to their reputation. If a theorist deliberately refrains from speculating about any unofficial feature, it may be considered as a blow to their reputation, too. One thing is certain: one must responsibly treat rumors, official data, and one's own calculations, and one must anticipate consequences of one's actions beyond pure physics, on academic life and on the public view of science.

In any case, over the next couple of years, the new results based on the 2016 data were pouring in and kept mercilessly erasing all the high-energy and Higgs physics deviations left from Run 1. By the beginning of 2018, there remained no single high-energy discrepancy which would stir any noticeable interest among model-builders.

The situation was markedly different for the B-physics anomalies. Not only did they survive, but they grew somewhat stronger, with individual measurements floating



▲ Fig. 2. What the bSM theorists were buzzing about in the beginning of 2016.

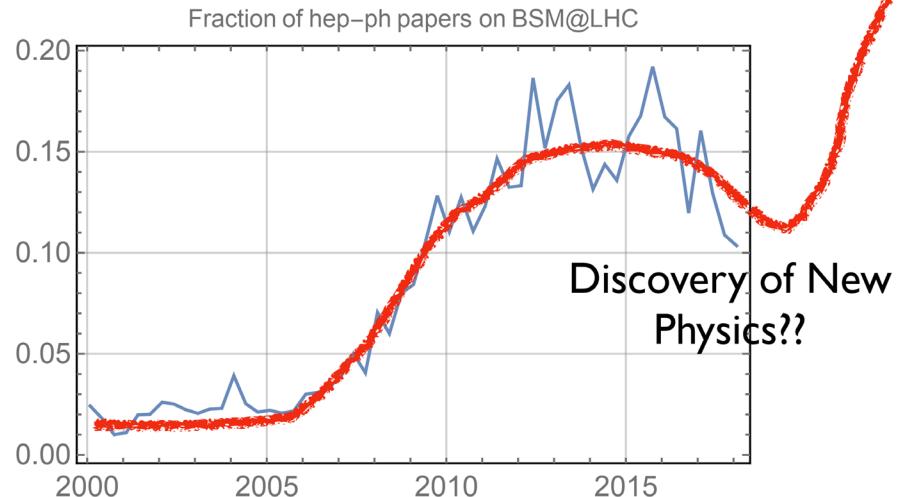
// INVITED TALK

around 4 sigma. Combining vastly different experimental results requires theoretical input and, therefore, is approach-dependent. Some groups claim that the overall tension between the data and the SM predictions is well above 5 sigma. Not all theorists support these numbers, but without any doubt the B-meson anomalies is the hottest topic in collider HEP these days. Is it because the Run 2 tsunami has not yet affected these decays? Or is there a real signal of the physics beyond the SM? We need more data to decide.

2018

David Shih ended his talk at Planck 2018 with a prediction of how the interest to bSM phenomenology may evolve in the years to come. This is a joke, too. Today, at the end of LHC Run 2, the situation is different and feels differently than a few years ago, and to be frank, we do not expect such a burst of activity in the immediate future.

The romantic period in the model-builders' relationship with the LHC data (read – with the real world) is over. After all we have been through, it has evolved into a more mature and balanced partnership. Almost no one is now jumping at 3-sigma-local-significance deviations. We have learned the hard way that establishing a true New Physics claim goes far beyond merely spotting this or that discrepancy. We know that there will be no significant collision energy increase in the next decades, and, despite the steady luminosity growth, one cannot expect spectacular discoveries to jump out of the new data. If New Physics is to come in the near future, it will most likely appear in the form of a cumulative, slowly growing



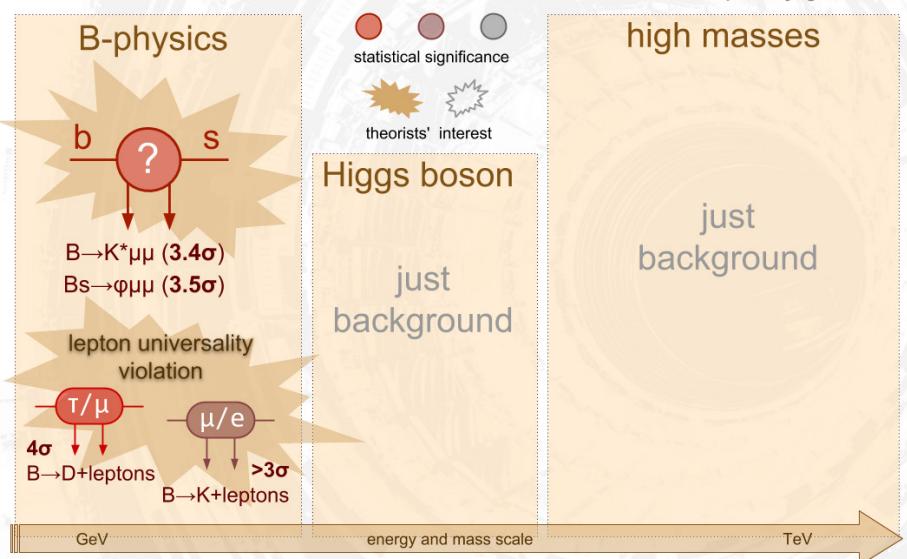
▲ Fig. 4. Will the LHC Run 2 results boost the interest in bSM physics?
Source: see fig. 1.

evidence across a list of signatures – be it SUSY, new Higgs bosons, or new interactions. A systematic, well-controlled, model-independent framework of the SM effective field theory is perhaps the safest approach to take. An equally systematic, exhaustive exploration of all usable signatures arising in broad classes of New Physics models is also a right task to pursue.

Mid-2018, we still have not seen any major result based on the 2017 statistics, and this is also in a noticeable contrast with previous years. We understand that the LHC collaborations need time to triple-check their analyses and have the full control over backgrounds, and we appreciate the efforts they put into casting the 2017 data in solid results. We really hope, however, to see a major update in the main physics channels in July at the ICHEP 2018 conference. We need that to move forward.

LHC surprises: May 2018

compiled by Igor Ivanov



▲ Fig. 3. Mid-2018 update of Fig. 2.



Igor Ivanov graduated from Novosibirsk State University, Russia, and got his PhD in Bonn in 2002. At present, he is an FCT Investigator at CFTP. He explores New Physics models with extended Higgs sectors, studying their mathematical aspects and phenomenological consequences.

// INVESTIGAÇÃO

The SNO+ water phase

Sofia Andringa

SNO+ has been taking data for one year now as an extremely precise pure water Cherenkov detector. This phase will be concluded during the summer, and SNO+ will be changed to a liquid scintillator detector for a second experimental phase. The final goal is to get the best detector with the largest exposure for a neutrinoless double beta decay experiment, by loading 3.9 tons of natural Tellurium in the liquid scintillator.

Most of the SNO+ hardware was adapted from the SNO solar neutrino detector, characterized by its one kton of heavy water target, contained by a transparent inner acrylic vessel. Outside, the full experimental cavern is full of 7 kton of water (the first filling was delayed as a leak was identified in this huge volume, and finally repaired by the end of 2016), which is fundamental for shielding and will continue to be used, throughout the experiment's life. The inner vessel is now full with normal pure water and will later be replaced by a even lower density liquid scintillator. As the scintillator comes in, lower energy signals that reach the inner detector will become visible, and the fainter water Cherenkov signals will be submerged, we will be monitoring it and taking data still, has we have been done before at different points of filling, and have been doing continuously since May 2017 in the water phase.

This has been a very demanding and exciting year, with weekly, and sometimes daily, follow up of the growing experiment. SNO+ takes data continuously across 24 hours, with stops for small repairs or special days dedicated to calibration campaigns. Being an underground detector – not always accessible in a 2000 m deep clean laboratory, located in an active mine – we have already set up remote control rooms, including one at LIP. We were deeply involved in setting up the data quality requirements, which were in place from the start and adapted according to the lessons taken; and in the selection of the one hour runs, so that only the highest quality data is kept for further analysis. From the first days of running, a fast data analysis done at LIP monitors the radioactive background rates, providing first checks that they are compatible with expectations and visualization of how they change in time and in space. This has given constantly very fundamental input to how the water purification and circulation systems are run, but also – as a first comprehensive analysis of the large detector volume over a large range of energies – tests of the ongoing work on event reconstruction, leading to their improvements.

Following the previous work in SNO, LIP is responsible for the optical calibration of the detector for modeling of the light propagation and collection, to be used in the simulation and event reconstruction. Two campaigns have been done with the light source moved within the inner vessel and an extra one is still foreseen for locations in the external water. The analysis shows an expected degradation of the light collection, due to aging of the reflectors coupled to the PMTs. The light coverage at SNO+ is still very high for such a large detector, its 9400 PMTs covering more than 50% of the area of the sphere. Having now water inside and outside allows the characterization of the fine details

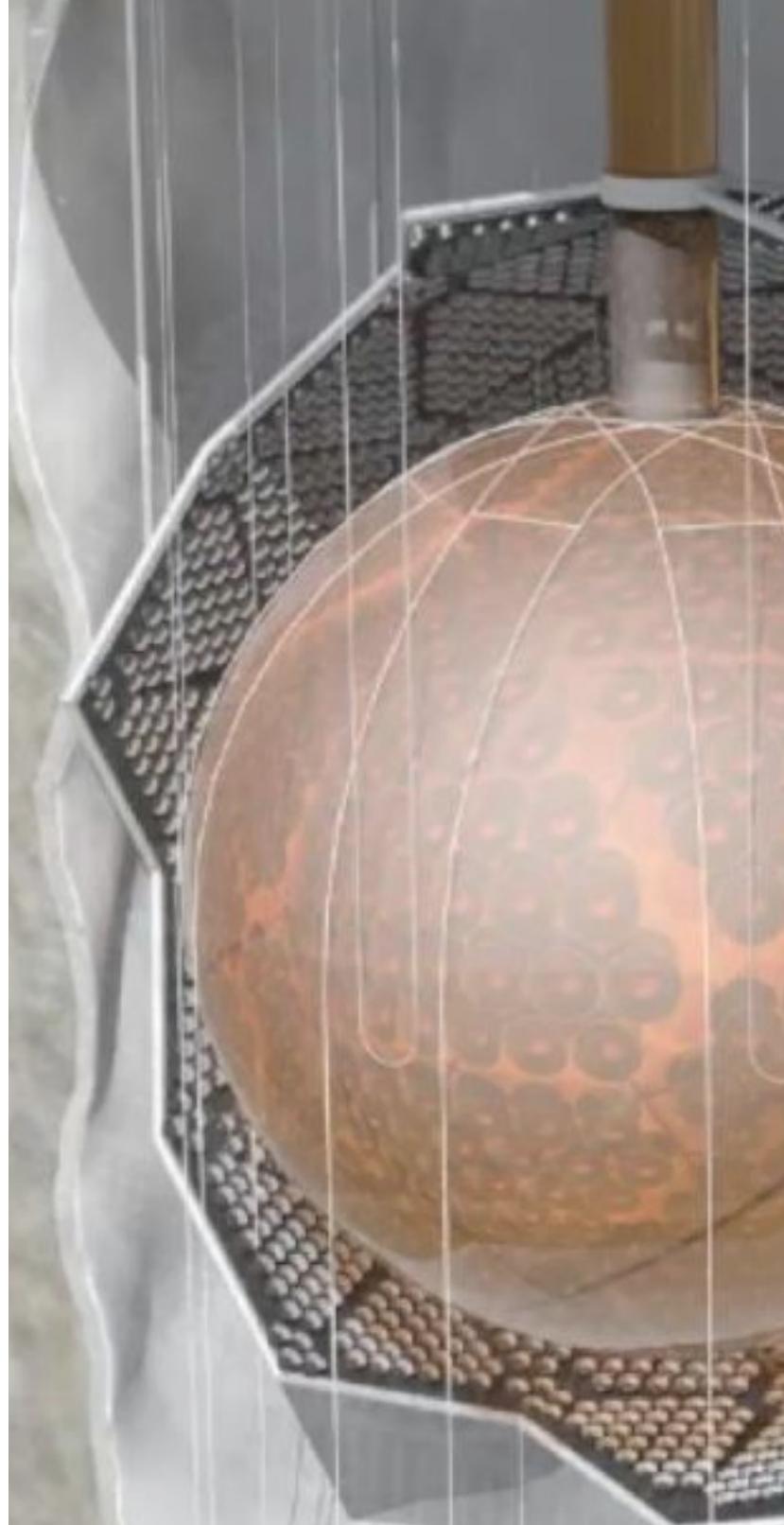


Fig 1. The SNO+ detector is a 5 cm thick acrylic vessel of 12 m diameter holds the active medium, which is viewed by ~9400 PMTs at ~8.5 m from the detector center. Above the detector hall, 2000 m deep at SNOLAB, there is the main detector control room. Below, a photo of the remote control room at LIP (artificially superimposed Lisbon photo, to impress the colleagues).

