

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

GABRIELA BRITO ORTELAN

**POTENCIALIDADES DE NOTÍCIAS PUBLICADAS POR MÍDIAS
DE GRANDE ACESSO PARA A INCERSÃO DE FÍSICA
MODERNA NO ENSINO MÉDIO – O CASO LHC**

SÃO CARLOS

2015

GABRIELA BRITO ORTELAN

**POTENCIALIDADES DE NOTÍCIAS PUBLICADAS POR MÍDIAS
DE GRANDE ACESSO PARA A INCERSÃO DE FÍSICA
MODERNA NO ENSINO MÉDIO – O CASO LHC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, na linha de pesquisa Educação em Ciências e Matemática como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Alice Helena Campos Pierson (DME/UFSCar)

São Carlos

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

077p Ortelan, Gabriela Brito
Potencialidades de notícias publicadas por mídias de grande acesso para a inserção de física moderna no ensino médio - o caso LHC / Gabriela Brito Ortelan. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
123 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Ensino de física moderna e contemporânea. 2. Ensino de física de partículas. 3. Análise crítica da mídia. 4. LHC. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Educação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Gabriela Brito Ortelan, realizada em 14/08/2015:



Profa. Dra. Alice Helena Campos Pierson
UFSCar



Prof. Dr. Marlon Caetano Ramos Pessanha
UFSCar



Profa. Dra. Saete Linhares Queiroz
USP

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e minha irmã, Alda, Marcos e Camila, pelo apoio e por acreditarem no meu mestrado, mesmo que ele e meus outros afazeres resultassem em meses sem vê-los.

Agradeço especialmente a Alice Pierson, que com muita paciência me ajudou muito neste processo, sempre nos dando elementos para reflexão e sendo uma excelente orientadora. Também, agradeço aos membros do grupo de pesquisa que sempre contribuíam nas reuniões para o amadurecimento da minha pesquisa: Lucas, Mariana, Silvia, Túlio, Rafael Jaú e Prof. Carol.

Agradeço também aos professores com quem eu tive a oportunidade de cursar as disciplinas da pós, que também contribuíram, mesmo que indiretamente, para o meu trabalho. Os professores Marlon, Denise e Salete, que contribuíram muito para o meu trabalho nas bancas de qualificação e defesa.

Agradeço ao Cursinho pré-vestibular da UFSCar, que mais do que um ambiente de trabalho, foi um ambiente de amizades e aprendizagens durante estes anos, além de um espaço de coleta de dados para a minha pesquisa. Os coordenadores Fulvio, Marina, Érica e Anselmo, e os amigos Everton, Alessandra, Nilton, Lucas Pires, Foca, Thiago, Drago, Japa, Paulo, Talita, Iann, Bob, Leandro, Bazão, Jeff, Aninha, André e Bruno entre outros, que me aguentaram reclamando e me ajudaram com muitos conselhos.

Meus amigos do DF, que mesmo eu não fazendo mais parte daquele mundo de provas e contas, sempre me convidavam para estudar. Em especial, agradeço a minha amiga Luiza, que estava sempre solícita a assistir um filme ou jogar videogame, e minha amiga Carol, me ajudando com seus pontos de vista empresariais e sua disposição para rachar uma pizza. Também, meus amigos de Rio Claro: Mel, Zé e Dália, que estavam sempre lá nas poucas vezes que eu voltava.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram, de alguma forma, para o meu trabalho e para o meu crescimento como pessoa neste período.

*Tranque as bibliotecas, se quiser; mas não há portões, nem fechaduras,
nem cadeados com os quais você conseguirá trancar a liberdade do
meu pensamento*

Virginia Woolf

Lista de quadros e tabelas

Quadro 1	Relação das notícias selecionadas com respectivo código, veículo e data de publicação.	34
Quadro 2	Conjunto de notícias analisado	57
Quadro 3	Organização do minicurso	73
Quadro 4	Dados de caracterização dos participantes do minicurso	76
Tabela 1	Temas das notícias analisadas em ordem crescente de incidência	49
Tabela 2	Notícias analisadas em relação à função ou tom	50
Tabela 3	Notícias em relação aos conteúdos	54

Lista de Abreviaturas e siglas

FMC	Física Moderna e Contemporânea
EM	Ensino Médio
FP	Física de Partículas
LHC	Grande Colisor de Hadrons (em inglês: Large Hadrons Collider)
CERN	Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear

Resumo

Descobertas científicas e grandes experimentos são muitas vezes objeto das grandes mídias e da divulgação científica. O contato com estes materiais pode, de várias formas, contribuir para o trabalho do professor em sala de aula. O presente trabalho tem como objetivo estudar a potencialidade do uso destes materiais em sala de aula, a partir das diferentes dimensões que estes materiais podem tanger. Inicialmente, é apresentado um panorama da inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio, suas justificativas e seus desafios. Também, são apresentadas algumas características e possibilidades da utilização de materiais de divulgação científica na sala de aula, à luz de autores localizados nesta interface entre Educação e Comunicação. Este trabalho foca no que chamamos de “Caso LHC”, que se refere a materiais midiáticos associadas ao acelerador de partículas LHC (Large Hadrons Collider), como elemento contextualizador para o ensino de física de partículas, mas também como motivador para outras questões, como a relação entre a ciência e a sociedade, entre outros. É apresentada uma descrição de um conjunto de notícias publicadas entre 2006 e 2013 que tratam do caso LHC, bem como uma análise crítica deste conjunto, a partir de alguns critérios, como tema, foco e conteúdo das notícias. A partir deste conjunto de notícias analisado, foi elaborado e ministrado um minicurso para alunos do Cursinho pré-vestibular da UFSCar, como espaço de coleta de dados, com o objetivo de avaliar o potencial de utilização de notícias divulgadas pela mídia na seleção e desenvolvimento de conteúdos relacionados à física moderna no ensino médio. Os resultados apontam para a possibilidade do uso de notícias em sala de aula, cumprindo diferentes papéis a partir do objetivo do professor. No caso LHC, a possibilidade de utilizar notícias com diferentes características para motivar discussões que estabelecem relações com a ciência, tecnologia e sociedade se mostrou factível e interessante, visto que pode contribuir para a construção de uma visão de ciência menos distorcida e mais crítica, e dando sentido ao ensino de física de partículas no ensino médio.

Palavras-chave: Ensino de física moderna e contemporânea; Ensino de física de partículas; Análise crítica da mídia, LHC

Abstract

Scientific discoveries and large experiments usually become object for mass media and scientific disclosure. Contact with this material can, in many ways, contribute to the teacher's work in the classroom. This paper has the objective of studying the potential use of this material in the classroom, through the different dimensions this material can encompass. Initially, a wide outlook of the insertion of modern and contemporary physics in high school is presented, with its justifications and challenges. Some characteristics and possibilities for the use of scientific disclosure materials in class are also presented, under the viewpoint of authors located within this interface between education and communication. This paper focuses on what is called the "LHC Case", referring to media material associated to the particle accelerator LHC (Large Hadron Collider), as contextualizing element for particle physics teaching, and also as motivator for other questions, like the relationship between science and society, among other things. A description of a set of newspaper articles about the LHC case published between 2006 and 2013 is presented, as well as a critical analysis of this set, using a few criteria such as the news theme, focus and content. From this analysis of the news, a minicourse was elaborated and ministered for students of UFSCar's college preparatory course, as a space for data collection, with the purpose of evaluating the potential use of media disclosed news in the selection and development of content related to modern physics in high school. Results point at the possibility of the use of news in classes, fulfilling different roles according to the teacher's objective. In the LHC case, the possibility of using news with different characteristics to motivate discussions which establish relations with science, technology and society has proven feasible and interesting, as it can contribute for the construction of a less distorted and more critical view of science, and giving meaning to the teaching of particle physics in high school.

