

O texto a seguir é uma publicação da revista bilíngue Uniso Ciência, da Universidade de Sorocaba, para fins de divulgação científica.

The following story is part of the bilingual magazine Science @ Uniso, published by the University of Sorocaba, for the purpose of scientific outreach.

Acesse aqui a edição completa/  
Follow the link to access  
the full magazine:



PARCERIA • PARTNERSHIP

**GPEXDC**  
Uniso

Brasileiros por trás das grandes descobertas em Física,

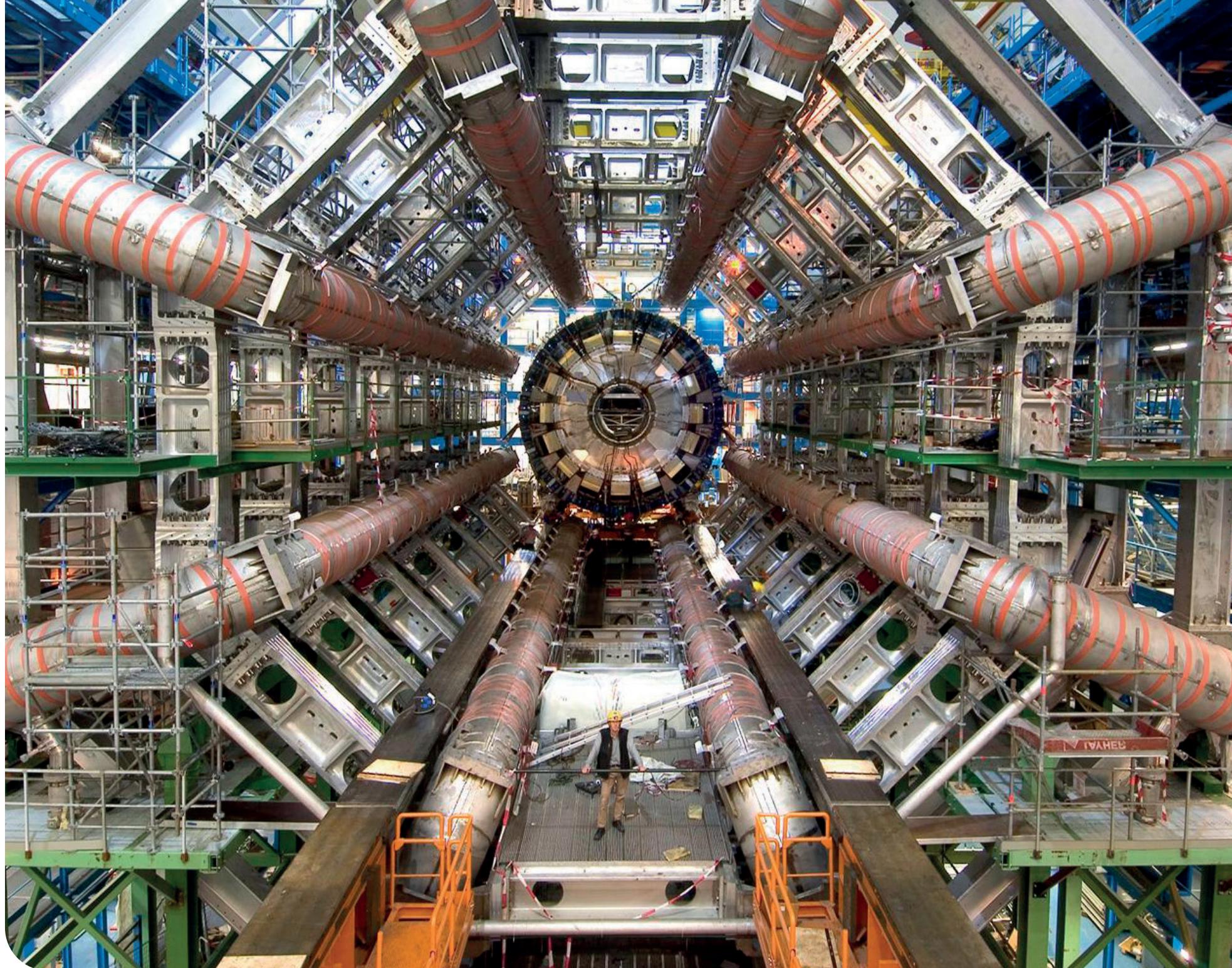
**HOJE E  
AMANHÃ**

Brazilians behind the great breakthroughs in Physics,

**TODAY AND  
TOMORROW**

Por/By: Maria Luiza de Oliveira (IF-USP\*, reportagem/reporting),  
com edição final de/edited by Antony Isidoro (GpexDC-Uniso\*\*)