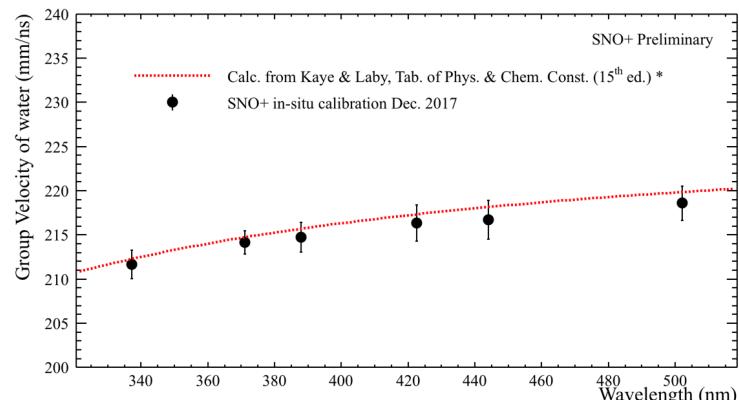
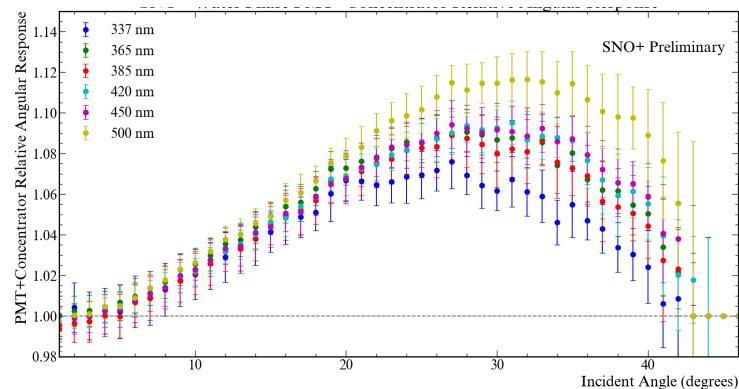


of the PMT light collection, and of the optical properties of the water and acrylic within the detector. These are needed later to isolate the properties of the scintillator cocktail, with a much higher light yield but much more complex spectra and timing due to light absorption and re-emission.

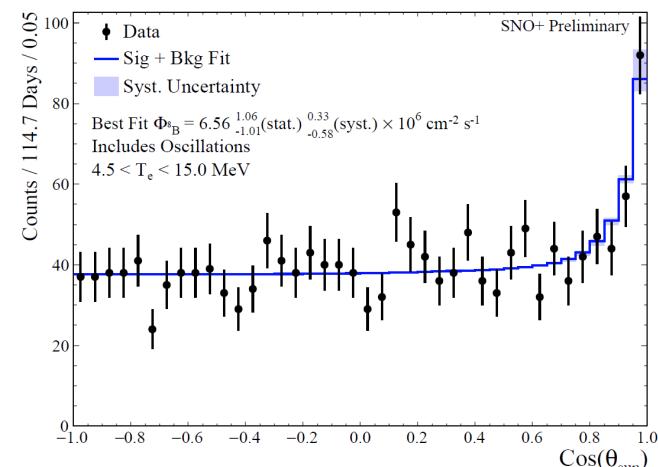
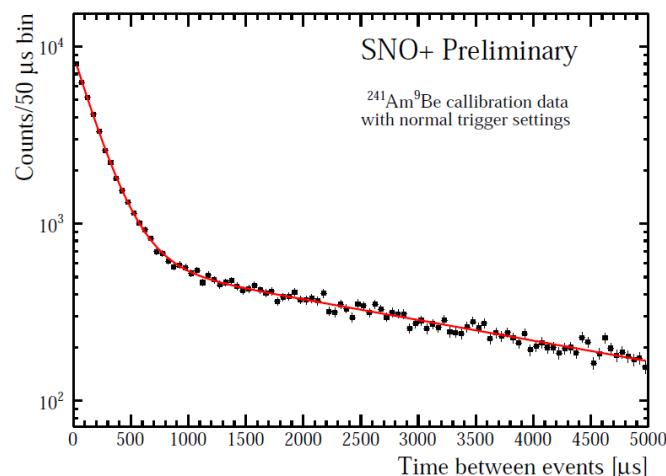
Having extensively tested the new electronics and data acquisition systems, the trigger thresholds were reviewed and lowered in September 2017. Calibration has shown that the SNO+ normal triggers have now an efficiency close to 50% for 2.2 MeV gammas, and 100% for 4.4 MeV gammas. This is another line of work with strong involvement of the LIP group. The same 2.2 MeV signal, from neutron capture in hydrogen, allows the tagging of reactor anti-neutrinos for the first time in a water Cherenkov detector. More than a simple detector commissioning, the SNO+ water phase is a real experiment with different physics goals. While not reaching an energy threshold as low as in scintillator, the directional Cherenkov light provides extra analysis handles, for example in the measurement of solar neutrinos.

The SNO+ water phase data was blinded above 5.5 MeV, with the goal to search for invisible nucleon decay modes. The full data set will be opened soon and, even if this exotic signal is not found, SNO+ will set the best limits. The same procedures will be used later for the neutrinoless double beta decay search. The prospect that SNO+ will be the most sensitive experiment to find Majorana neutrinos (or to set the stronger limits on the absolute neutrino mass under this possibility) requires us to be extra careful to avoid biases, and to establish step by step our detector conditions and analysis methods. Before loading the 3900 kg of Tellurium, SNO+ will have another commissioning data-taking, with pure scintillator. The testing of the full chain from detector and data taking quality control to detailed calibration and background measurements will be repeated. While this will hopefully be done in a shorter time span, we will still need to test new hardware related to the extra purity requirements, like the calibration source insertion mechanisms, constructed in the LIP Coimbra workshops.

Meanwhile, Tellurium is already kept 2000 m underground to cool down from cosmic ray activation, and waiting to be used for a new discovery. Tellurium-130 was the first isotope where the existence of two neutrino double beta decays was established in 1950, and its half-life was measured at the time to be 10^{21} years, very close to today's values. In contrast, SNO+ will be sensitive to a half-life of the neutrinoless mode of the order of 1026 years; this is inversely proportional to the square of an electron neutrino effective mass, corresponding to absolute masses below 100 meV. Neutrinoless double beta decay is the only process that can test if neutrinos are their own anti-particles. If found, the implications in fundamental physics will be even more profound than those of the neutrino oscillations which SNO established 15 years ago, with the same hardware we have now refurbished for this new experiment.



▲ Fig 2. Isotropic light from a laser allows the detailed analysis of the light collection and optical properties. Two examples: light collection as a function of wavelength and incidence angle on the PMTs (top) and light group velocity measured by comparing its time of arrival at the PMTs from different source positions (bottom).



▲ Fig 3. The neutron capture detection efficiency is obtained by varying the thresholds used in the analysis of time coincidences in calibration events, without relying on event reconstruction (top). The direction of neutrino events shows a clear peak of solar neutrinos, with the expected flux after oscillations, as established by the SNO experiment (bottom).

Terapia com protões em Portugal e no LIP

Os detectores e outras ferramentas usadas na física de partículas têm um grande número de outras aplicações, nomeadamente na área da saúde.

No LIP, trabalhamos em áreas como a imagiologia médica ou a radioterapia para que instrumentos e técnicas passem directamente do laboratório de física para o hospital.

Este projectos multidisciplinares são muitas vezes desenvolvidos em parcerias com outras instituições, nomeadamente o Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS), em Coimbra, e o Campus de Tecnologia Nuclear (CTN/IST), em Sacavém.

Recentemente, foi criado um de Grupo de Trabalho com o objetivo de definir uma estratégia para a instalação em Portugal de uma nova unidade de saúde para o tratamento de doentes com cancro com recurso a tecnologias de partículas de alta energia

Esta comissão é coordenada por Gaspar Barreira, do LIP (em representação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior) e por João Oliveira, Diretor Clínico do IPO de Lisboa (em representação do Ministério da Saúde), e contará com o apoio de uma comissão internacional de acompanhamento que integra representantes do CERN e de instituições científicas e centros clínicos de referência.

Imagiologia por Raios Ortogonais na Radioterapia com Protões: Quantificando Desvios Pertinentes do Pico de Bragg

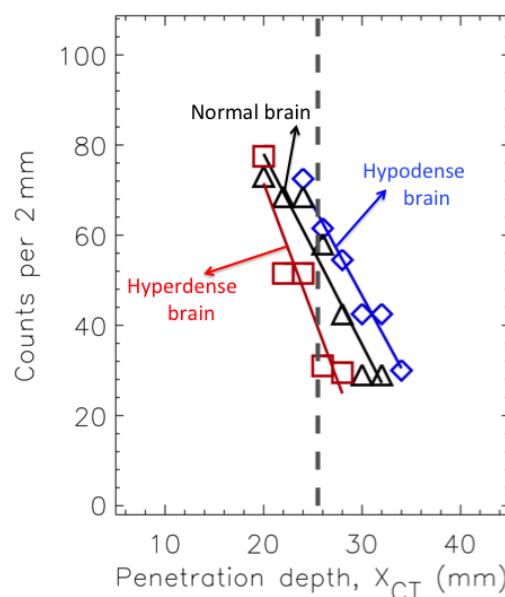
Paulo Crespo

O grupo de “Imagiologia por Raios Ortogonais” (OR Imaging, do inglês “orthogonal ray imaging”) insere-se na linha de investigação do LIP nomeada “Instrumentos e Métodos para Aplicações Biomédicas”. O grupo de OR Imaging tem vindo a efetuar trabalho de I&D no âmbito da imagiologia para monitorização de tratamentos de radioterapia externa com fotões de megavoltagem (raios X de alta energia) e com feixes de protões. Em ambos os casos o grupo investiga, via Monte Carlo e trabalho com protótipos experimentais, sistemas de deteção de raios X (radioterapia com fotões), ou de raios γ (radioterapia com protões), raios esses emitidos de modo aproximadamente isotrópico, sendo apenas colectados aqueles com direção perpendicular relativamente ao eixo do feixe incidente.