Keywords: Modern and contemporary physics teaching; Physics teaching particles; Critical analysis of media, LHC

Sumário

Introdução	1
Capítulo 1	
A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	7
<i>1.1 A Física de Partículas no Ensino Médio – propostas de inclusão</i>	8
<i>1.2 A Física de Partículas no Ensino Médio – discutindo elementos e possibilidades</i>	11
<i>1.3 Uma rápida incursão no desenvolvimento da Física de Partículas</i>	15
Capítulo 2	
A Ciência, a mídia e o Caso LHC	
<i>2.1 A Ciência e a Mídia</i>	28
<i>2.2 O Caso LHC na mídia - Um panorama geral do material selecionado</i>	33
<i>2.3 A Física e o conteúdo das notícias analisadas</i>	42
Capítulo 3	
Análise Crítica da Divulgação pela Mídia do Caso LHC	47
<i>3.1 O Tema da notícia</i>	48
<i>3.2 A função/tom dado à notícia</i>	49
<i>3.3 O conteúdo das notícias</i>	52
<i>3.4 Síntese da análise</i>	55
Capítulo 4	
O minicurso “A mídia, o LHC e a Física de Partículas”	64
<i>4.1 Plano de desenvolvimento do minicurso</i>	66
<i>4.2 Análise do minicurso e seus resultados para a pesquisa</i>	73
Considerações finais	96
Referências bibliográficas	99
Anexos	102

Introdução

As inovações tecnológicas e grandes descobertas da ciência são assuntos que permeiam a área de divulgação científica e, muitas vezes, estão presentes nas mídias de grande acesso. A partir disto, nota-se que a física e suas aplicações frequentemente recebem destaque neste ambiente. Nos últimos anos, é possível perceber a grande presença de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) sendo divulgadas nos meios de comunicação. Em especial, focamos na física de partículas e nas relações com o Large Hadron Collider (LHC), o maior acelerador de partículas do mundo, que foi inaugurado em 2008, na Suíça.

O LHC, que pertence ao CERN, Centro Europeu para a Pesquisa Nuclear, demorou 20 anos para ser construído e custou aproximadamente 10 bilhões de dólares, consiste em um túnel circular de 27 km de extensão localizado entre a Suíça e a França, a 100 metros de profundidade da superfície, com o objetivo de colidir feixes de hádrons, ou seja, partículas elementares compostas por quarks, entre elas os prótons e os nêutrons. Com estas colisões feitas a grandes velocidades, é possível recriar situações semelhantes aos dos primeiros instantes após o Big Bang e detectar novas partículas e encontrar partículas que até o momento são apenas construções teóricas.

O que chamamos aqui de “caso LHC” comporta questões referentes à inauguração, funcionamento e contribuições científicas do LHC, assim como seu uso como elemento contextualizador para o ensino de física moderna e física de partículas, tangendo também os potenciais destas questões para o ensino. Julgamos este tema como relevante devido às importantes contribuições para a física que o LHC vem trazendo, sendo citado diversas vezes em manchetes de jornais e capas de revistas.

Desta forma, a motivação para este trabalho foi o interesse de minha parte pela relação entre a forma como o Caso LHC tem sido apresentado em notícias, visto sua presença na mídia desde 2008 e a possibilidade do uso destes materiais como uma forma de seleção de conteúdo de física moderna a ser ensinada no Ensino Médio.

A realização da pesquisa contou inicialmente com um levantamento sobre os trabalhos científicos que defendem a incorporação da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e uma análise e discussão sobre as possibilidades de utilização de materiais midiáticos, particularmente textos escritos, como recurso didático.

Nesse sentido, realizamos um panorama das notícias publicadas sobre o caso LHC nos últimos anos destacando o tema da notícia, a forma como o conteúdo foi apresentado e a sua data de publicação.

Foi feita, ainda, uma pesquisa na literatura científica sobre o ensino e divulgação de Física Moderna e Contemporânea (FMC) e, em especial, da Física de Partículas (FP). Nesse levantamento, foram encontrados diversos trabalhos como: Ostermann (1999); Abdalla (2006); Ostermann e Cavalcanti (2001); Siqueira (2006); Moreira (2007); Rosenfeld (2013); Siqueira e Pietrocola (2012); Balthazar (2008), entre outros. Os trabalhos abordam a temática com diferentes enfoques como, por exemplo: uso e desenvolvimento de materiais didáticos; divulgação científica; relações epistemológicas.

Discussão sobre a incorporação da FMC no ensino médio não é recente. Os primeiros trabalhos localizados datam da década de 1990 e, embora haja um certo consenso sobre as justificativas para sua entrada no currículo de física (FIGUEIRA 2014) e venha crescendo o número de publicações, particularmente de propostas metodológicas para o ensino de variados tópicos, não localizamos trabalhos que proponham e justifiquem o que de física moderna levar ao ensino médio e como fazê-lo de maneira a dar significado para os estudantes sobre o conhecimento desenvolvido.

Figueira (2014) apresenta em sua pesquisa um levantamento das justificativas expostas por autores de trabalhos relacionados com a inserção da FMC no ensino médio. Nesse trabalho, verificou-se que a maior parte das justificativas aponta para a necessidade de inserção de conteúdos mais atuais no ensino, embora um conjunto de justificativas discuta essa inserção como parte de um processo de mudança na perspectiva de qual física levar para o ensino médio e com que objetivo diante do reconhecimento do ensino médio como etapa conclusiva da educação básica. Organizando essas justificativas a partir das dimensões ciência, tecnologia e sociedade, Figueira verificou que um maior número de trabalhos apresentava justificativas na intercessão entre ciência e sociedade, apontando a preocupação de utilizar as discussões relativas à FMC com a incorporação de elementos de caráter social.

Entretanto, se por um lado a literatura da área de ensino de física identifica na inserção da FMC um potencial para a incorporação de elementos de caráter social, sua presença nos livros didáticos, com frequência, encontra-se apoiada em propostas de ensino que, distantes dessa preocupação, privilegiam abordagens focadas na própria ciência e seus modelos a partir de uma organização mais cronológica da evolução dos conceitos físicos.

Uma consulta aos livros didáticos aprovados na avaliação do PNLD/2012 (BRASIL, 2011) pode nos dar um panorama geral da inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, a partir da identificação das abordagens, conteúdos selecionados e sua sequência de apresentação.

Todos os livros aprovados pelo PNLD 2012 apresentam conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, podendo-se atribuir parte deste resultado à recomendação de documentos oficiais citados nos manuais do professor de alguns deles. Também, ao movimento da área para a inserção destes conteúdos no currículo do ensino básico, como já discutido.

Nestes livros, os manuais dos professores apresentam justificativas para estes temas serem abordados e, de maneira geral, a questão de conhecer a física do século XX e suas aplicações no dia a dia são justificativas apresentadas pelos autores.

Os temas Relatividade e Física Quântica estão presentes em todos os livros, sendo apresentados a partir de abordagens históricas, principalmente no que diz respeito à evolução da teoria quântica e aos cientistas importantes neste processo. O contexto histórico da produção do conhecimento da física moderna é levado em conta, citando as “nuvens” na física no final do século XIX, que posteriormente deram origem à relatividade e a teoria quântica no início do século XX. Alguns livros apresentam quadros com um aprofundamento histórico e enfoques na vida de alguns cientistas.

No que diz respeito à teoria quântica, os problemas em relação à radiação do corpo negro e à existência do éter são elementos utilizados no início dos capítulos, como forma de problematizar as questões que a física clássica não conseguiu responder. Diversos livros apresentam representações do experimento de Michelson-Morley e do efeito fotoelétrico. A quantização da energia de Planck e o princípio da incerteza de Heisenberg também estão, com frequência, presentes nos livros.

Quase todos os livros apresentam discussões sobre física de partículas, apresentando as forças fundamentais e uma noção da classificação das partículas e, em

alguns casos, relações com fenômenos e artefatos tecnológicos do dia a dia. Mesmo que a discussão sobre física de partículas esteja relacionada com uma apresentação dos modelos físicos que foram construídos no decorrer da história, a discussão do que significa um modelo dentro do contexto das teorias físicas não é presente. A exceção é o livro *Física e Realidade* (Gonçalves Filho e Toscano, 2010), que traz e questão de novos paradigmas na ciência em relação à física clássica, apresentando de forma breve algumas ideias de Thomas Khun. Este aspecto da natureza da ciência e sua construção tem um grande valor relacionado às consequências do desenvolvimento da física moderna, e é um aspecto que poderia receber mais destaque (PRAIA, GIL-PÉREZ e VILCHES, 2007) no conjunto de livros consultados.