Foto/Photo: Maximilien Brice/CERN, 2005®



O ATLAS foi um dos experimentos por meio dos quais o famoso bóson de Higgs foi finalmente descoberto em 2013  
ATLAS was one of the experiments that led to the discovery of the famous Higgs boson in 2013

\*Com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação, processo nº 2017/17487-0. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP e da CAPES.

\*\*Grupo de produção experimental em Divulgação Científica da Universidade de Sorocaba (Uniso), em parceria com a Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae).

\*Funded by FAPESP and CAPES, grant no. 2017/17487-0. The opinions, hypotheses, and conclusions or recommendations hereby expressed are the responsibility of the author(s) and do not necessarily reflect FAPESP and CAPES' views on any matter.

\*\*Uniso's Group for experimental writing on Science Communication, in partnership with Renafae, the Brazilian National Network of High Energy Physics.

A palavra átomo, de origem grega, significa partícula indivisível. É usada para se referir à menor partícula de matéria por meio da qual ainda é possível identificar um elemento químico. No entanto, ao contrário do que os antigos gregos pensavam, o átomo está longe de ser a menor partícula e, quando se desce aos próximos níveis, as coisas começam a ficar um pouquinho mais complicadas — ou, em alguns casos,  *muito* mais!

Em primeiro lugar, nem todas as partículas existentes já foram registradas por experimentos humanos; algumas ainda são hipotéticas (o que significa dizer que os cientistas sabem que elas devem estar lá, em algum lugar, mas ainda não conseguiram encontrá-las) e outras acabam violando algumas “regras” do Modelo Padrão, a teoria da Física que serve, entre outras funções, para explicar o funcionamento de todas as partículas fundamentais, bem como as possíveis interações entre elas.

Algo parecido aconteceu em 2013, quando foi finalmente confirmada a existência do bóson de Higgs, uma partícula que até então era apenas hipotética e cuja descoberta ajudou a responder mais um pedacinho daquelas perguntas que os gregos fizeram no passado: de que são feitas todas as coisas e como é que a natureza funciona, no fim das contas? Só mais um pedacinho, na verdade, porque o bóson de Higgs está longe de ser explicado por completo por meio dos dados aos quais os cientistas têm acesso hoje. O que se sabe é que o Higgs é o responsável por conferir massa às partículas. Como, exatamente? Boa pergunta!

“Nós ainda estamos começando a entender como ele interage com as outras partículas. A ideia é que, à medida que nós vamos conhecendo a interação com cada uma das partículas com diferentes massas, nós passamos a ter dados para exercitar os modelos”, explica o doutor Marco Aurelio Lisboa Leite, pesquisador da Universidade de São Paulo (USP) e coordenador da participação da universidade em um dos grandes experimentos que levou à descoberta do bóson de Higgs.

A partícula foi descoberta no LHC (o Grande Colisor de Hádrons, na sigla em inglês), que é o maior acelerador de partículas em atividade no mundo. Uma iniciativa da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (Cern, no antigo acrônimo em francês), o LHC é uma colaboração internacional dedicada aos estudos em Física de

The word atom, of Greek origin, means indivisible particle. It is used to refer to the smallest particle of matter that still makes it possible to identify a chemical element. However, contrary to what the ancient Greeks used to think, the atom is far from being the smallest particle, and when we go down to the next levels, things start to get a little trickier—or, in some cases,  *much* trickier, actually!

First of all, not all existing particles have been recorded by human experiments; some are still hypothetical (which means that scientists know they must be there somewhere, but still cannot find them), and others end up violating some of the “rules” of the Standard Model, the Physics theory that, among other things, explains how all fundamental particles work, as well as the possible interactions among them.