Na radioterapia com protões um sistema de deteção dos raios γ dotado de um colimador multifatias apropriado providencia, após aplicação de filtros matemáticos já otimizados, uma imagem de cada feixe aplicado ao doente (resultados de Monte Carlo apenas). Simulações realísticas indicam que mesmo em condições menos vantajosas (e.g. alta taxa de repetição de eventos e microestrutura do feixe de largura a meia altura de 1 ns), o sistema OR Imaging consegue distinguir in vivo irradiações comprometidas em que o alcance do feixe varie de 2 mm, tanto na direção distal como proximal. O sistema consegue igualmente verificar in vivo se cavidades sinusais na cabeça estão alteradas relativamente à sua densidade, o que pode comprometer grandemente a eficácia do tratamento a ser implementado. Finalmente, foi também estudado o caso em que o doente sofre alterações de peso, caso já verificado na prática por um dos co-autores do trabalho. Também aqui o sistema OR Imaging é capaz de detetar essas alterações in vivo.

O grupo de OR Imaging tem já desenvolvido um sistema experimental protótipo de deteção de raios γ baseado na colimação multifatias para radiação de elevada energia (da ordem de alguns MeV). N.B. este sistema foi já testado com sucesso em radioterapia de raios X de megavoltagem no Serviço de Radioterapia do Centro Hospitalar Universitário de Coimbra. Neste contexto experimental, e no

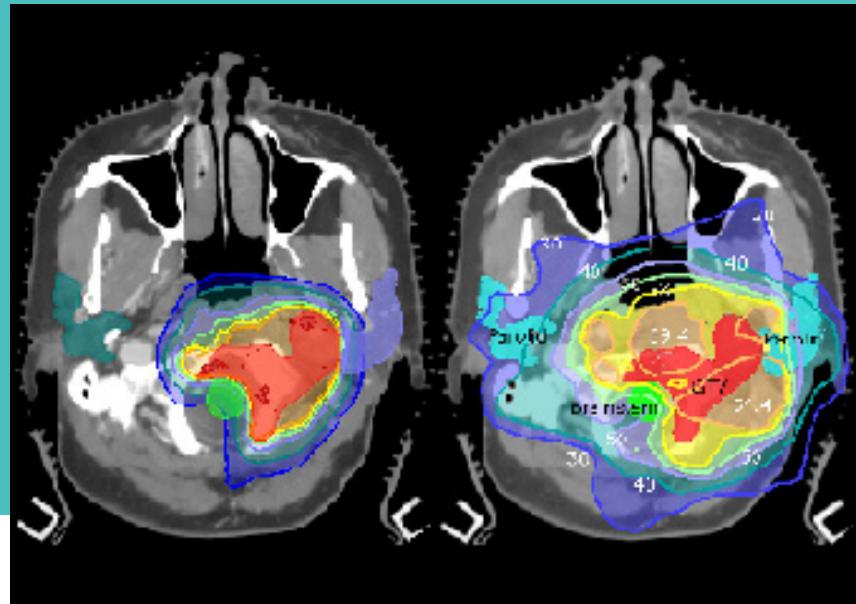
momento em que se prepara a criação de um centro de terapia com protões em Portugal, estamos em crer que o grupo de OR Imaging se encontra adequadamente posicionado para usufruir de tempo de feixe essencial para testar e completar o detector por raios ortogonais para apoio in vivo a tratamentos com doentes sujeitos a terapia com protões, providenciando informação pertinente ao radiooncologista e a toda a equipa de físicos médicos. Com um tal detector em funcionamento, as atuais margens de incerteza que são aplicadas em torno do tumor poderão ser reduzidas, ajudando assim a diminuir a dose a que têm que estar sujeitos órgãos em risco, por um lado, ou potenciando escalonamento de dose no tumor devido à certeza acrescida de que órgãos vitais não estão a ser sobredosados. De facto a incerteza no posicionamento do pico de Bragg em terapia com protões é um tema de muito forte I&D a nível mundial, com consequências que diminuem a eficácia do potencial da técnica e que poderiam ser mitigadas com o sistema aqui mencionado e em desenvolvimento.



Resultados obtidos com um sistema OR Imaging na monitorização de terapia com protões. Três conjecturas foram simuladas: a irradiação de um cérebro normal, de um cérebro parcialmente hipo-denso (-4%) e de um cérebro hiper-denso (+4%). As três linhas correspondem ao perfil de gammas espontâneos detetados em cada um dos cenários estudados, permitindo distinguir cada um deles e possibilitando assim evitar uma sub-dosagem do tumor nos cenários de cérebro hipo-denso e hiper-denso.

A nova unidade deve incluir uma forte valência de investigação e desenvolvimento.

Aqui destacamos dois projectos do LIP com aplicação na área da terapia com protões, desenvolvidos em Coimbra e em Lisboa.



Microdosímetros para aplicações médicas e no espaço

Jorge Miguel Sampaio

A eficácia biológica relativa (RBE) mede a resposta dos tecidos a partículas ionizantes em função da energia transferida por unidade de comprimento, conhecida como transferência linear de energia (LET). A RBE é uma quantidade fundamental para avaliar a resposta dos tecidos à radioterapia ou na avaliação dos riscos de radiação para exposições internas e externas. Embora os valores atuais de RBE resultem de um consenso baseado num grande número de experiências de radiobiologia, existem ainda grandes incertezas nos valores recomendados para radiação com LET elevado. Estes são os casos da resposta biológica em hadroterapia, tratamento direcionado do cancro com radioisótopos, ou exposição de tripulações de voos e astronautas à radiação cósmica e solar.

Os valores experimentais de RBE são geralmente determinados a partir de curvas de sobrevivência de linhas celulares de diferentes tecidos em função da dose absorvida para um dado tipo de radiação. A dose de radiação é uma grandeza física definida num volume arbitrariamente pequeno, mas macroscópico, enquanto que à escala da célula, a deposição de energia só pode ser descrita estocasticamente, pelo que as noções médias de LET e dose absorvida perdem significado. Por exemplo, à escala microscópica, a estrutura de deposição de energia pode ser muito diferente entre espécies de iões com o mesmo LET e a dependência do RBE num único parâmetro é com certeza simplista. Quantidades estocásticas (energia linear e específica) correspondentes ao LET e dose absorvida foram estabelecidas para facilitar a relação entre a RBE, os efeitos físicos às escalas micro- e nanométricas, e as grandezas dosimétricas macroscópicas.

Para medir estas quantidades existem detetores que replicam a deposição de energia ao nível celular - microdosímetros. Na

concepção de um microdosímetro ideal devemos considerar alguns requisitos: i) volume sensível (SV) bem definido, de forma a determinar-se com precisão o comprimento médio da corda desse volume; ii) paredes com densidades e composições semelhantes à do SV e equivalentes de tecido; iii) excelente resolução espacial; v) baixo nível de ruído de forma a detetar fluxos relativamente pequenos; e vi) resistência à radiação. O tipo mais comum de detector usado para microdosimetria é o contador proporcional equivalente de tecido (TEPC). Nestes contadores proporcionais é usado um gás equivalente de tecido cuja pressão (densidade) é regulada de modo que igual a energia perdida no SV corresponde à perdida na célula. Mais recentemente, detectores baseados em Si têm sido estudados como microdosímetros, uma que evitam alguns dos problemas do TEPC: podem operar a tensões baixas, não necessitam de fornecimento de gás e podem ser implementados com um SV à escala do micrómetro, em matrizes que imitam um conjunto de células.

No âmbito das atividades das linhas de investigação em “Instrumentos e Métodos para Aplicações Biomédicas” e “Ambientes de Radiação e Aplicações para Missões Espaciais” do LIP, está a iniciar-se uma colaboração com o grupo de Faustino Gomez do Laboratorio de Radiofísica da Universidade de Santiago de Compostela, que tem vindo a desenvolver microdosímetros de Si. Ao mesmo tempo, vamos começar a estudar no LIP, o potencial de cintiladores de plástico como detectores de microdosimetria. Embora não se espere que estes possam ter a resolução espacial equivalente à dos detectores de Si, a sua equivalência de tecido será com certeza superior.

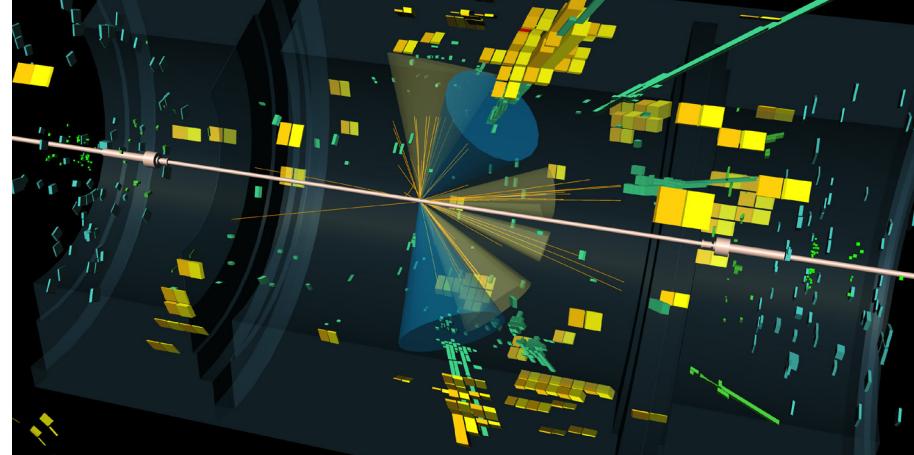
O desenvolvimento destes detectores abre oportunidades para colaborações nacionais e internacionais. Ao nível nacional estamos a elaborar um projeto com o C2TN no campo da radiobiologia no âmbito do programa CORA-IBER da ESA e, ao nível internacional, iniciaram-se contactos com o grupo de biofísica no GSI/FAIR.

// INVESTIGAÇÃO

O bosão de Higgs revela a sua relação com o quark top

Ricardo Gonçalo

Baseado nas notas de imprensa do CERN e do LIP



Novos resultados das experiências ATLAS e CMS do LHC revelam a força das interacções do bosão de Higgs com a partícula elementar mais pesada que conhecemos, o quark top. Estes resultados reforçam a nossa compreensão do bosão de Higgs e impõem limites a hipotéticos cenários de nova física.

O bosão de Higgs só interage com partículas com massa. No entanto, foi descoberto através do seu decaimento em dois fotões, partículas com massa zero. Na verdade, a mecânica quântica permite que, durante um intervalo de tempo muito curto, o Higgs se converta num quark top e na sua antipartícula (o anti-top), que imediatamente se aniquilam, dando origem a um par de fotões. A probabilidade de este processo ocorrer depende da força da interação (ou acoplamento) entre o Higgs e o top. A medição desta probabilidade permite-nos, pois, inferir o valor deste acoplamento. Acontece que eventuais novas partículas pesadas, ainda por descobrir, poderiam participar neste tipo de processo, modificando o resultado. É por isso que o bosão de Higgs é visto como uma janela privilegiada para a descoberta de nova física. Uma manifestação mais directa do acoplamento entre o bosão de Higgs e o quark top é a emissão de um bosão de Higgs por um par top anti-top.