Ainda na maioria dos livros, estes temas só são abordados nos últimos capítulos da última série do ensino médio, sendo praticamente ignorados nos outros anos.

Desta consulta aos livros, podemos concluir que a relevância da inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea se mostra nas propostas colocadas pelos autores dos livros didáticos, tendo unidades e capítulos destinados a estes temas, com estratégias didáticas e sugestões nos manuais do professor, assim como as próprias justificativas colocadas pelos autores. Entretanto a contextualização desses conhecimentos a partir de situações que vêm sendo vivenciadas pela ciência, com impactos na sociedade, são raramente abordadas. Com frequência, quando a contextualização não é exclusivamente histórica, há a utilização de artefatos tecnológicos ou para justificar sua relevância ou como espaços de exemplificação do conhecimento desenvolvido.

A utilização de materiais da mídia de grande acesso por parte do professor pode ser uma ferramenta didática interessante como forma de motivar os alunos, contextualizar os conteúdos e discutir outros elementos presentes no processo de construção do conhecimento científico e sua relação no contexto social de produção desse conhecimento, normalmente ausentes no desenvolvimento da Física Contemporânea.

Foi diante desse quadro que surgiu nossa hipótese de pesquisa, a partir da qual organizamos nossa investigação com o seguinte objetivo:

Analisar o potencial de matérias divulgadas pela mídia de grande acesso como elementos de seleção e desenvolvimento de conteúdos relacionados à FMC no ensino médio focando especificamente, nessa pesquisa, o caso LHC.

Partimos da hipótese de que quando os conteúdos de matérias jornalísticas referentes à ciência abordam aspectos científicos e sociais relacionados à temática desenvolvida, esses podem ser tomados como elemento desencadeador de discussões em sala de aula e gerador de conteúdos, tanto conceituais relacionados à FMC, como igualmente relacionados à construção de valores e atitudes frente à ciência na sua relação com a sociedade.

Por outro lado, reconhecendo as distorções que tais materiais podem trazer na compreensão do papel da ciência na sua relação com a sociedade e da própria física envolvida, pretendemos verificar inicialmente o que alguns estudantes conhecem sobre o caso LHC, qual a influência da mídia na construção desses conhecimentos para, em seguida, partir da análise e discussão de um conjunto de notícias previamente selecionadas e verificar que conteúdos relacionados à Física de Partículas devem ser desenvolvidos visando uma perspectiva não distorcida da ciência e compreensão adequada da física relacionada.

Ou seja, analisar as potencialidades do uso de matérias e reportagens sobre o caso LHC, provenientes das mídias de grande acesso, para o ensino da Física de Partículas, e quais conhecimentos podem ser adquiridos pelos estudantes a partir destes materiais e em quais condições e circunstâncias.

Desta maneira, o presente texto foi organizado trazendo, primeiramente, o ensino de física moderna e contemporânea e suas diferentes abordagens, apresentando autores que abordam esta temática, enfocando diferentes aspectos desta área. Também é apresentada uma visão geral da física de partículas e do modelo padrão, partindo de uma discussão de modelos e teorias físicas alinhadas com a visão adotada neste trabalho. Em outras palavras, fazemos uma retomada do histórico do desenvolvimento dos modelos na física de partículas, até chegar ao modelo padrão.

Em seguida, é apresentada uma aproximação com os referenciais que tratam da relação entre mídia e divulgação científica e o ensino, em especial, de física. A partir das notícias que foram localizadas em um primeiro momento, é feito um panorama de como o caso LHC foi apresentado, com as características gerais destas notícias.

Na sequência, o desenvolvimento da pesquisa apresenta as categorias utilizadas na análise crítica do conjunto de notícias localizado, contendo seus conteúdos, abordagens e focos, seguido da caracterização da coleta de dados, que consistiu em um minicurso

para alunos do cursinho pré-vestibular da UFSCar. Nos resultados, apresentamos o panorama da análise crítica das notícias e a análise e considerações do minicurso, contemplando também a forma de como foi ministrado e os resultados.

Capítulo 1

A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Ao fazer uma busca na literatura referente às pesquisas em ensino de física, encontramos, desde a década de 1990, investigações sobre a inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos currículos do Ensino Médio (EM). Ostermann (1999), em seu trabalho, aborda a questão da atualização do currículo de Física através da inserção de tópicos de FMC através de um levantamento das diferentes justificativas apresentadas por diferentes pesquisadores. Entre eles, Barojas¹ (*apud* Ostermann, 1999, p.9), e considerando a conferência interamericana sobre educação em física, destaca as seguintes razões: despertar a curiosidade dos estudantes e compreender a Física como uma construção humana; colocar os alunos em contato com a Física posterior a de 1900, que é atualmente a ensinada nas escolas; atrair jovens para a carreira científica e a carreira de professores de física. Torre² (*apud* Ostermann, 1999, p.10), destaca a possibilidade de, a partir do desenvolvimento desses novos conteúdos, conectar o estudante com sua própria história e localizá-lo na escala temporal e espacial da natureza, conhecer as consequências tecnológicas da FMC e, simplesmente, pela sua beleza e o prazer do seu conhecimento. Kalmus, Wilson³, Aubrecht⁴ e Stannard⁵ (*apud* Ostermann, 1999, p.10 a 12), em seus trabalhos, comentam que os temas de FMC são os que mais influenciam na escolha da Física como futura carreira profissional.

Buscando justificativas dessa inserção em dissertações e teses defendidas no período que vai de 2003 a 2013, Silva, Arengi e Lino (2013, p.79) apresentam que as

¹ BAROJAS, J. (Ed) Cooperative networks in physics education. *New York: American Institute of Physics*, 1988.

² TORRE, A. C. de la. Ser y no estar. Esa es la cuestión de la física cuántica. *Revista de Enseñanza de la Física*, Rosario, v. 11, n.2, p.45-49, nov. 1998.

³ KALMUS, P. I; WILSON, B . Particle physics at A-level-the universities' viewponi. *Physics Education*. Bristol, v.27, n.2, p.62-64, Mar. 1992.

⁴ AUBRECHT, G. J. Report on the conference on the teaching of modern physics. *The Physics Teacher*, Stony Brook, v. 24, n. 9, p. 540-546, Dec. 1986

⁵ STANNARD, R. Modern physics for the Young. *Physics Education*. Bristol, v. 25, n. 3, p.133, May 1990.

mais localizadas foram: a inserção de FMC no EM, que é importante para a compreensão das tecnologias da atualidade; a necessidade da atualização do currículo; a FMC representou uma mudança de paradigma da Física e essa noção de desenvolvimento das ciências se faz necessária no EM; e, por último, a FMC como subsídio à compreensão e crítica das questões que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Conforme podemos identificar, a partir dos estudos realizados, as justificativas para inserção da FMC na educação básica destacam elementos de diferentes naturezas, desde aqueles que a defendem pela relevância do conhecimento desenvolvido e sua necessária apropriação pelo aluno do ensino médio, até aqueles que identificam tal inserção como elemento fundamental para a compreensão e crítica de questões sociocientíficas, reconhecendo a importância da participação do cidadão na tomada de decisões que envolvem a sociedade contemporânea.

1.1 - A Física de Partículas no Ensino Médio: propostas de inclusão

Quando colocamos nosso foco no ensino de Física de Partículas, encontramos outro conjunto de pesquisas e a produção de materiais de divulgação da ciência sobre essa temática. Ostermann e Cavalcanti (2001) trazem em seu artigo a confecção de um pôster sobre partículas elementares, como potencial recurso didático para a formação de professores, tanto inicial quanto continuada. O pôster, que traz informações como natureza da partícula (quark, lépton ou bóson), massa de repouso, spin, assim como informações a respeito das interações fundamentais, foi criado à luz de materiais desenvolvidos no exterior. O tema, segundo as autoras, pode ser gradativamente difundido nas escolas (OSTERMANN, 2001,15).