Something like that happened in 2013, when the existence of the Higgs boson was finally confirmed. It was a hypothetical particle until then, and its discovery helped answering a little more of those questions that the Greeks asked in the past: what are all things made of, and how does nature work after all? Just a little more, indeed, because the Higgs boson is far from being fully explainable by the data to which scientists have access nowadays. The Higgs boson is responsible for giving particles their mass. How exactly? Good question!

“We are still beginning to understand how it interacts with other particles. The idea is that, as we get to know how it interacts with each one of the particles with different masses, we gather more data to test the models,” explains Dr. Marco Aurelio Lisboa Leite, a researcher at the University of São Paulo (USP), and the coordinator of the university’s participation in one of the large experiments that led to the discovery of the Higgs boson.

The particle was discovered at the LHC (the Large Hadron Collider), which is the largest active particle accelerator in the world. An initiative of the European Organization for Nuclear Research (Cern, in the old French acronym), the LHC

Partículas. Em suas dependências subterrâneas, feixes de partículas subatômicas são colididos a uma velocidade próxima à da luz, fazendo com que as partículas se fragmentem em outras ainda menores. Além disso, a própria energia envolvida na colisão, sendo extremamente alta, também dá origem a outras partículas. O processo é registrado por detectores de alta precisão, um dos quais é o ATLAS (sigla para  *A Toroidal LHC Apparatus*, que se traduz literalmente como Um Aparato Toroidal do LHC), cuja participação brasileira na USP Leite coordena.

A participação do Brasil nesse experimento é expressiva. Há grupos espalhados por diferentes instituições no país, que se dedicam à análise dos dados obtidos a partir das colisões que acontecem no LHC, em instalações subterrâneas a 100m sob a fronteira entre a Suíça e a França. Juntos, esses cientistas buscam melhorar o conhecimento que se tem a respeito do Modelo Padrão — ou talvez até ir além dele. De forma simplificada, o Modelo Padrão prevê os resultados da interação entre determinadas partículas em dadas condições e, a partir dessas informações, a equipe compara os dados de colisões reais com os resultados previstos. “Se existir alguma discrepância entre o que o Modelo prevê e o que nós estamos medindo, isso pode ser uma indicação de que, naquele aspecto, o Modelo ainda não é perfeito”, esclarece Leite. Estudos dessa linha são chamados de medidas de precisão. Até o momento, com as ferramentas que existem à disposição, inconsistências desse tipo ainda não foram encontradas, mas a possibilidade não pode ser descartada.

### MOMENTO DE EVOLUÇÃO

Para o LHC, o biênio 2019—2020 marca um período de pausa prolongada nos experimentos, para a realização de um  *upgrade* em todas as instalações que compõem o acelerador de partículas. Segundo Leite, os dados coletados até agora representam apenas 4% do total dos dados que se espera coletar durante o tempo de operação do LHC. A maior parte dos dados deverá ser coletada após a segunda grande atualização, que deve acontecer entre 2024 e 2026.

Haverá um aumento no que os físicos chamam de luminosidade, que, basicamente, está relacionada à quantidade de colisões ocorridas, ou seja, o número de eventos captados pelos detectores num intervalo de tempo. Isso significa que a quantidade de dados obtidos no experimento

is operated by an international collaboration dedicated to researches focused on Particle Physics. Inside its underground facilities, beams of subatomic particles collide close to light speed, which causes the particles to fragment into even smaller ones. Besides that, the energy involved in the collision, being extremely high, also originates other particles. The process is recorded by high-precision detectors, one of which is ATLAS (short for A Toroidal LHC Apparatus), whose Brazilian participation at USP is coordinated by Leite.

Brazil’s participation in this experiment is significant. There are groups spread across the country, at different institutions, dedicated to the analysis of data obtained from the collisions that take place at the LHC, in underground facilities 100m under the border between Switzerland and France. Together, these scientists seek to improve the knowledge on the Standard Model—or even go beyond. In simple words, the Standard Model predicts the results of the interaction between certain particles under given conditions, and, having that information, scientists compare data obtained from the actual collision with the predicted results. “If there is any difference between what the model predicts and what we are measuring, it may be an indication that the model itself is still not perfect, in that respect”, Leite explains. This kind of study is called precision measurement. So far, considering the tools available, such inconsistencies have not yet been found, but possibilities are still on the table.