Os resultados agora apresentados na conferência LHCP em Bolonha descrevem a observação do processo designado por "produção ttH". Resultados da Colaboração CMS, pela primeira vez com uma significância estatística superior a cinco vezes o desvio padrão, foram publicados na revista Physical Review Letters. A Colaboração ATLAS, usando já dados mais recentes, acaba de enviar para publicação resultados com uma significância estatística superior. Em conjunto, estes resultados representam um grande avanço no nosso conhecimento das propriedades do bosão de Higgs. As observações das duas experiências são coerentes entre si, e também coerentes com as previsões do modelo padrão da física de partículas.

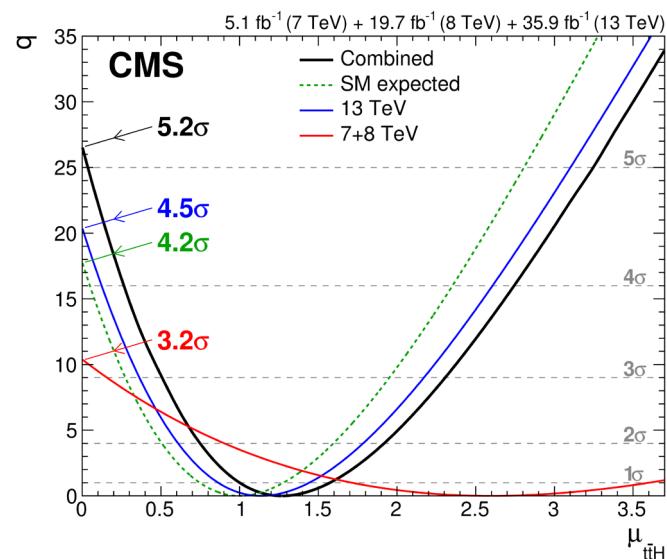
Medir este processo é um grande desafio, pois ele é muito raro: apenas 1% dos bosões de Higgs são produzidos em associação com dois quarks top; além disso, tanto o Higgs como os quarks top se desintegram noutras partículas de diversas formas. Usando dados obtidos em colisões protão-protão às energias de 7, 8, e 13 TeV, as equipas de ATLAS e CMS realizaram várias análises independentes com o objectivo de procurar a produção ttH, cada uma delas dirigida a um modo específico de desintegração do bosão de Higgs (em bosões W, bosões Z, fotões, leptões τ , ou jatos de quarks b). Para maximizar a sensibilidade, cada experiência combinou depois os resultados de todas as análises. Além disso, foram utilizadas técnicas de análise inovadoras e altamente sofisticadas.

O grupo de ATLAS do LIP está, desde 2013, envolvido na análise do ttH que procura a desintegração do bosão de Higgs em jatos de quarks b. Investigadores do grupo participaram na análise dos

Representação de uma colisão de protões registada na experiência ATLAS candidata a conter produção de ttH com desintegração do Higgs em dois fotões. A figura mostra a energia dos fotões é como duas barras isoladas verde e os produtos da desintegração dos quarks top na forma de seis jatos de partículas, representados por cones. Os cones a azul correspondem a jatos desencadeados por quarks b.

dados recolhidos em 2015 e 2016 que agora, combinada com outras análises independentes, contribuíram para estes resultados. Foi um esforço de vários anos, em colaboração com grupos de investigação de muitos países, para começar a responder a algumas das perguntas mais importantes na área do bosão de Higgs. E a história não acaba aqui! Esta observação abre a porta a futuras medidas experimentais que vêm sendo preparadas em estreita colaboração com o grupo de Fenomenologia do LIP. Queremos compreender os detalhes mais subtis do acoplamento do top e do Higgs. Estes detalhes poderão mesmo indicar que o bosão de Higgs se trata afinal de uma partícula ainda mais interessante, e possivelmente ligada a questões tão profundas como a predominância de matéria sobre antimateria no Universo!

A precisão da medida agora alcançada ainda deixa espaço para contribuições de nova física. Nos próximos anos, as duas experiências recolherão uma enorme quantidade de dados, e melhorarão a precisão dos resultados através dos quais o bosão de Higgs nos pode revelar a presença de física para lá do modelo padrão. Portugal continuará a ser parte desta aventura, através dos grupos do LIP em ATLAS e CMS, que estão fortemente envolvidos quer nas análises de dados quer na melhoria dos detectores para as fases de alta luminosidade do programa do LHC.

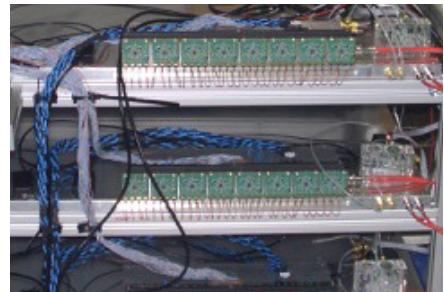
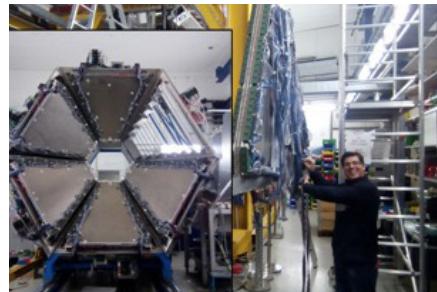


Resultado da análise estatística dos dados recolhidos pela experiência CMS que mostra evidência experimental do sinal de ttH (com o bosão de Higgs a desintegrar-se num par de leptões tau). Cada curva corresponde a um conjunto diferente de dados e a curva a negro mostra a sua combinação. No eixo das abscissas, o valor 1 corresponde ao que é esperado de acordo com o Modelo Padrão da física de partículas. Vê-se que os resultados são compatíveis com o esperado.

As notícias desta secção foram elaboradas a partir de conteúdos preparados para a página web e o facebook do LIP pelos vários grupos do LIP; ou a partir de notas de imprensa das instituições envolvidas. Contribuições: A. Blanco, C. Manuel, C. E. Santo, C. Franco, J. Gomes, J. Maneira, N. Castro, N. Leonardo, R. Gonçalo, S. Andringa

BREVES

do LIP e do mundo das partículas



Protocolo Portugal–CERN

Foi assinado em 19 de Dezembro de 2017 no CERN o protocolo de colaboração entre Portugal e o CERN para os próximos 10 anos. O Protocolo reestabelece o Comité Portugal-CERN como órgão consultivo da FCT que, entre outras funções, reporta anualmente aos directores do CERN e da FCT sobre o progresso da investigação em Física de Partículas em Portugal. No protocolo, o LIP é reconhecido como laboratório de referência para a física experimental de partículas em Portugal.

APPEC

A nova Estratégia Europeia para a física das astropartículas foi lançada ontem em Bruxelas pelo APPEC – Astroparticle Physics European Consortium. O anúncio oficial desta estratégia reuniu físicos de astropartículas de toda a Europa e do resto do mundo e representantes da Comissão Europeia. O documento contém um conjunto de prioridades recomendadas para os próximos 10 anos. O novo roteiro inclui três áreas de investigação em astropartículas:

- o estudo simultâneo de mensageiros cósmicos (raios cósmicos carregados, radiação electromagnética, neutrinos e ondas gravitacionais) emitidos pelas fontes mais energéticas do Universo, numa abordagem multi-mensageiros.
- o estudo detalhado da partícula elementar mais misteriosa e difícil de detectar, o neutrino.
- a exploração do lado escuro do Universo (matéria escura e energia escura) e o estudo da sua evolução desde o big-bang (cosmologia, estudo da radiação cósmica de fundo).

HADES volta a tomar dados

Depois de uma paragem de quase quatro anos, a infraestrutura de aceleração do GSI voltou a estar operacional no dia 10 de Junho de 2018. Esta paragem prolongada deveu-se aos trabalhos de melhoramento das infraestruturas de aceleração, com vista à instalação do SIS100, o novo acelerador de FAIR.

A primeira experiência a voltar a tomar dados é HADES (High Acceptance Dilepton Spectrometer). A começar já no próximo mês de Agosto, estão previstas cinco semanas de tomada de dados em colisões Ag+Ag a 1.67 AGeV. O LIP tem um forte envolvimento nesta experiência: desenvolveu, construiu e opera o sistema de identificação de partículas por tempo de voo baseado em RPCs; e participa activamente na análise de dados.

O detector HADES está continuamente a ser actualizado ou a incorporar novos sub-detectores, para torná-lo mais preciso. Recentemente o foto-detector do RICH foi totalmente actualizado, e o sistema de aquisição de dados está em continuo upgrade. Foi adicionado um calorímetro eletromagnético, motivo pelo qual o detector RPC foi totalmente desmontado e re-montado! No futuro próximo será incorporado um novo detector na região da frente, a baixo ângulo, constituído por um sistema de tracking e outro de tempo de voo baseado em RPCs. A construção deste novo detector é responsabilidade do LIP.

Nos próximos anos, HADES vai operar no novo acelerador com o objectivo de obter dados de alta qualidade relativos a di-electrões provenientes de meios com densidades bariónicas e temperaturas não acessíveis a outras experiências, nem agora nem num futuro previsível.

RPCs a caminho da Antártida

O telescópio de raios cósmicos TRISTAN está finalmente a ser montado no laboratório de detectores do LIP-Coimbra. O detector, composto por três planos de RPCs, está preparado para funcionar de forma completamente autónoma. O telescópio embarcará no navio de pesquisa oceanográfica Hesperides no próximo mês de Outubro, juntamente com o detetor de neutrões 3NM64n. Ambas fazem parte do ORCA, Antarctic Cosmic Ray Observatory. O objectivo é realizar uma medida do fluxo de raios cósmicos norte-sul e ficar depois instalado na base polar Juan Carlos I.

O ORCA premirá medir conjuntamente neutrões, muões, protões, eletrões e raios gama. O TRISTAN e o detector de muões MITO (também parte de ORCA) trarão informação direcional. Estas capacidades permitirão estudar os efeitos da atividade solar no fluxo de raios cósmicos.

// BREVES



O LIP em DUNE

Esta semana, foi aprovado pela colaboração DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) o pedido formal de adesão apresentado pelo Grupo de Física de Neutrinos do LIP. O LIP tornou-se, pois, oficialmente, membro de DUNE. Na foto, vemos a bandeira portuguesa na entrada do edifício principal do FERMILAB, onde decorre uma reunião de colaboração.

As descobertas das últimas décadas trouxeram os neutrinos para a linha da frente na procura de respostas para perguntas fundamentais acerca da composição e evolução do Universo. DUNE será certamente um dos grandes projectos das próximas décadas na procura dessas respostas, estudando em particular a hierarquia de massas dos neutrinos e a violação de CP.

No CERN estão a ser desenvolvidos protótipos dos detectores de DUNE, que serão testados com feixes de partículas já este ano; em 2017 começaram as escavações necessárias para instalar o novo feixe de neutrinos no FERMILAB, e os quatro detectores de 10 kton no SURF, a 1300 km. O primeiro destes detectores deve ser instalado em 2022 para testes, o feixe deve chegar a partir de 2026.

O LIP contribuirá para já em I&D de sistemas de calibração e nos testes dos protótipos na "neutrino platform" do CERN. DUNE é um projecto longo e ambicioso, e seguramente novas áreas surgirão a seu tempo.