Balthazar e Oliveira (2010), no livro “Partículas elementares no ensino médio”, apresentam, associando uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e história e filosofia da ciência, o desenvolvimento do conhecimento do homem sobre partículas elementares, assim como uma visão geral do funcionamento do LHC, estabelecendo uma relação entre as pesquisas desenvolvidas no CERN e a sociedade. Os autores fazem uma proposta para o ensino médio, apresentado uma visão geral do LHC, seguido das relações das pesquisas realizadas no CERN com o desenvolvimento de novas tecnologias e seus impactos na sociedade. O modelo padrão é apresentado,

seguido do desenvolvimento histórico do modelo de partículas elementares, e discussão sobre o bóson de Higgs. Para os autores, o tema partículas elementares “pode e deve ser tratado num contexto histórico, o que facilita ao aluno o entendimento de que a ciência é uma construção coletiva, de interesse de toda a sociedade” (BALTAZAR; OLIVEIRA, 2010, 68), além de ser um tema que pode fazer o aluno perceber o desenvolvimento científico como algo não fechado e unilateral.

O CERN é o foco principal no livro de divulgação científica “O CERNE da matéria”, em que podemos encontrar uma discussão sobre a física de partículas, a partir da discussão sobre o desenvolvimento dos aceleradores de partículas. Rosenfeld (2013) passou um ano no CERN e retrata em seu livro o desenvolvimento dos aceleradores de partículas e das técnicas de detecção, assim como da própria física de partículas, tangendo os acontecimentos históricos e os cientistas importantes envolvidos neste processo.

Siqueira (2006), em sua dissertação de mestrado, apresenta uma proposta para o ensino médio, cujos objetivos principais são mostrar aos jovens uma maneira mais detalhada da constituição da matéria e as consequências que essa “nova” forma de observar a matéria traz, não apenas para o conhecimento físico, mas igualmente para uma nova visão de mundo (SIQUEIRA, 2006, 48). O autor inicia a sua proposta partindo da radiografia e dos raios X, que é algo próximo a vida do aluno, seguido por modelos atômicos, força forte, modelo dos quarks e glúons, aceleradores e detectores de partículas, neutrino e a força fraca, matéria e antimatéria, as novas leis de conservação, quantização do campo, diagramas de Feynman, famílias das partículas e o modelo padrão, sendo a questão da radiação o fio condutor entre os tópicos.

O livro “O que são quarks, glúons, bóson de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?” apresenta um conjunto de palestras proferidas durante uma sessão da Escola Internacional de Física de Altas Energias (LISHEP), voltada para professores, licenciandos e jornalistas. O livro apresenta capítulos em formas de perguntas a serem respondidas, sendo em alguns deles apresentados aprofundamentos com uso de linguagem matemática, e outros capítulos voltados mais especificamente para a área de educação. Alguns dos capítulos apresentados no livro são: “O que significa dizer que uma partícula é elementar?”, “O que a física de partículas tem a ver com a Cosmologia e a Astrofísica?” e “Como a física de partículas elementares pode contribuir para o ensino básico?” (CARUSO, OGURI, SANTORO, 2012)

Outros autores também apresentam os conteúdos de Física de Partículas com propostas para o ensino médio, como Kneubil (2013) e Nóbrega e Mackedanz (2013). Kneubil (2013), em seu artigo, apresenta uma descrição de experimentos e fenômenos que ocorrem no CERN baseada em conteúdos do currículo escolar, como a obtenção dos feixes de prótons a partir do átomo de hidrogênio, descrevendo a ligação entre o elétron e o próton pela força coulombiana, como também os campos elétricos e magnéticos para manter o feixe, a energia dos mesmos, com correções relativísticas, e as correntes elétricas no próprio feixe e necessária para gerar o campo que o feixe está sujeito. Também são apresentadas algumas contribuições da física desenvolvida no CERN para a forma de pensar a natureza da ciência, como a relação entre experimentos e teoria. Para a autora, a física clássica ensinada na escola não é invalidada pela física moderna, e mesmo em grandes centros de pesquisa, a física clássica ainda faz parte do cotidiano dos físicos.

Nobrega e Mackedanz (2013) apresentam em seu artigo uma proposta de introdução de alguns conceitos físicos observados em fenômenos do LHC em sequência aos clássicos diretamente relacionados como, por exemplo, os valores de energia envolvidos e comparações com objetos do dia-a-dia, potência e campos elétricos e magnéticos. Propondo o artigo como forma de subsídio para professores, os autores também apresentam conceitos como luminosidade, partículas elementares, bóson de Higgs, raios cósmicos e buracos negros.

Preocupação diferente é colocada por Moreira (2007), que identifica na proposição do quark um importante contexto para a discussão epistemológica sobre os processos de construção do conhecimento científico. Discute em seu artigo os elementos da Física de Partículas que entende necessários para a compreensão da discussão epistemológica que propõe e, nesse sentido, aborda a classificação das partículas, os novos números quânticos, a relação matéria-antimatéria e a ideia de simetria na física. Ao estabelecer uma relação entre a Física de Partículas e referenciais epistemológicos, traz uma discussão a respeito da relação entre teoria e experimentação, apresentando exemplos em que a teoria antecede qualquer comprovação experimental.

O autor utiliza-se da física dos quarks para discutir o conceito Kuhniano de paradigma, ciência normal e revolução científica, definindo paradigma como realizações científicas reconhecidas que fornecem problemas e soluções para uma comunidade científica durante algum tempo e ciência normal como área teórica de

trabalho definida por um paradigma. Apresenta a física dos quarks como o paradigma atualmente vigente e identifica a construção de novos aceleradores para detectar partículas até então teóricas como parte do desenvolvimento da ciência normal. O autor não apresenta em nenhuma parte do seu trabalho ilustrações das partículas descritas pois, para ele, as ilustrações são um obstáculo para compreensão dos conceitos envolvidos.

Abdalla (2006), em seu livro “O discreto charme das partículas elementares”, traz uma apresentação em ordem cronológica da proposição das diferentes partículas elementares, considerando a sua detecção e postulação teórica. Rico em ilustrações, o livro apresenta uma representação pictórica para cada partícula, comparação entre as massas e outras propriedades das partículas. Também é destacado o papel dos cientistas que participaram do desenvolvimento desta área da física.

A preocupação com a divulgação da Física Moderna e Contemporânea a partir de livros de divulgação científica não é recente e a Física de Partículas não é exceção. Conforme pudemos verificar há um conjunto importante de materiais produzidos, a partir de diferentes perspectivas, mas todos com esse objetivo. Da mesma forma, há igualmente uma produção de artigos científicos com essa mesma preocupação e parte destes trabalhos aponta para o desenvolvimento destes conteúdos no ensino médio, na forma de propostas didáticas, reflexões sobre a relevância da sua inserção ou de apoio a professores. Afirmamos, desta forma, a importância deste tema e de sua inserção no ensino médio, tendo no desenvolvimento do caso LHC diversos aspectos a serem discutidos em sala, para além do conteúdo físico.

1.2 - A Física de Partículas no Ensino Médio: discutindo elementos e possibilidades

A física que é ensinada na escola, de forma geral, foi desenvolvida muitos anos atrás, excluindo quase totalmente a física do século XX e XXI, contribuindo assim para uma visão distorcida de desenvolvimento da ciência como algo linear, cumulativo, atemporal e empirista. Raramente são discutidos os caminhos do seu desenvolvimento, da sua história e das crises que levaram ao conhecimento aceito hoje. Os alunos apresentam concepções inadequadas sobre as características e os valores da ciência, seus modos de produção e validação, resultando em uma visão “simplista e afastada do

que é a construção do conhecimento científico, ainda veiculada na maioria dos livros didáticos e muito adotada nas aulas de ciências” (MACHADO, 2006, p.71).

Também é rara a discussão sobre o conhecimento produzido pela física como modelos, criações com a finalidade de compreender uma parte da realidade, uma forma de representar o mundo. Formular hipóteses a fim de elaborar ou aprimorar modelos faz parte do desenvolvimento científico, que buscam por teorias gerais, capazes de gerar resultados a serem confrontados com resultados de experimentações. Ressaltando que nenhum modelo tem a pretensão de representar completamente um sistema ou fenômeno físico, temos que pensar no domínio de validade desses modelos, podendo citar um exemplo muito comum na física, o caso das Leis de Newton, que modelam muito bem os fenômenos que acontecem no nosso dia a dia, mas não correspondem aos resultados experimentais encontrados para partículas e fenômenos muito pequenos ou para fenômenos envolvendo massas muito grandes e velocidades próximas à velocidade da luz. Assim, é importante o fato de que não há um conhecimento que possamos tomar como verdade absoluta, mas sim modelos adequados ao fenômeno estudado.