### EVOLUTION TIME

At the LHC, the 2019—2020 biennium delimits a prolonged break in the experiments, in order to upgrade all facilities that integrate the particle accelerator. According to Leite, data collected so far represent only 4% of the total data expected to be collected during the LHC’s operating time. Most data should be collected after the second major update, which is scheduled to take place between 2024 and 2026.

There is going to be an increase in what physicists call luminosity, which is basically related to the number of collisions that occur, or in other words the number of events detected during

vai crescer exponencialmente, o que é ótimo para acumular mais informações sobre as partículas e as forças por meio das quais elas interagem. “Se você tem uma grande quantidade de dados, isso significa que, no final de algumas medidas, a sua incerteza estatística será pequena”, simplifica o pesquisador. Mas há um contraponto, pois, para que isso seja possível, o sistema de detecção deve, também, processar mais rapidamente essa informação, caso contrário a quantidade de dados não serve para absolutamente nada. Para isso, os experimentos do LHC também devem passar por um processo de atualização.

É aí que entra em cena outro projeto do grupo de São Paulo, cuja responsabilidade é desenvolver um sistema que preserve a eficiência do detector em selecionar eventos de alta luminosidade. “Nós não estamos envolvidos na construção de um dispositivo, mas no trabalho de validação desse dispositivo, e também no desenvolvimento de algoritmos que serão utilizados por ele”, esclarece o coordenador. Esse sistema de seleção de eventos, que os cientistas chamam de *trigger*, é baseado em calorimetria, ou seja, na medição da energia das partículas. O sistema é programado para identificar e registrar apenas os eventos de interesse, que se pretende estudar naquele momento, bem como os fenômenos mais raros.

É mais ou menos como posicionar uma pessoa em uma rodovia e pedir para ela anotar as placas dos carros que passam, explica o pesquisador. Seria muito mais fácil registrar os carros de um determinado fabricante (os eventos que se pretende estudar naquele momento) e, digamos, todas as caminhonetes amarelas (fenômenos mais raros), do que buscar essas informações considerando todos os veículos que passaram pela rodovia. O sistema deve filtrar as informações inicialmente, para que, então, elas possam ser selecionadas e estudadas com maior detalhamento.

Além de todos esses aprimoramentos, que já estão em andamento, há planos ainda mais audaciosos para o futuro. Outro *upgrade* espera o LHC em 2027, o projeto LHC de Alta Luminosidade (HL-LHC). O ATLAS, particularmente, vai receber um novo sistema de detecção chamado *High-Granularity Timing Detector*, baseado em detectores semicondutores de silício. “Além da informação espacial da trajetória das partículas, nós teremos a informação do tempo associado à trajetória da partícula. Essa informação extra vai

a given time interval. This means that the amount of data obtained in the experiment will grow exponentially, which is great for accumulating more data on the particles and the forces through which they interact. “If you have a lot of data, it means that at the end of some measurements, your statistical uncertainty will be small,” the researcher summarizes. On the other hand, in order for this to be possible, the detection system must also process all this information faster, otherwise the amount of data is totally worthless. Therefore, the LHC experiments must also go through an update process.

That is precisely why the group from São Paulo has another project, which aims at developing a system that enables the detector to keep selecting luminous events efficiently. “We are not involved in building a device, but in its validation, and also in the development of the algorithms it is going to use”, explains the coordinator. This event selection system, which scientists call trigger, is based on calorimetry, namely the measurement of particles’ energy. The system is programmed to identify and record only the events to be studied at the time, as well as the rarest phenomena.

It is like asking someone to stand by a highway and write down the license plates of cars that pass by, as the researcher explains. It would be much easier to record the cars of a particular manufacturer (the events that one intends to study at the time) and, let us say, all the yellow pickup trucks (the rarest phenomena), than to look for this specific information considering all the vehicles that drove through the highway. The system must filter the information so that it can then be selected and studied in greater detail.

In addition to all these enhancements, which are already in progress, there are even bolder plans for the future. Another upgrade awaits the LHC in 2027, the High-Luminosity LHC (HL-LHC). ATLAS, in particular, will receive a new detection system called High-Granularity Timing Detector, based on silicon semiconductor detectors. “Besides the data on the particle’s trajectory, we will have data on the time associated with the trajectory. This extra information will allow us to implement techniques to identify very precisely the initial point that originated these trajectories,” the researcher says.

permitir implementar técnicas para identificar com muita precisão o ponto que deu origem a essas trajetórias”, diz o pesquisador.