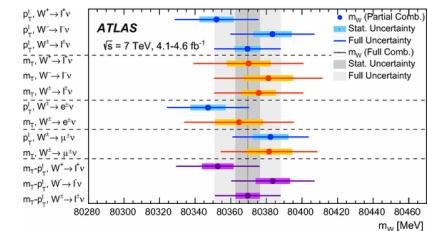
O LIP em SHIP

O grupo das RPCs do LIP foi convidado a integrar a colaboração SHIP (Search for Hidden Particles) com o propósito de desenvolver um protótipo de um detector de tempo de voo. A experiência, cuja aprovação oficial deverá ocorrer em 2020, tem inicio previsto para 2026 com o objectivo de explorar o *Hidden-Sector* da Física de Partículas, de realizar medidas de precisão com neutrinos e anti-neutrinos do tau, e de procurar partículas de matéria escura.

SHIP procurará partículas de baixa massa (< 2 GeV) com uma sensibilidade sem precedentes. Esta região de massa está por explorar na procura de nova física, e será investigada usando o feixe de alta intensidade do acelerador SPS. A detecção, por exemplo, de neutrinos direitos com massas na ordem do GeV permitiria explicar de uma só vez a origem da matéria escura no Universo, a origem da massa dos neutrinos a origem da assimetria bariônica.

SHIP será sobretudo uma fábrica de neutrinos do tau. Usando um detector de emulsão será possível, pela primeira vez, detectar anti-neutrinos do tau e medir as funções de estrutura F_4 e F_5 do protão.

Nesta fase, a participação do LIP consiste no desenvolvimento do protótipo e respectivos estudos de simulação. O objectivo é convencer a colaboração de que a tecnologia das RPCs é a melhor solução para o detector pretendido. O novo grupo também pretende ter uma participação significativa nas análises de física da experiência. Foi estabelecida uma colaboração entre os pólos de Coimbra e Lisboa, com o objectivo de criar a massa crítica necessária ao cumprimento das duas tarefas.



Primeira medida de alta precisão da massa do bosão W no LHC

Num artigo publicado na revista European Physical Journal, a colaboração ATLAS apresentou a primeira medida de alta precisão da massa do bosão W no LHC.

O valor obtido para a massa do W é 80370 ± 19 MeV, o que está de acordo com a previsão do Modelo Padrão da Física de Partículas. O medida baseia-se em cerca de 14 milhões de bosões W recolhidos no ano de 2011, quando o LHC funcionava a uma energia de 7 TeV. O bosão W é um dos mediadores da interacção fraca, uma das forças fundamentais do Universo, e uma das partículas elementares mais pesadas que conhecemos.

Neutrino Forum

O recentemente criado Neutrino Forum é um grupo aberto de discussão que inclui físicos teóricos e experimentalistas (nomeadamente do LIP e do CFTP, mas não só) com interesses na área da física dos neutrinos. Para já, o grupo promove a partilha de informação sobre seminários e outros eventos nesta área.

Os seminários estão acessíveis em:
<https://indico.lip.pt/category/40>

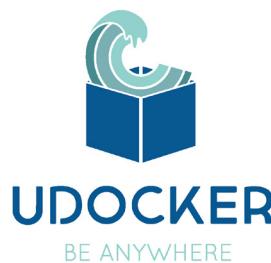
Contactos:
 Sofia Andringa, sofia@lip.pt
 Gui Rebelo, rebelo@tecnico.ulisboa.pt



Certifying CMS data quality from the LIP ROC at IST

The LHC provides CMS with millions of collisions each second, and a wealth of physics data is obtained from the proton-proton interactions. Before the data is made available for physics analyses, however, it needs to be ensured that all relevant CMS sub-detectors were performing optimally during the data taking.

Researchers at LIP take part in this important validation process – and they now do so from the LIP remote control room installed at IST. Dedicated software applications are executed, and displayed in the multiple screens in the room, which allow to inspect and analyse the status and performance of the sub-detectors and certify the quality of the data acquired by the experiment during different runs (consecutive periods of stable data taking). The process involves real-time interaction between experts, who are based at different locations, inspecting the performance of the various sub-detectors during a run. At the end, the outcome is a list of runs that will have been certified, and made available for physics analysis. After monitoring the performance of the various subsystems during the run, the certification outcome is recorded from Lisbon in a central database at CERN.



UDocker – Linux Containers with super powers

A virtualização leve baseada em Linux Containers é cada vez mais usada para distribuir e executar serviços e aplicações. Esta popularidade deve-se à flexibilidade e eficiência na criação, distribuição e execução de ambientes Linux que encapsulam todas as dependências necessárias à execução de um dado software. Os Linux Containers são simples, mais rápidos, e consomem menos recursos do que a virtualização convencional. Desta forma é possível executar um qualquer sistema Linux sobre outro ainda que totalmente diferente (ex. CentOS sobre Fedora).

Neste contexto ferramentas como Docker, Singularity, LXD, etc têm ganho expressão. Infelizmente possuem também limitações que dificultam o seu uso, especialmente em sistemas multi-utilizador.

No âmbito do projeto INDIGO-DataCloud, o grupo de computação do LIP desenvolveu a ferramenta udocker que permite a execução de containers Docker por qualquer utilizador, sem necessidade de instalação de software adicional no sistema, sem compilação, sem necessitar de privilégios, sem usar funcionalidades complexas do kernel e sem quebrar políticas de utilização e contabilização. O software foi concebido para ser descarregado e usado pelo utilizador final e tem por objetivo a execução de aplicações encapsuladas em containers tipo Docker em sistemas batch e interativos.

Mais informações em:
<https://github.com/indigo-dc/udocker>

Conferência DI4R

O grupo de computação do LIP e a INCD são os organizadores locais da conferência DIGITAL INFRASTRUCTURES for RESEARCH (DI4R) 2018, que este ano se realiza no ISCTE, em Lisboa, de 9 a 11 de Outubro. Esta é a terceira edição desta conferência internacional que junta investigadores, infraestruturas digitais e criadores de software a nível Europeu. A conferência DI4R 2018 é organizada conjuntamente pelo EOSC-hub, GÉANT, OpenAIRE e PRACE. Em paralelo com a conferência terá lugar o evento IBERGRID 2018 dedicados à cooperação Ibérica em computação distribuída.

O LIP participa no projeto EOSC-hub que junta o EGI, EUDAT e INDIGO, e que materializa a visão da Comissão Europeia para o European Open Science Cloud (EOSC). O LIP, através na INCD, participa na iniciativa IBERGRID que junta centros de computação científica em Portugal e Espanha, e que permite uma participação conjunta de ambos os países no EGI e EOSC.

Para mais informações:

DI4R 2018:
<https://www.digitalinfrastructures.eu>

IBERGRID 2018:
<https://wibergrid.lip.pt/site/2018-lisbon>

As mulheres na Física e no LIP

Ana Sofia Nunes

relaciona leis de conservação e simetrias, começou a sua carreira de professora universitária sem receber qualquer salário. Estas duas investigadoras notáveis viveram num tempo em que ser mulher no meio universitário era uma desvantagem e foram por isso pioneiras a quem devemos admiração.

Como é hoje a participação das mulheres na investigação em Física? De acordo com um estudo recente publicado na PLOS [1], a diferença de participação entre homens e mulheres na Física (17% de mulheres) é uma das maiores entre todas as ciências e a variação da taxa de participação das mulheres é também bastante baixa (0.13% ao ano).

O LIP é um instituto em que não se constata discriminação com base no género, havendo mesmo um grande número de mulheres em posições de destaque, quer como líderes de grupos de investigação, quer em cargos de direção. A priori, muitos de entre nós não vêem qualquer problema em haver apenas 27% de mulheres entre os investigadores do LIP (incluindo estudantes) [2]. Tendemos a pensar que a sub-representação das mulheres na Física é de certa forma um reflexo do que acontece por exemplo na biologia, que traduz interesses diferentes de homens e mulheres. No entanto, o facto de a percentagem de mulheres nas ciências variar consideravelmente de país para país é uma indicação clara de que os fatores culturais são importantes nas escolhas que as mulheres fazem do seu tema de estudo na universidade e da sua profissão. Além disso, se há cem anos perguntássemos à generalidade da população, ou mesmo apenas às mulheres, se consideravam que as mulheres deveriam votar, provavelmente a resposta seria maioritariamente negativa. Já hoje a resposta seria, naturalmente, diferente.

Ao deixar o LIP em direção à Cidade Universitária, encontramos, à nossa direita, a Rua Branca Edmée Marques (1899-1986). Esta rua tem o nome da aluna, depois professora, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa que fez o doutoramento no laboratório liderado por Marie Curie em Paris, para onde foi acompanhada pela mãe, mesmo sendo já casada. Apesar de ter sido examinada por dois prémios Nobel da Física nas provas de doutoramento, só sete anos depois foi nomeada primeira assistente universitária. Pouco antes, a física-matemática alemã Emmy Noether (1882-1935), autora do teorema com o seu nome que

Se é certo que a igualdade de género é um dos objetivos da ONU inscritos na sua Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável; que a inovação acelerada da ciência e da tecnologia atual é potenciada por abordagens diversificadas dos seus agentes; e, ainda, que a formação e a profissionalização nas áreas de CTEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) correspondem, de um modo geral, a um estatuto social mais diferenciado e a melhores salários; ainda assim, a nossa cultura leva a que muitas raparigas, estudantes e investigadoras, fiquem para trás. Um fenómeno em particular é observado em muitos países: a diminuição da percentagem de mulheres nas áreas CTEM à medida que se avança no percurso académico e profissional.

Em Portugal, a diferença torna-se evidente no ensino secundário, como se pode constatar na Fig. 1.

Curiosamente, a participação de raparigas nas International Masterclasses in Particle Physics aproxima-se, em Portugal, da paridade, o que mostra que as raparigas têm interesse em saber mais sobre a Física, participando neste grande evento de divulgação organizado pelo LIP.

Os dados mostram que a percentagem de raparigas inscritas nos cursos de licenciatura e mestrado em Física e Física Aplicada diminuiu entre os anos letivos de 2004/2005 e 2016/2017, e que diminui do primeiro para o segundo ciclo de Bolonha, como se mostra na Fig. 2.