Para além da forma de como a física é ensinada, outros conteúdos podem contribuir para construir uma visão de ciência menos distorcida, como o ensino de Física Moderna e Contemporânea, que tem no seu desenvolvimento confrontos entre teorias e resultados experimentais, gerando crises, resultando em mudanças, novas formulações e teorias, que foram essenciais para chegar em como a conhecemos hoje.

Vimos que diversos autores apresentam justificativas para o ensino de Física Moderna e Contemporânea de formas diferentes, sendo estes motivos já colocados na literatura do ensino de física (OSTERMAN, 1999; SILVA, ARENGHI, LINO, 2013). Reconhecendo ser o ensino médio o último momento, para a maioria dos estudantes, de contato formal com a física e, ao mesmo tempo, reconhecendo a relevância do papel da ciência no mundo contemporâneo e a importância para a atuação crítica do cidadão que pode contar com uma percepção da ciência mais esclarecida, destacamos, neste texto, aspectos epistemológicos do desenvolvimento da física, a partir da Física de Partículas. O foco é colocado sobre a justificativa de que a Física Moderna e Contemporânea, em especial a Física de Partículas, pode contribuir para uma nova forma de ver o desenvolvimento científico, uma vez que a física desenvolvida no século XX e XXI quebra radicalmente com a ideia de ciência empírica, linear e cumulativa, apresentando teorias e novas partículas postuladas para procurar explicar resultados experimentais

imprevistos, e a construção de equipamentos e realização de experimentos altamente sofisticados para encontrar partículas teóricas (MOREIRA, 2007; SIQUEIRA 2006).

Temos igualmente mudanças nos próprios modos do fazer científico, uma vez que, no caso da mecânica quântica e da Física de Partículas, a forma de percepção e detecção destes fenômenos se torna diferente das conhecidas até então, pois “ver” uma partícula de nível atômico não corresponde à forma de como vemos as coisas no mundo macroscópico, ou mesmo microscópico. Da mesma forma, em seu desenvolvimento, existiu a postulação e criação de partículas teóricas, que só puderam ter sua verificação experimental muitos anos depois, devido ao nível de desenvolvimento dos experimentos e tecnologias. Há ainda a ser destacado o fato de, para o desenvolvimento atual não há apenas a necessidade de associação entre cientistas, mas a criação de projetos multinacionais.

Estudar uma física que tem em seu desenvolvimento um importante aspecto para a compreensão de seus conceitos levanta a reflexão de que “não discutimos a forma de como o conhecimento foi construído, contribuindo para um ensino que valoriza somente as respostas, quando o que move a ciência e o mundo são as perguntas” (BALTHAZAR, OLIVEIRA, 2010, p.14).

Ao se refletir a respeito do desenvolvimento de uma teoria e seus modelos, é necessário pensar sobre o contexto científico no qual esta teoria ou modelos foram desenvolvidos e, conseqüentemente, no seu limite de validade. Logo, ser capaz de operacionalizar uma determinada lei científica está relacionado também com identificar o seu contexto de proposição e de validação, bem como os compromissos com sua adoção e representação de mundo correspondente. Uma lei física sempre está ligada a outros conhecimentos, não sendo possível compreender o mundo com apenas uma ou um conjunto pequeno delas. As leis físicas só fazem sentido dentro do contexto teórico em que ela é válida, e conseqüentemente, por ela é validada. (CUPANI, PIETROCOLLA, 2002)

A ciência pode ser pensada como um conjunto de hipóteses, teorias e leis, que articulados entre si de forma racional, descrevem alguns aspectos de modelos da realidade. As hipóteses podem ser entendidas como suposições relativas a fatos, compatíveis com os conhecimentos científicos vigentes, que podem ser verificadas como leis válidas. Articulando e organizando hipóteses e leis, temos as teorias. O processo do desenvolvimento científico é feito investigando o mundo de forma

esquemática, não se referindo a toda a realidade, mas sim a um modelo, uma representação de uma fração da realidade que está em estudo, de forma convencional e aproximada (BUNGE apud CUPANI, PIETROCOLA, 2002).

Bunge trata esta questão dos modelos definindo o que ele chama de *objeto-modelo*, que se refere a uma representação esquemática de uma coisa ou situação, desenvolvendo-se um *modelo-teórico*, um sistema hipotético-dedutivo que diz respeito a este objeto-modelo (BUNGE, 1974). Para o autor, é possível pensar em dois extremos de modelos teóricos, os tipo “caixas pretas” e os tipos representacionais, ou “caixas translúcidas”. O primeiro deles se refere apenas aos comportamentos de um sistema, sem se preocupar com as estruturas internas. Em outras palavras, é mais simples. O segundo trata de modelos mais complexos, preocupados em representar as estruturas internas. O procedimento natural, embora não sendo necessariamente o procedimento histórico, conforme apontado por Bunge é:

“começar pelo objeto-modelo mais simples, desprovido de estrutura, depois acrescentar-lhe uma estrutura simples (por exemplo, dividindo a caixa original em duas) e prosseguir neste processo de complicação até conseguir explicar tudo o que se quer” (BUNGE, 1974, p.18).

Podemos pensar no desenvolvimento dos modelos atômicos e no modelo padrão de partículas como um processo que se deu segundo o descrito acima.

As teorias científicas, conforme nos apresenta Fourez (1995), aparecem como interpretações que organizam a nossa percepção do mundo. Os modelos são considerados hipotéticos e os utilizamos enquanto satisfazem o que se espera deles (FOUREZ, 1975, p.70). O que importa não é a veracidade de um modelo ou a fidelidade com que ele descreve um determinado objeto ou fenômeno, mas sim a sua eficácia. Quando um modelo não é mais eficaz, em um determinado âmbito ou limite, este pode ser abandonado e substituído por outro, por razões que nem sempre são totalmente racionais, pois, segundo o autor, há momentos na ciência em que um modelo interpretativo não parece satisfatório e, se outro estiver disponível, este é adotado. O autor cita o exemplo do uso do calor como um fluido, linha de pesquisa que foi abandonada no século XIX e substituída pela representação da energia em trânsito. Linhas de pesquisa, que são um conjunto de interpretações do mundo (modelos), são seguidas porque parecem promissoras, mas por diversos motivos, compostos por fatores

econômicos, técnicos, afetivos e políticos, são abandonadas (FOUREZ, 1975, p.79). Desta forma, não existe um modelo correto ou incorreto para uma determinada situação, mas sim o modelo adequado para o contexto.

Para Bunge, a substituição dos modelos, ou o malogro de um *objeto-modelo* contribui para a construção de novos *objetos-modelos* ou novas teorias gerais, visto que cada modelo teórico é constituído de um esquema no qual se inseriu um *objeto-modelo* (BUNGE, 1974, p.30), em outras palavras, o novo *objeto-modelo* deve estar de acordo com o modelo-teórico ao qual será inserido. Desta forma, perceber a necessidade de se substituir um *objeto-modelo* resulta em criar novos, mais ricos e expandí-los em modelos teóricos mais complexos.

À luz das ideias colocadas, podemos discutir o desenvolvimento de modelos atômicos e a Física de Partículas principalmente como exemplos deste fazer científico não linear e não cumulativo. As relações entre o desenvolvimento científico e modelos são importantes para compreender as mudanças que se deram na Física de Partículas, como será discutido a seguir. Temos ainda que o estudo da Física Moderna e Contemporânea, em especial a Física de Partículas e o LHC, podem ser elementos para a discussão do desenvolvimento científico na sala de aula, contribuindo para uma visão menos distorcida da ciência.

1.3 - Uma rápida incursão no desenvolvimento da Física de Partículas

Questões relacionadas à constituição da matéria estão presentes na humanidade desde o tempo dos gregos, quando as representações para os seus elementos fundamentais estavam relacionados aos elementos da natureza, como a água para Tales de Mileto, o ar para Anaxímenes, o fogo para Heráclito, a terra para Xenófanés, ou a junção de todos eles, conforme entendia Empédocles.