### INCENTIVANDO OS FÍSICOS (E OS JORNALISTAS DE CIÊNCIA) DE AMANHÃ

Todos os dias, partículas colidindo nos túneis que constituem o LHC produzem uma quantidade enorme de dados a serem estudados, para que novas descobertas possam ser feitas. É muito conhecimento sendo produzido e os cientistas acreditam que, de alguma forma, todo esse conhecimento produzido deve ser levado ao público não especialista. É para isso que servem programas de divulgação científica, como o próprio Uniso Ciência, e também como o *International Master Classes: Hands on Particle Physics*, por meio do qual estudantes do Ensino Médio têm a oportunidade de assistir palestras sobre o LHC, conhecer os equipamentos utilizados pelos cientistas e conversar diretamente com os pesquisadores. “Nós percebemos claramente que, uma vez que você dá as condições, as pessoas se envolvem. Na verdade, muitas das perguntas mais difíceis são feitas por essas pessoas, porque são as perguntas mais fundamentais”, diz Leite.

Em 2020, a Universidade de Sorocaba (Uniso) vai sediar uma edição do evento internacional, reunindo alunos de colégios da região de Sorocaba na Cidade Universitária para uma sessão de estudos e debates sobre física de partículas. A oportunidade de trazer o evento para Sorocaba nasceu da parceria entre a Universidade, por meio do Grupo de produção experimental em Divulgação Científica da Uniso (GpexDC-Uniso), e a Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae).

Para o professor mestre Fábio Tozo, que foi o responsável pela prospecção dos colégios contemplados, esse tipo de iniciativa é importante por criar para os estudantes a oportunidade de vivenciar o dia a dia da pesquisa. Para ele, que leciona tanto em cursos de graduação da Uniso quanto no Colégio Dom Aguirre (que é mantido pela mesma fundação que a Universidade), é particularmente especial que isso aconteça em consonância às pesquisas desenvolvidas num laboratório que é um dos mais importantes em todo o mundo. “Para estudantes que estão no Ensino Médio, é importante experimentar a ciência de uma forma tão positiva e enriquecedora, o que reforça a pesquisa como uma opção de carreira. Afinal, essa é a geração que, nos próximos anos, vai contribuir para a continuidade dos avanços brasileiros em Ciência, Tecnologia e Inovação”, ele defende.

### ENCOURAGING THE PHYSICISTS (AND SCIENCE JOURNALISTS) OF TOMORROW

Every day, particles colliding within the LHC tunnels produce a huge amount of data to be studied so that new discoveries can be made. It is a lot of knowledge being produced, and scientists believe that all that knowledge should be passed on to the non-specialist public. That is what science outreach programs are all about, just like Science @ Uniso, and also the International Master Classes: Hands on Particle Physics, through which High School students have the opportunity to attend lectures on the LHC, to learn about the equipment scientists use over there, and to talk directly to the researchers themselves. “We realized that once people are given the conditions, they get involved. In fact, many of the most difficult questions are asked by these people, because they are the most fundamental questions,” Leite says.

In 2020, Uniso will host an edition of the international event, bringing to campus High School students from the region of Sorocaba for lectures on Particle Physics. The opportunity to host the event in Sorocaba is a result of the partnership between the university, through its Group for experimental writing on Science Communication (GpexDC-Uniso, in the Portuguese acronym), and the Brazilian National Network of High Energy Physics (Renafae).

According to professor Fábio Tozo, who was in charge of selecting the participant schools, this kind of initiative is important because it creates the opportunity to experience research first hand. As a professor at Uniso and a teacher at Dom Aguirre High School (which is maintained by the same foundation as Uniso), he thinks it is particularly special that students have access to research carried out in a laboratory which is one of the most important in the whole world. “For High School students, it is important to have this experience in such a positive and enriching way, which reinforces research as a career choice. After all, this is the generation that, in the coming years, will contribute to the continuity of Brazilian advances in Science, Technology, and Innovation,” he argues.