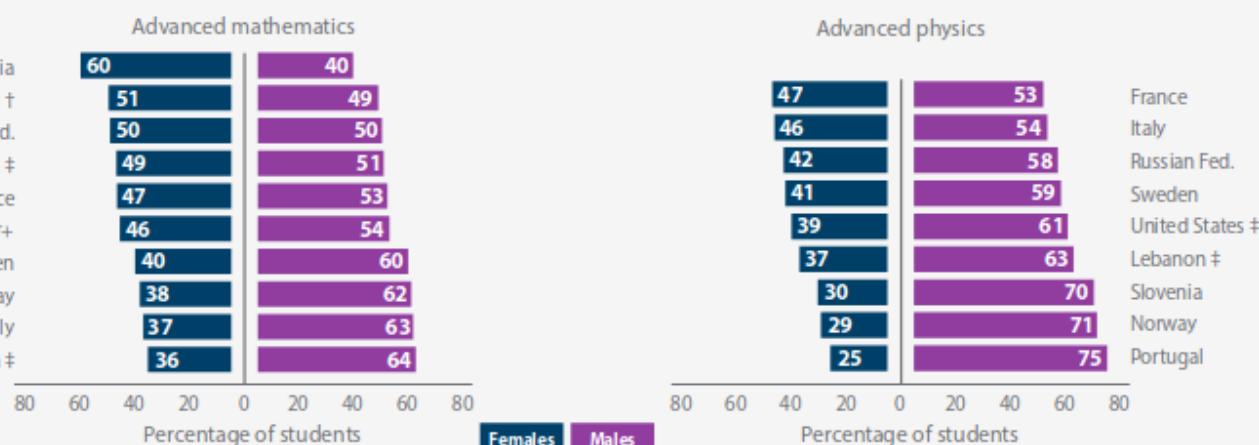


Figura 1: Percentagem de raparigas e rapazes que estudam Matemática (esquerda) e Física (direita) no 12º ano, em diferentes países. Em Portugal, 49% dos estudantes de Matemática são raparigas, mas apenas 25% dos estudantes de Física são raparigas. [3]

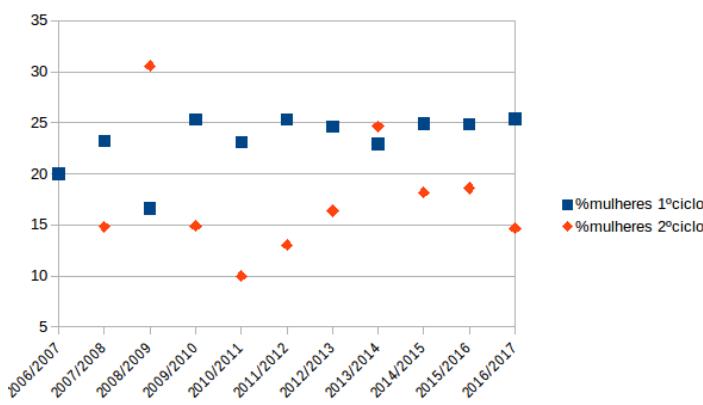
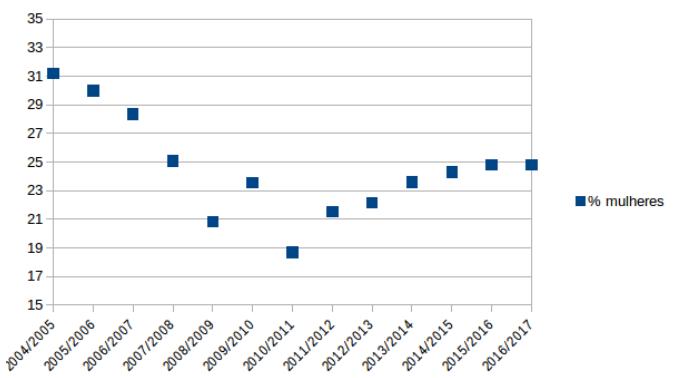


Figura 2: Percentagem de raparigas entre os inscritos em licenciaturas, mestrados e mestrados integrados de Física e Física Aplicada (em cima) e percentagem de raparigas entre os inscritos no primeiro e no segundo ciclo de Bolonha (em baixo, não inclui mestrados integrados), entre os anos letivos 2004/2005 e 2016/2017 [4].

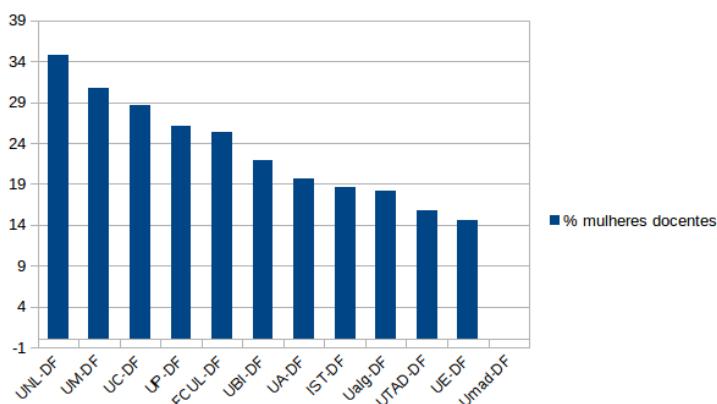


Figura 3: Percentagem de mulheres docentes nos departamentos de Física em Portugal. A nível nacional, a percentagem de mulheres nos departamentos de Física é de 23%. [4]

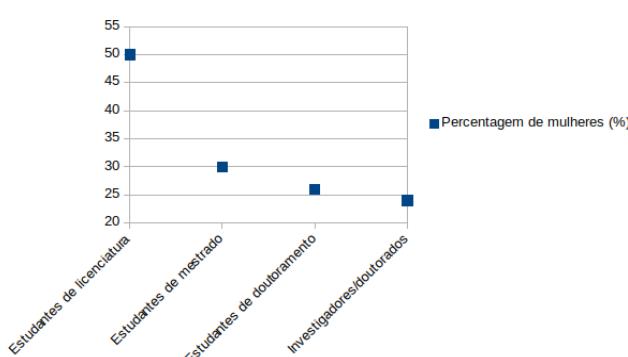


Figura 4: Percentagem de mulheres no LIP, por categoria académica/profissional [4].

Nos departamentos de Física das universidades nacionais, as mulheres estão também sub-representadas, como pode observar-se na Fig. 3.

Os números do LIP mostram a tendência para a diminuição da percentagem de mulheres à medida que se avança no percurso académico, como é evidenciado na Fig. 4.

O que podemos fazer no LIP para que a Física e, especificamente, a Física de Partículas seja mais inclusiva? Podemos, por exemplo, seguir as sugestões de Petra Rudolf, recém-eleita presidente da European Physical Society [5]. Segundo ela, os investigadores deveriam tomar consciência dos seus preconceitos: “todos temos preconceitos, mas só quando nos apercebemos disso é que o nosso lado racional pode manter o controlo sobre os nossos preconceitos irracionais”. Também ao organizar uma conferência ou oficina, deveriam “garantir que o número de mulheres conferencistas é representativo da área. Há suficientes boas conferencistas, e uma mulher representativa como conferencista plenária não é suficiente”. Já entre os empregadores deveria “tornar-se a formação sobre preconceito de género obrigatória para todas as comissões que tomam decisões sobre dinheiro e pessoas, assegurando que estas comissões são representativas”. Ao recrutar e promover pessoas, deveria “assegurar-se que a forma como se avalia a excelência académica não é preconceituosa”, e a duração de contratos temporários (de estudantes de doutoramento, pós-doutoramento e investigadores/professores juniores) deveria “aumentar automaticamente [...] se o contratado teve licença de maternidade ou paternidade”.

Podemos, ainda, pôr em evidência as investigadoras do LIP em atividades de divulgação, formação avançada e conferências.

Na reunião do Conselho Científico do LIP de 4 de maio último foi dado um passo positivo. Foi deliberado que o LIP deveria integrar a rede GENERA para promoção da igualdade de género entre instituições europeias de investigação e financiamento de Física [6]. Esperamos que a associação a esta rede possa ser útil para a partilha de experiências e para a construção de métricas comuns de avaliação da inclusão de grupos sub-representados na investigação em Física e das medidas tendentes a melhorar essa inclusão.

[1] physics world: diversity and inclusion (<https://bit.ly/2y1zyjJ>)

[2] <http://www.lip.pt/?section=about&page=people>

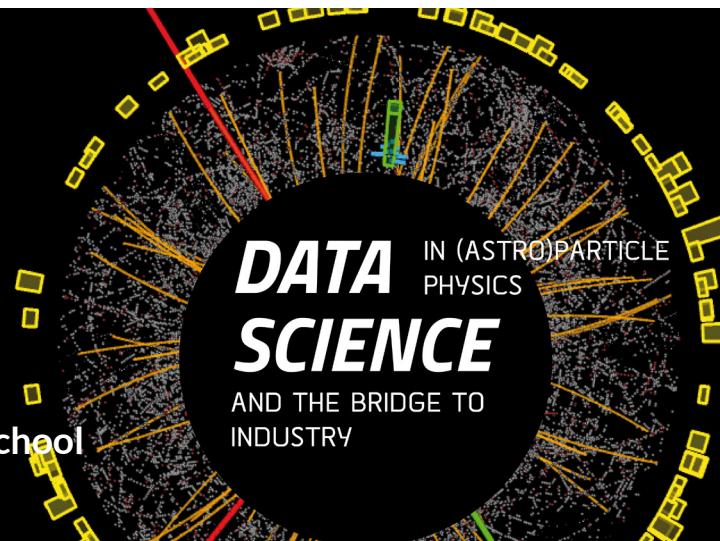
[3] Relatório da UNESCO Cracking the code: girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM), 2017, <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002534/253479e.pdf>

[4] <http://mulheresnafisicanoseculoxxi.blogspot.com>

[5] <https://www.europhysicsnews.org/articles/epn/pdf/2018/01/epn2018-49-1.pdf>, p. 32

[6] <http://genera-project.com>

// FORMAÇÃO AVANÇADA

**Data Science
Symposium and School**

Os data scientists, ou cientistas de dados em português, estão entre os profissionais mais procurados do mercado.

Redes sociais, grandes empresas de distribuição, farmacêuticas, consultoras, companhias de telecomunicações, todas as companhias da Fortune 500 estão a contratar data scientists. Este profissionais usam e desenvolvem novas formas de olhar para grandes volumes de dados: "pegam" em milhares ou milhões de pedaços de informação e conseguem dar-lhes um sentido, e compreender tudo o que nos podem dizer.

As grandes experiências de física de partículas de hoje, como as do acelerador LHC do CERN, são realizadas por grandes colaborações internacionais, que operam complexos detectores de partículas e recolhem quantidades gigantescas de dados. A análise destes dados é verdadeiramente data science, e não é por acaso que muitos jovens doutorados em física de partículas enveredam por carreiras como data scientists no sector empresarial.

Cerca de uma centena de data-scientists estiveram reunidos em Lisboa, nos dias 15 e 16 de Março, à procura de sinergias entre a academia e a indústria. O simpósio, organizado pelo LIP, contou com a participação de diversas empresas convidadas e outras instituições, procurando melhorar o conhecimento mútuo entre dois mundos da data science – o mundo das empresas, e o mundo da investigação fundamental. O objectivo é criar novas sinergias, contactos, projectos comuns. Os participantes beneficiaram da forma aberta como os cientistas colaboraram e trocam informação.

O perfil das empresas e outras instituições participantes no simpósio pode ser resumido da seguinte forma:

- Telecomunicações: Altice Labs, Vodafone
- Computação: IBM
- Área financeira: BNP, Willis Tower Watson, James
- Engenharia: GMV, Bosch, Siemens
- Investigação médica: Fraunhofer, NeuroPsyAI, IBEB
- Outras companhias: MatchProfiler, Nielsen, Booking
- Academia e investigação fundamental: LIP, IST, FCUL, DS Portuguese Association, SPRACE, GAIA, Fermat's Library
- Política e gestão científica: FCT, World Bank

Sponsors:

Siemens, AmpleMarket, Booking.com, IBM

Ao simpósio seguiu-se uma escola, com a duração de três dias, dirigida a estudantes de licenciatura e pós-graduação, que contou com cerca de meia centena de participantes.

TESTEMUNHOS

From Luís Batalha, former Master Student at the LIP AMS group, now at Fermat's Library: "The Data Science Symposium was a great opportunity to learn how some of the best companies in the world are using data science to leverage their businesses. Having a background in particle physics and having founded a company that relies on data science to deliver value to customers on a daily basis made it very clear to me the importance of data science in today's business landscape. The amount of data collected both on a company and individual contexts has been growing exponentially over the past years, which paired with decreasing computational costs makes data science an indispensable tool for companies to gain competitive advantages. Every sufficiently big company in the world will eventually get to a point in its life when either the data it has gathered and/or the data science applications it can do with that data are going to be one of the biggest sources of value for the company. I personally asked several other speakers at the Data Science Symposium what was the single most important application of data science in their companies and the difficulty they had isolating one single example among so many is the proof that data science has already permeated companies in many ways and is going to be part of the core values of a lot of organizations in the years to come".