A palavra átomo surgiu um pouco depois, por volta do século V A.C., com Demócrito. Esta palavra, que em grego significa indivisível, dava nome a uma concepção de partículas indivisíveis e imutáveis, que formavam toda a matéria que constitui o mundo. Durante muitos séculos, a ideia da matéria constituída por átomos indivisíveis teve muito pouca aceitação, permanecendo a concepção aristotélica que, desde o século IV, defendia que toda a matéria era formada por diferentes combinações de quatro elementos que, relacionados aos estados que a matéria é vista, davam

plausibilidade ao modelo, ou seja: estado sólido, era relacionado à terra; o líquido à água; o gasoso ao ar e o estado de labaredas ao fogo. A ideia de átomo só foi retomada no início do século XIX com John Dalton, que modelou o átomo como esferas maciças e indivisíveis que formavam toda a matéria conhecida. Os átomos de um determinado elemento seriam idênticos entre si, e poderiam se juntar e formar novas substâncias. Nesta época, se deu o desenvolvimento do que chamamos hoje de tabela periódica, relacionando-se os pesos atômicos e as propriedades das substâncias conhecidas. É interessante notar que alguns elementos foram postulados para manter a simetria e a regularidade que a montagem da tabela apresentava, sendo encontrados por métodos experimentais apenas posteriormente a sua postulação teórica. Neste momento histórico do desenvolvimento do modelo atômico, temos a utilização do modelo que sabemos, hoje em dia, ser incompleto, ou bastante simples, mas que foi suficiente para fazer previsões importantes, fornecendo boas explicações para os fenômenos observados, indo ao encontro da afirmação de Fourez: “não é a verdade, mas a eficácia de um modelo que importa” (FOUREZ, 1995, p.88)

Neste momento histórico, é importante ressaltar a relevância dos fenômenos de radiação, que já eram estudados nesta época, e que foram muito importantes para os desenvolvimentos experimentais e teóricos. No final do século XIX, os tubos de raios catódicos já eram conhecidos e utilizados em experimentos. Este tubo se baseia em uma ampola (tubo de vidro) sob alto vácuo, na qual é aplicada uma diferença de potencial entre duas placas de metal. Raios são emitidos do cátodo, ou seja, do polo negativo, por isso o nome “raios catódicos”, que posteriormente foram identificados como feixes de elétrons. O uso deste aparato experimental foi importante para o desenvolvimento das teorias dos raios X e as radiações alfa e beta. Os raios X, que são ondas eletromagnéticas de alta frequência, foram observados em 1895 por Wilhelm Konrad Röntgen, que posicionava anteparos quimicamente tratados próximos aos tubos de raios catódicos, mas teve a natureza destes raios identificados apenas anos mais tarde, com Max von Laue. O estudo das emissões de raios X por parte de elementos pesados proporcionou a medição de outras radiações espontâneas em átomos de urânio por Antoine Henri Becquerel e Ernest Rutherford em 1896, chamadas de radiações alfa e beta, identificadas em 1900 como núcleos de hélio e elétrons emitidos por núcleos radioativos, respectivamente.

O modelo atômico de Dalton só foi alterado no final do século XIX, quando várias evidências experimentais apontavam para questões referentes à carga elétrica associada ao átomo, culminando em 1896, quando Joseph John Thomson descobriu o elétron, nome utilizado pela primeira vez por George Stoney, cinco anos antes para designar a menor quantidade de carga elétrica. É relevante ressaltar que diversos cientistas já estavam colaborando com descobertas e suposições em relação às cargas elétricas presentes no átomo, sendo Thomson importante por ter formulado um novo modelo para o átomo. Utilizando-se de experimentos com raios catódicos e curvando o feixe de raios com um campo magnético, Thomson conseguiu calcular a razão entre a carga e a massa das partículas que constituíam o feixe, ou seja, os elétrons. Esta razão não dependia do tipo de material utilizado nas placas do tubo dos raios. Thomson propôs um modelo no qual o átomo se constituía por uma esfera de carga elétrica positiva, com elétrons, de carga elétrica negativa, imersos nesta esfera, sendo a carga total do átomo neutra.

Outras evidências experimentais colocadas por cientistas da época apontavam para a questão das cargas positivas no átomo. Em 1911, Rutherford analisava, juntamente com outros cientistas, a passagem de partículas alfa (hoje conhecidos como núcleos de hélio) pela matéria, notando que, em alguns casos, estas partículas sofriam um grande desvio, fato que não poderia ser explicado com o modelo atômico de Thomson, no qual as cargas positivas e negativas se encontravam distribuídas uniformemente, resultando em um átomo neutro.

Neste ponto, era hipótese aceita a localização das cargas positivas e negativas no interior do átomo, entretanto, através de evidências experimentais, foi necessário reformular o modelo. Este momento pode ser identificado, a partir da perspectiva proposta por Bunge (1974), como de substituição de um objeto-modelo já inserido em uma teoria em função da necessidade de se repensar a representação do objeto em estudo.

Rutherford formulou o seu modelo com a carga positiva concentrada em um pequeno espaço no centro do átomo, um núcleo que, sendo muito denso, concentrava a maior parte da massa atômica e encontrava-se rodeado por elétrons que o orbitavam. Este modelo explicava de forma satisfatória as evidências experimentais vistas por Rutherford e seus colaboradores, Geiger e Marsden, mas trazia consigo uma inconsistência com a teoria eletromagnética. Estando os elétrons em rotação ao redor do

núcleo, por serem cargas elétricas aceleradas, segundo a teoria eletromagnética de Maxwell, deveriam emitir radiação e diminuir a sua energia, e em pouco tempo, o átomo colapsaria com a “queda” dos elétrons no núcleo. Este problema no modelo só foi resolvido com o modelo apresentado por Bohr.

Em 1913, Bohr propõe um novo modelo utilizando como base o modelo de Rutherford, mas considerando as descrições quânticas da radiação eletromagnética propostas por Einstein e Planck. Seu modelo sugeriu que os elétrons se encontravam em órbitas estáveis chamadas níveis de energia, na qual a energia seria conservada. O momento angular seria múltiplo de uma determinada quantidade e só haveria emissão de radiação se o elétron transitasse entre os níveis de energia, emitindo pacotes discretos de radiação, o chamado quantum.

Rutherford, em 1919, influenciado por diversos outros cientistas que estudavam as cargas positivas presentes no átomo, realizou investigações com partículas alfa em outros elementos, como o nitrogênio, chegando à conclusão que eles se desintegravam em um isótopo do oxigênio e um núcleo de hidrogênio, chamado de próton. Concluiu, assim, que o núcleo no átomo possuía uma estrutura interna, ou seja, não era indivisível.

Neste ponto do desenvolvimento, outro problema surge no modelo vigente: se o núcleo atômico era composto por partículas massivas de carga positiva, elas deveriam se repelir, destruindo o átomo. Por algum tempo, foi buscada alguma outra partícula no núcleo do átomo que o tornasse estável.

Rutherford propôs, em 1920, a existência de uma partícula chamada nêutron, que seria formada por um próton e um elétron, explicando a questão da radiação beta (emissão de elétrons provenientes de núcleos radioativos) e a massa do núcleo. Este modelo de partícula foi logo descartado, por ir contra algumas proposições da mecânica quântica já desenvolvidas na época, como o princípio da incerteza de Heisenberg, pois ao se confinar um elétron em um espaço tão pequeno como o núcleo, ele teria uma velocidade muito alta para permanecer lá. A mecânica quântica, de forma geral, e o princípio da incerteza já eram bem estabelecidos e aceitos pela comunidade científica na época. Logo, um modelo que não estivesse de acordo com essas teorias vigentes não poderia ser aceito.

Diversos grupos de cientistas continuaram a busca por partículas neutras no núcleo, como Bothe e Becker, o casal Joliot-Curie e Chadwick. Este último, inspirado

nos experimentos dos outros citados, realizou um experimento com radiação alfa provinda de amostras de polônio e obteve o que interpretou como o nêutron. Mesmo com a descoberta experimental de uma partícula neutra no núcleo, ainda não estava resolvida a questão da estabilidade do núcleo, que só seria resolvida mais adiante com as questões das forças fundamentais, em especial, a força forte.

Apresentamos brevemente aqui alguns acontecimentos importantes que influenciaram o modelo atômico vigente, e posteriormente, o desenvolvimento da Física de Partículas. Para além do modelo atômico, outras partículas, algumas elementares e outras não, foram propostas e descobertas durante o desenvolvimento da física do século XX. Com as descobertas relacionadas com os constituintes da matéria foi necessária dar uma organização a essas partículas a partir de um modelo, que hoje conhecemos como Modelo Padrão de Partículas (MP), classificando as chamadas partículas elementares, que são as partículas sem estrutura interna.

Em relação ao desenvolvimento do modelo atômico, descrito anteriormente, temos como partículas elementares apenas o elétron, pois o próton e o nêutron possuem estrutura interna, como será descrito posteriormente. No MP, o elétron é classificado como um lépton. Neste momento da história, o fóton também já era uma partícula elementar conhecida, proposta por Einstein em 1905 para explicar o efeito fotoelétrico, no qual a luz é interpretada como sendo pacotes de energia. Hoje, no MP, o fóton é considerado a partícula mediadora das interações eletromagnéticas.

O desenvolvimento da Física de Partículas está ligado aos estudos de raios cósmicos, como a descoberta das partículas múon (μ) e pión (π) e a detecção do pósitron (antipartícula do elétron). Os raios cósmicos são as radiações e partículas que entram na atmosfera proveniente do espaço e que, quando incidem na atmosfera, geram uma grande quantidade de partículas, que são chamadas de chuviros. Com um aparato de detecção, chamado “câmara de nuvens”, avanços foram feitos no estudo das partículas subatômicas, antes mesmo da era dos grandes aceleradores de partículas. A câmara de nuvens consiste em uma câmara com um vapor supercondensado, ou seja, vapor de água muito próximo ao ponto de condensação. Quando uma partícula com carga elétrica passa por esta câmara, ocorre a condensação, formando gotas ao redor do caminho das partículas (ABDALA, 2006; ROSENFELD, 2013).

O pósitron, também conhecido como anti-elétron, foi a primeira antipartícula do MP a ser concebida teoricamente e, alguns anos mais tarde, descoberta experimentalmente com a ajuda dos raios cósmicos. A partir da teoria da relatividade, já era teoricamente possível a existência de partículas com energias positivas e negativas. Para o que seria o elétron positivo, foi dado o nome de pósitron, identificado teoricamente por Paul Dirac em 1930, e detectada experimentalmente por Carl Anderson em 1933, através do estudo de raios cósmicos. Neste momento iniciam-se as buscas teóricas e experimentais pelas antipartículas. A ideia de que todas as partículas portadoras de carga poderiam possuir uma antipartícula simétrica começou a tomar força.

Em 1937, mais uma partícula elementar foi descoberta, o múon, também com a ajuda de raios cósmicos. Porém, a classificação desta partícula, bem como o seu papel na teoria, não foi estabelecida rapidamente, devido a inconsistências entre a teoria e as características da partícula encontrada nos experimentos. O físico japonês, Hideki Yukawa desenvolveu uma teoria para explicar a coesão do núcleo atômico que, por conter próton e nêutrons, deveria se repelir (pois cargas iguais se repelem), propondo a força forte, uma força que atua nas dimensões do núcleo atômico e é maior do que a força de repulsão entre os prótons. Yukawa havia proposto em 1933 uma partícula que mediasse esta força, prevendo teoricamente a sua massa. O múon, identificado experimentalmente através de uma câmara de nuvens, logo foi associado à partícula prevista teoricamente por Yukawa. Pela previsão teórica, essa partícula seria bastante instável, e pelo fato de se desintegrar rapidamente, não poderia ser detectada em baixas altitudes. Entretanto, o múon não se comportava desta forma. Ele interagia pouco com a matéria e era encontrado a baixas altitudes, ou seja, penetrava com facilidade na atmosfera, sendo comportamento diferente do esperado. Então, cerca de dez anos depois, foi aceito que o múon não era a partícula prevista por Yukawa. Hoje sabemos que o múon é uma partícula elementar, um lépton, com a massa aproximadamente 207 vezes maior do que a do elétron.

Em 1947, a partícula prevista por Yukawa foi descoberta e batizada de pión (ou méson pi). O físico brasileiro Cesare Lattes teve um papel muito importante na descoberta desta partícula, também associada aos estudos dos raios cósmicos. Ao invés da câmara de nuvens descrita anteriormente, para a descoberta desta partícula foram utilizadas emulsões fotográficas que, quando expostas aos raios cósmicos, registram as

marcas da passagem das partículas. Lattes foi importante ao aperfeiçoar as emulsões, adicionando um composto químico que mantinha as imagens registradas mais visíveis. O pión era uma partícula instável, de difícil detecção porque interagia muito com a matéria, e não penetrava muito na atmosfera, tendo a sua detecção feita em altas altitudes. Com essa interação com a atmosfera, os píons decaem em múons, o que explica a presença de múons em baixas altitudes. O pión então foi considerado a partícula procurada por Yukawa. Hoje, sabemos que o pión não é uma partícula elementar, sendo composto por quarks.

O problema do estudo dos raios cósmicos era que os eventos a serem estudados eram raros e exigiam muito tempo de exposição das emulsões ou das câmaras de nuvens para as detecções. No final da década de 1940, os novos aceleradores de partículas estavam em destaque no meio científico, sendo um modo reprodutível e controlado de executar experimentos. Assim, os estudos de partículas “migraram para esses novos instrumentos” (ROSENFELD, 2013, p.46).

O uso de aceleradores de partícula promoveu um grande avanço nas descobertas de partículas, dado principalmente na década de 1950. Os próprios píons, citados anteriormente, que eram raros de detectarem nos raios cósmicos, apareciam em abundância nas colisões dos aceleradores de partículas, o que proporcionou um estudo mais aprofundado das suas características e propriedades. Diversos aceleradores de partículas foram importantes nesta época, localizados tanto nos Estados Unidos, com laboratórios de financiamento nacional, quanto no CERN, a organização europeia para pesquisas nucleares, que conta com países membros que contribuem para as pesquisas realizadas.

Com os avanços experimentais nos aceleradores e descoberta de várias novas partículas, houve a necessidade de buscar uma forma de organizá-las, criar uma forma de classificá-las. As primeiras formas de classificação foram feitas em relação ao número do spin: se a partícula possuía spin inteiro, era um bóson, se possuía spin semi-inteiro, era um férmion; e em relação à interação forte: se a partícula sente a interação forte, é um hádron, se não sente, é um lépton. Novos números quânticos e quantidades conservadas foram desenvolvidos na descrição e classificação destas partículas, como o número leptônico e a sua conservação, a conservação do spin em interações e a estranheza.

Podemos dizer que as teorias desenvolvidas para a Física de Partículas são fruto dos modelos teóricos submetidos à observação experimental (ABDALLA, 2006, p.86). Se, por um lado, modelos eram desenvolvidos a partir dos resultados experimentais obtidos, sendo então agregadas ao modelo vigente, por outro lado, alguns resultados experimentais reforçavam o já previsto, agregando novos elementos à teoria vigente. Assim, como na época do desenvolvimento da tabela periódica, quando foi suposto por Mendeleev que certos elementos existiriam devido à sequência dos números atômicos, no início dos anos 1960, o cientista Gell-Mann organizou as partículas em grupos que formavam formas geométricas, chamando-as de multipletes, na qual os vértices eram as partículas e as coordenadas (os eixos) eram a estranheza e o isospin, ambos números quânticos. Por exemplo, o próton é uma partícula com estranheza igual a 1 e isospin igual a $\frac{1}{2}$, então sua posição neste plano cartesiano era $(\frac{1}{2}; 1)$. A partir desse modelo, foi possível agrupar partículas formando diferentes figuras geométricas, como hexágonos e triângulos e, para que os vértices destas figuras fossem completos, algumas partículas foram previstas. Estas partículas previstas com este agrupamento foram sendo descobertas experimentalmente nos anos seguintes. Pode-se notar, novamente, o papel importante da ideia de simetria no desenvolvimento dos modelos e teorias físicas.