From Hugo Ferreira's blog <https://bit.ly/2MksCl4>, "I think this event was quite successful in bringing the physics and "real world" communities together and having them share their work. Many of the speakers outside academia were surprised to find that physicists are using many of the same methods and technologies and that they also have big data to deal with (data doesn't get much bigger than that collected by CERN!)"

Estágios de Verão no LIP



O programa de estágios do LIP decorre de Julho a meados de Setembro. A edição de 2018 envolve os três polos do LIP, em Lisboa, Coimbra e Braga. Durante os meses de Abril e Maio decorreram sessões de apresentação em várias universidades, o que permitiu apresentar o programa em geral bem como os diferentes projetos propostos, oferecendo também um primeiro contacto entre orientadores e estudantes. Os projetos cobrem praticamente todas as áreas

e grupos de investigação do LIP. Este ano recebemos um número record de candidaturas, excedendo as 9 dezenas. Neste momento, a participação de cerca de 60 estagiários foi já confirmada. O programa inicia-se com uma semana de cursos introdutórios, de 9 a 13 de Julho. Segue-se o desenvolvimento dos projetos individuais, no quadro dos grupos de investigação do LIP. O estágio termina com um workshop, no início de Setembro, onde cada estagiário terá a oportunidade de apresentar os resultados do seu projeto, para uma audiência aberta que inclui os seus colegas estagiários bem como os investigadores do LIP.



IDPASC School in Valencia

The 8th edition of the IDPASC school was held in Valencia in the end of May. About thirty students participated in this two week long school on particles, astrophysics and cosmology.

The school was organized by Instituto de Física Corpuscular, a joint venture of the Spanish Research council (CSIC) and the University of Valencia. The International Doctorate Network in Particle Physics, Astrophysics and Cosmology (IDPASC) is an interdisciplinary network whose aim is to train a new generation of high-level experts in the fields of Particle Physics, Astrophysics and Cosmology.

// FORMAÇÃO AVANÇADA

Third Lisbon mini-school on Particle and Astroparticle Physics

The Lisbon mini-school on Particle and Astroparticle Physics, co-organized by LIP and CFTP, provides under-graduated students with a comprehensive introduction to the field, covering both theoretical and experimental aspects. This school also gives insight to recent discoveries and to open challenges and stresses the research opportunities in the field in Portugal.

In 2018, the third edition of the school took place in Oeiras in March, and 12 students have participated.

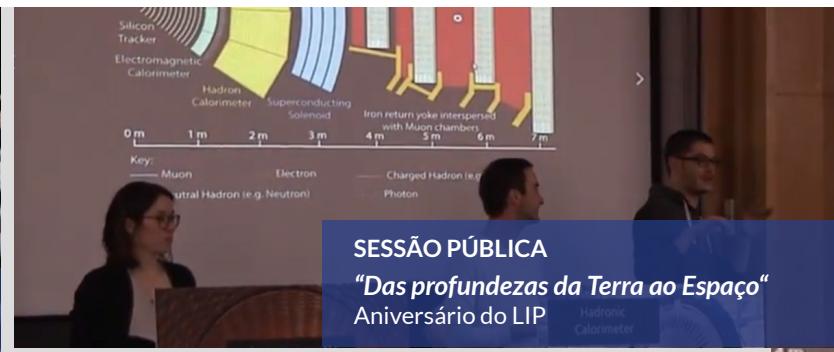


// EVENTOS



FUTURE DIRECTIONS
IN NUCLEAR SCIENCES APPLIED TO HEALTH

Auditório da Reitoria, Universidade de Coimbra



LIPIANOS

NOVOS MEMBROS



Dinis Monteiro

Nasci em Santarém e fiz a licenciatura na área de Audiovisual e Multimédia na ESCS (Escola Superior de Comunicação Social). De seguida fiz o Mestrado em Software de Código Aberto no ISCTE. Já trabalhei em áreas tão distintas como Cinema, Comunicação Social, Compras Públicas, Indústria Financeira e, agora, Investigação no LIP. A minha principal área de interesse reside no desenvolvimento de software com recurso a tecnologias livres e gestão de recursos humanos nas TIC. Paralelamente há vários anos que faço investigação a título pessoal e académico na área do e-recruitment, tendo participado activamente em vários projectos de referência nacionais.



Eliza Melo

Nasci em Brasília e fui criada no Amazonas, na região norte do Brasil. Estudei Física na Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A minha tese de mestrado foi sobre o impacto de pileup em eventos de difração simples na experiência CMS do LHC.

Durante o meu doutoramento na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), trabalhei no desenvolvimento do trigger de di-jatos exclusivos, bem como na análise de física no mesmo tópico. Desde Abril, faço parte do grupo do LIP em Lisboa que estuda decaimentos raros. Neste momento estou envolvida na procura de decaimentos dos bosões Higgs e Z em estados quarkonia, explorando os dados mais recentes de CMS. Gostaria de agradecer a todos os membros do LIP por me receberem tão bem e espero ajudar o LIP na busca de processos raros e física nova nos dados do LHC.



Ozlem Ozcelik

I come from Istanbul, Turkey, where I have been studying Physics at the Mimar Sinan Fine Arts University. During my master studies, I took part in analysis of exotic hadron spectroscopy, which has led to confirmation of an enhancement

known as the X(4140) "exotic" particle. I am currently involved in the $B \rightarrow \mu\mu$ analysis at CMS. I have just joined the LIP CMS Group where I will be pursuing B rare decay studies.

Prémio "Best student lecture"



Ana Luísa Carvalho, estudante de mestrado do IST a desenvolver o seu trabalho de investigação no LIP, foi distinguida com o prémio para a melhor palestra no Encontro Nacional de Estudantes de Física, que decorreu no Porto. Irá, por isso, apresentar a sua palestra na Conferência Internacional de Estudantes de Física, em Helsínquia. O trabalho apresentado foi a pesquisa da produção de dois bosões de Higgs decaindo em quarks b usando métodos de inteligência artificial.

PR condecorou Mariano Gago com a Grã-Cruz da Ordem de Sant'Iago da Espada



Marcelo Rebelo de Sousa condecorou hoje José Mariano Gago com a Grã-Cruz da Ordem de Sant'Iago da Espada. O Ex-Ministro da Ciência foi fundador do LIP e presidiu a esta instituição até ao seu falecimento em 2015.

TESES Doutoramento

Spin Structure of the Proton at Low x and Low Q2 from the COMPASS Experiment at CERN

Ana Sofia Nunes, IST, Dezembro 2017

The thesis describes the COMPASS Detector Control System, in whose development and maintenance I participated. Moreover, it describes the extraction of the spin-dependent structure function of the proton g1p at low values of the Bjorken scaling variable x and of the photon virtuality Q2, using the process of inelastic scattering of longitudinally polarised muons by longitudinally polarised protons. The data were collected by the COMPASS Collaboration in 2007 and 2011, using muon beams of 160 and 200 GeV and an ammonia target. For the first time, spin effects were observed at x values as low as 0.00004.

An Emulation Workbench for Position Sensitive Gaseous Scintillation Detectors

Luis Pereira, UC, Março 2018

Detectores gasosos de cintilação sensíveis à posição (DGCSP) são usados em diversas áreas de investigação tais como a detecção de neutrões e a procura de matéria escura ou por decaimento beta duplo sem neutrinos. O desenho e optimização destes detectores é uma tarefa complexa, tipicamente executada recorrendo a métodos experimentais iterativos ou simulações numéricas. Neste trabalho apresenta-se uma abordagem que combina a simplicidade de ajustar os parâmetros do detector (como numa simulação) com a possibilidade de obter dados experimentais realistas: a emulação controlada da cintilação num DGCSP numa bancada experimental dedicada. Como neste sistema a cintilação é fisicamente emulada por uma fonte de luz pontual e isotrópica, parâmetros práticos intrínsecos tais como a resolução espacial e em energia bem como a distorção espacial podem ser estudados iterativamente para diversas configurações através da análise dos sinais dos fotodetectores. Os resultados obtidos com várias configurações comumente encontradas em DGCSPs demonstram que o sistema de emulação da luz de cintilação pode constituir uma ferramenta útil no desenho e optimização desse tipo de detectores. Uma abordagem semelhante pode também ser usada para fornecer sinais emulados para teste da electrónica de leitura ou para estudar a performance de algoritmos de reconstrução de eventos em condições realistas.

Portugal is organizing the International Physics Olympiad 2018 (July 21-29). This is a unique event, and we are confident that the Portuguese Physics community is willing to contribute to make it a great success. We are asking if you could help us grading the theoretical exams of the participants in this high-level competition. The theoretical exam will take place on July 25, and we have only until the evening of July 26 to mark the tests of all participants. Markers should also be present on the Moderation day July 27. The marking process will take place at IST, Alameda. Markers should have a PhD in physics, or should be in the final stage of obtaining their PhD. The solutions, as well as very detailed instructions on how to mark the problems, will be provided to the markers.

All markers are also invited to attend the IPhO2018 closing ceremony at the Calouste Gulbenkian Foundation on July 28, which is followed by the closing party.

Mestrado

Análise dos Danos da Radiação de Protões Orbitais em Detectores de CdTe

Marcela Páscoa, UC, Março 2018

Future high-energy space telescope missions require further analysis of orbital environment radiation damage on main instruments. A scientific-satellite in a LEO is exposed to the charged particles harsh environment, mainly geomagnetically trapped protons that interact with instruments materials, deteriorating its performance such as the energy resolution.

In order to optimize inflight operational performances of CdTe based telescopes, were measured and analyzed the effects generated by protons on different EURORAD CdTe prototypes under a proton beam (3 MeV to 14 MeV), at ICNAs cyclotron. Several proton fluxes configurations were setup during the tests of the order of typical flight mission duration. Radiation damage effects were analyzed by increasing proton dose and post-irradiation similar measurements performed in laboratory.

Measurement of b-quarks fragmentation fraction ratios at the CMS experiment: a key ingredient for the $B_s \rightarrow \mu\mu$ rare decay analysis

Bruno Alves, IST, Maio 2018



We hope to count on your participation!

Pedro Abreu (Local Organizing Committee, abreu@lip.pt)
Alfred Stadler (Coordinator of the Markers for the theoretical exams, stadler@uevora.pt)

A Horta Jardim Comestível do 3 III

Na mudança de instalações, o LIP Lisboa ganhou espaço verde. Bela, funcionária do edifício, contamos que anteriormente já utilizavam as traseiras para cultivar salsa e outras ervas aromáticas. Em Outubro de 2017, algumas pessoas do LIP arrancaram com o projeto de criar um bosque alimentar¹ nas traseiras do Complexo Interdisciplinar. Desde então, em colaboração com Florian Ulm e David Avelar, doutorandos de biologia e praticantes de permacultura urbana como guardiões da vizinha Horta FCUL, está em criação o que chamaram de HORTA-JARDIM COMESTÍVEL do 3is.

O que é?

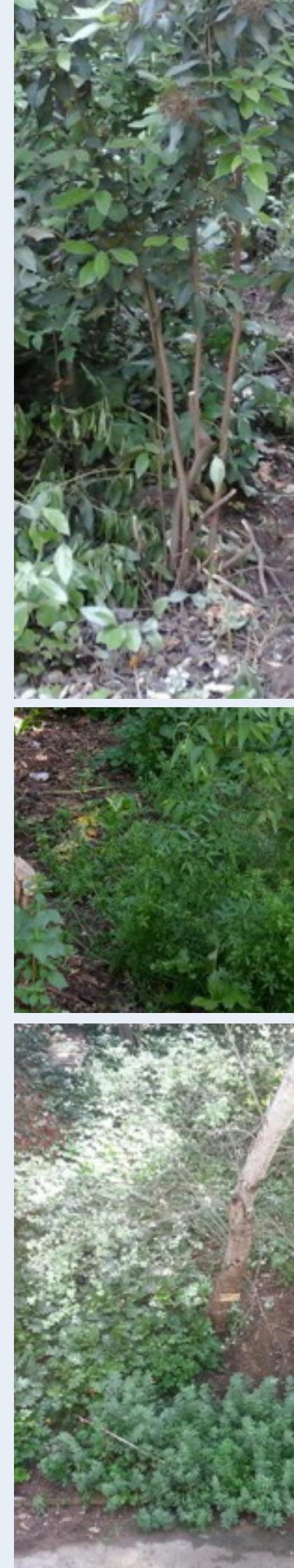
De mãos na horta-jardim, Luís fala-nos da sua visão de bosque alimentar: "A nossa horta é um lugar onde, para além de se juntarem pessoas bonitas e de nos divertirmos, coisa que já é em si mesma suficientemente profunda, se produz alimento. Ora acontece que um jardim comestível é uma maneira excelente de o fazer, onde convivem espécies diferentes em harmonia, onde se produz variedade e resiliência tendo como base a melhoria do solo". Apesar da aparente tranquilidade, confessa que, no seu entender, também há uma espécie de urgência: "O projecto da horta está inserido num contexto mais vasto de hortas urbanas, públicas e privadas que, como um todo, servem como uma espécie de demonstrador para uma cultura de relocalização, isto é, produzir o mais possível, o mais próximo possível dos consumidores. As cidades estão já a transformar-se e continuarão a fazê-lo no sentido de dar resposta a questões de sustentabilidade, de resiliência e até como não pode deixar de ser, de sobrevivência. Veja-se o que está a acontecer com os transportes partilhados e o que aconteceu por exemplo em Detroit com a emergência dos 'agricultores de contentor'. É das cidades que mais produz com essa técnica e uma excelente resposta a uma das maiores crises de sempre...". O colapso é visto com algum optimismo: "As cidades adaptam-se. É no entanto premente discutir a todos os níveis, desde a academia ao governo, passando pelas empresas, pelo mercado, pelas pessoas enfim, a questão da escala. Sendo uma cidade um lugar de optimização de processos, é também, pela sua natureza, um sorvedouro de recursos naturais, pelo que a sua sobrevivência estará sempre intimamente ligada à questão da escala e como tal à sua capacidade de importar recursos ou de os produzir." Termina dizendo: "A nossa horta poderá vir a ser um enorme falhanço ou um bom exemplo de um jardim comestível dentro da nossa cidade, podendo ser replicado em outros

jardins já existentes ou novos, um óptimo espaço de lazer, mas também uma unidade de produção de alimentos contribuindo efectivamente para um futuro da nossa cidade."

O que está cultivado e o que queremos cultivar?

"Tomate, Couve Galega, Rabanete, Rúcula, Alface, Acelga, Batata, Abóbora Hokkaido, Courgete, Pimento, Alho, Menta, Mangericão, Coentros, etc. Um bocadinho de cada coisa, a terra existente ali era muito pobre, e é importante esperar pelo composto que só agora começa a estar disponível", diz-nos Lina. "Plantámos ainda um limoeiro, dois abacateiros, framboesa, kiwi, uma árvore de tangerinas. Ainda estamos a experimentar para ver como se dão as coisas, que problemas se encontram. Também queremos fazer análises aos primeiros legumes para ver se existe algum tipo de contaminação". Há muito espaço para cultivar, a horta deve crescer à medida dos braços e do entusiasmo "A rega é feita com mangueira, ainda não temos sistema de regagota-a-gota". Os cultivos foram decididos de acordo com as sementes que estavam disponíveis. "Por graça, estabelecemos uma espécie de metas comestíveis para a nossa horta: favas¹ para o aniversário do LIP, salada para acompanhar o próximo churrasco, um caldo verde para uma futura sardinhas e couves para o Natal." Só faltavam as cebolas: "comprámos as mudas, para conseguirmos fazer isto só com os ingredientes da horta". Este tipo de "auto-suficiência" caracteriza tanto a agricultura tradicional quanto a permacultura: "Descubro que há muitos aspectos coincidentes. E estou a relembrar muitas coisas. Acho que isto que chamamos de permacultura já se fazia no campo, naturalmente, mas a generalização do uso de químicos enfraqueceu todo o processo, desvirtuando-o. É bom ter uma oportunidade de revisitar a agricultura com esta nova linguagem, que muitas vezes ajuda a refletir na prática em si."

"Mais do que este ou aquela planta, queremos cultivar a «abundância», acrescenta Leonor. "Isso significa: continuar a cultivar para o solo, cultivar para as pessoas, mas também para os insetos e animais dos quais depende a polinização em alguns casos (atrai uns e repelindo outros, através de consociação de plantas, por exemplo). A produtividade da agricultura moderna não é o mesmo que abundância, neste sentido. A produção agro-industrial utiliza tecnologias intensivas que destroem o principal suporte da vida das plantas – que é o solo e que desconsidera o papel de insetos, animais e humanos. Neste tipo de projeto, inspirado pela abordagem da permacultura, procura-se uma eficiência sistémica, que não elimine objetivos para simplificar, como por exemplo este, o de alimentar o solo que nos alimenta a nós."



// LIPIANOS

**Compostar, Reter água e Diversificar**

Um dos elementos mais importantes para continuar a alimentar o solo é o Compostor. "Já existia uma área para compostagem, que começámos desde o início a reutilizar", contam-nos. "Recebemos vários sacos com os restos verdes e secos dos trabalhos de jardinagem da anterior equipa. Basicamente iniciámos uma pilha que consistiu em alternar camadas de verdes (ricas em azoto) e castanhos (ricas em carbono) e esperar pela chuva." O processo é desencadeado com a proliferação de microorganismos, aumentando a temperatura da pilha e diminuindo o volume de biomassa. O composto está pronto passado uns meses, quando a temperatura volta ao normal. O resultado é uma terra fofa, solta e preta, cheia de nutrientes. No fim de Abril, houve uma visita inesperada "O casal manteve-se perto do compostor, o que não é de estranhar, pois têm acesso a muita comida boa". A presença de galinhas num sistema deste tipo é bastante interessante. No entanto, justificam "A sua chegada foi um pouco precoce. Não tínhamos estruturas para as acolher e ainda estavam e estão previstas várias intervenções profundas nas árvores e na morfologia do terreno. De qualquer modo, o galo Eurico e a galinha Eugénia estão bem, vivem agora no espaço Permalab da Horta FCUL. Talvez mais tarde possamos vir a acolher descendentes seus aqui na horta e recolher os múltiplos benefícios da presença destes animais." Por ora, a prioridade é reestruturar a pilha de composto. Criaram uma área de receção dos restos de matéria vegetal trazida pelos jardineiros e em breve, gostariam de iniciar uma experiência-piloto de vermicompostagem em colaboração com a cantina e bar do 3is. "Fechar os ciclos é um dos 12 princípios de design da permacultura "Não produzir desperdício" e também uma das medidas da tal eficiência em que queremos chegar aos 100%" - dizem. Mas há mais maneiras de contribuir para a melhoria do solo. Uma delas é a retenção de água: "Estamos bastante orgulhosos do nosso último trabalho: a construção de valas de infiltração (swales). De novo, com a contribuição da Horta FCUL, fizemos o desenho para a área circundante ao compostor. Inclui a manutenção de uma zona 5 (uma área selvagem, que não tocamos) junto à sebe, a criação de um pequeno charco, um jardim aromático frente ao compostor e 5 valas de infiltração, demarcadas pelas curvas de nível. "Os combros foram feitos com todo o material vegetal oriundo da limpeza dos caminhos, num processo extremamente eficiente a vários níveis. Tudo o que está, fica: pode ser transformado pela compostagem ou diretamente incorporado na arquitetura do espaço de cultivo". Deste modo favorecem a infiltração de água no solo, e para evitar a evaporação, cobrem os combros com mulch - ou cobertura de solo: "muitas vezes isso é feito com palha, o que dá aquele ar característico das hortas em permacultura, mas na verdade "empalha-se" com o que tivermos à mão. Neste

caso, tínhamos ainda vários sacos de folhas secas que podíamos aproveitar". Nestas camas elevadas plantaram diversas espécies, algumas das quais menos habituais: onagra, chicória, murta, amaranto, etc. "Outra das técnicas para cuidar do solo é a diversificação de cultivos, com plantas multifuncionais". Isto significa plantas que além do potencial uso alimentar ou medicinal, podem estar a acumular ou somente a cumprir funções ecológicas: produção de mais biomassa, fixação de azoto no solo, alcalinização, estruturação do solo através de sistemas radiculares profundos, que preparam para a sucessão de espécies, tendo em vista, por exemplo, a plantação de árvores de fruta. "Pensar e pôr em prática tudo isto não é nada óbvio. Estamos constantemente a perguntar, a descobrir e a experimentar". A experiência e métodos da horta FCUL têm sido muito úteis. "É incrível a quantidade de trabalho que meia dúzia de pessoas pode fazer, com alguns métodos diferentes de organização - explica Catarina - há fases que estão em constante iteração: imaginar, planear, decidir, fazer, refletir. Às vezes falta tempo para estar em tudo, mas é possível participar de modo irregular também, por exemplo, posso chegar à horta numa 3ª feira e perguntar simplesmente o que há para fazer". Há muito espaço, o que quer dizer que mais pessoas podem, sem dúvida, participar. "Inicialmente era difícil imaginar como poderíamos intervir ali, mas lentamente, com a prática, a ideia vai ficando mais nítida".

As sessões Hands on decorrem todas as 3^{as} feira (excepto feriados) entre as 12h45 e as 13h45. Quem quiser contribuir de outras formas (ferramentas, donativos, sementes, plantas) basta aparecer ou propor e entrar em contacto com algum/a dos hortelã/os.

Receita de Humous de fava

1,5 kg de fava

1 colher de sopa de tahini (manteiga de sesámo)

1 colher de sopa sumo de limão

1 colher de sopa de azeite

1 dente de alho

1 colher de chá de cominhos, pimentão doce (ou outro tempero a gosto)

coentros e sementes de sésamo tostadas para decorar

sal q.b.

Cozer a fava fresca em água a ferver. Num triturador, colocar alguma da fava e adicionar os temperos. À medida que a fava se desfaz e se mistura, juntar a restante e mais azeite se necessário. No final, decorar com coentros picados e sementes de sésamo tostado.

NO PRÓXIMO NÚMERO DO BOLETIM
IN THE NEXT NUMBER

MARTA milestones achieved

MARTA DAQ production at LIP's eCRLab

LET'S
INSPIRE
PEOPLE



LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO
E FÍSICA EXPERIMENTAL DE PARTÍCULAS
partículas e tecnologia