Gell-Mann foi o cientista que propôs, em 1964, que os hádrons seriam formados por outras partículas, os quarks. Ou seja, os prótons e nêutrons não seriam indivisíveis, mas sim formados por partículas ainda menores. Estas partículas fundamentais seriam férmions de spin $\frac{1}{2}$, e a princípio eram de três tipos, ou sabores, o quark *up* (u), o quark *down* (d), e o quark *strange* (s) e suas respectivas antipartículas. Entretanto, havia um problema com a violação do princípio da exclusão de Pauli, que dizia que férmion iguais não poderiam ocupar o mesmo estado, como o caso da partícula Ω^- , formada por três quarks *strange*, prevista nos multipletes e detectada experimentalmente. Ainda no ano de 1964, esse problema foi resolvido com a proposição de mais um número quântico, chamado de cor, ou carga cor. Assim, cada sabor de quark possuiria também três cores diferentes: o vermelho, o verde e o azul e as suas respectivas anticores. Desta forma, é possível existir uma partícula formada por três quarks do mesmo sabor, pois, se não possuem a mesma cor, não estão no mesmo estado físico, e logo não violam o princípio da exclusão de Pauli. A partícula Ω^- , citada anteriormente, é formada por três

quarks strange, um com cada cor. Este número quântico tem um papel importante em relação às forças fundamentais, que será discutido adiante.

Retomando a divisão feita nos anos 50, os léptons eram partículas de spin semi-inteiro que não sentem a interação forte. Até este momento da história, os léptons conhecidos eram o elétron (e), o neutrino do elétron (ν_e) e o múon (μ) e o neutrino do múon (ν_μ). O neutrino do elétron foi uma partícula proposta em 1930 por Pauli e explicava a questão do decaimento β , detectado somente em 1943. O neutrino do múon, por sua vez, foi detectado em 1962, utilizando-se de um grande acelerador de partículas chamado *Alternating Gradient Synchrotron* (AGS), nos Estados Unidos. Tem-se até o momento então, quatro léptons e três quarks. Um quarto quark foi proposto em 1964 para completar esta simetria, o quark *charme* (c), mais pesado e que faria parte de algumas partículas menos estáveis. Este quark foi observado experimentalmente em 1974.

Posteriormente, mais dois quarks, o *bottom* (b) e o *top* (t) foram detectados, em 1977 e em 1995, respectivamente, ambos mais massivos do que os quatro anteriores, e detectados no Fermilab, um importante laboratório nos Estados Unidos, que, por muitos anos, teve o acelerador de partículas mais poderoso do mundo, o Tevatron. Outros dois léptons também foram detectados, o tau (τ), em 1975, e o neutrino do tau (ν_τ), em 2000, também muito mais massivos do que as gerações anteriores de léptons. O tau foi detectado no *Stanford Linear Accelerator Laboratory* (SLAC), nos Estados Unidos, e o neutrino do tau no Fermilab. Completa-se, então, todos os quarks e léptons conhecidos até hoje.

Os bósons são as partículas responsáveis pelas interações, ou seja, pelas forças presentes no universo. Existem quatro modelos de interações: a gravitacional, a eletromagnética, a forte e a fraca. A interação gravitacional não se encaixa no MP, pois não existe uma teoria quântica para a gravidade, nem uma detecção de uma partícula mediadora desta interação. Os bósons são partículas de spin 1, que não obedecem o princípio da exclusão de Pauli. Como já foi citado, o primeiro bóson conhecido foi o fóton, em 1905, que é mediador da interação eletromagnética. A interação eletromagnética é bastante familiar, estando relacionada com a carga das partículas. De forma macroscópica, temos que um corpo carregado (que possui carga elétrica) gera um campo elétrico, exercendo uma força elétrica em outro corpo carregado, e vice-versa. Se uma destas cargas estiver em movimento, teremos também um campo magnético e uma

força magnética, tendo assim uma interação eletromagnética. Do ponto de vista quântico, esta interação é mediada por uma partícula mediadora, sendo a interação eletromagnética mediada pela partícula fóton. Em outras palavras,

“... a interação eletromagnética pode ser explicada em termos de troca de fótons. A rigor, cada partícula carregada interage com o campo eletromagnético, mas este é um campo de fótons. Então, uma partícula carregada interage com o campo sofrendo uma força. [...] Por outro lado, a partícula carregada também exerce uma força na outra partícula ou, se quisermos, esta partícula também interage com o campo sofrendo uma força que é transmitida por fótons.” (MOREIRA, 2007, p.13)

Já em 1967, em relação à interação fraca, foram propostos por Steven Weinberg os bósons responsáveis por esta interação que ocorre no interior do átomo, em que há distâncias muito pequenas. Esta interação é responsável pelo fenômeno do decaimento beta, citado anteriormente, no qual um nêutron decai em um próton com a emissão de um elétron e um neutrino. As partículas mediadoras desta interação são os bósons W^+ , W^- e Z^0 , sendo os índices +, - e 0 referentes às cargas elétricas. Estes bósons foram propostos em 1967, mas só foram detectados experimentalmente em 1983.

Retomando a questão da estabilidade do núcleo atômico, que foi importante durante o desenvolvimento da teoria atômica, acrescenta-se agora uma importante peça no modelo: a interação forte. Com base na teoria criada por Yukawa na década de 30, desenvolveu-se nos anos 70 a cromodinâmica quântica, teoria que descreve a interação forte nos hádrons. A partícula mediadora desta interação é o glúon (nome que vem de *glue*, cola em inglês). Neste modelo, existem oito tipos de glúons, responsáveis pelas mudanças de cores nos quarks.

Concluindo-se a ideia do MP, temos que toda a matéria no universo é formada por quarks e léptons e as forças são intermediadas pelos bósons. Existe outra questão que é bastante pertinente no que diz respeito a este modelo: a origem da massa das partículas. Nota-se uma quebra de simetria no modelo, pois algumas partículas possuem massa, e outras não. O chamado mecanismo de Higgs é a teoria mais aceita dentro do modelo para explicar esta quebra de simetria. Simplificadamente, consiste em considerar que todo o universo está imerso em um campo, chamado campo de Higgs e que as partículas ganham massa ao interagirem com este campo. Peter Higgs, e também, de maneira independente, François Englert e Robert Brout, desenvolveram esta teoria nos anos 60, mas as buscas experimentais pela partícula que seria responsável por este campo, o

bóson de Higgs, só se iniciaram em 1975, culminando em 2012, com a primeira detecção experimental da partícula, o que para muitos significou a comprovação experimental do sucesso de todo o MP.

A detecção do bóson de Higgs aconteceu nos detectores do LHC, sigla em inglês para Large Hadrons Collider, ou grande colisor de hádrons, em português. Este, que é o maior acelerador de partículas já construído, faz parte do CERN e possui 27 km de extensão, a 100 metros da superfície. Localizado entre a Suíça e a França, foi projetado para realizar colisões entre feixes de partículas com energia de até 14 TeV, energia nunca antes alcançada por um acelerador. O LHC foi construído com a intenção de estudar diversos fenômenos que envolvem altas energias, como propriedades de quarks e glúons, matéria e antimatéria, matéria escura e principalmente o bóson de Higgs.

Existem dois tipos de aceleradores de partículas, os lineares e os circulares. O LHC é do tipo circular, no qual os feixes de partículas giram no acelerador, ganhando energia a cada volta, devido à ação de campos magnéticos. Já nos aceleradores lineares, as partículas são aceleradas em linha reta e se chocam com um anteparo ou detector. O tubo de raios catódicos, já citado na descoberta do elétron, é um tipo de acelerador linear, no qual as partículas são aceleradas devido a uma diferença de potencial. Atualmente no CERN, alguns aceleradores lineares são utilizados como forma de aceleração inicial das partículas antes de entrarem nos aceleradores circulares.

O primeiro acelerador circular foi o cíclotron, criado por Ernest Lawrence em 1934, que lhe rendeu o prêmio Nobel de física em 1934. Os cíclotrons chegavam a colisões com energia da ordem de MeV. Neste tipo de acelerador, as partículas realizavam um movimento em espiral, pois, a cada volta, o aumento da velocidade das partículas fazia com que o raio da trajetória também aumentasse. Nos aceleradores do tipo síncrotron, desenvolvidos posteriormente, o raio da trajetória das partículas continuava o mesmo, de modo que o movimento das partículas fosse circular. O primeiro acelerador de partículas do CERN foi do tipo sincro-cíclotron, já chegando a ordem de grandeza de GeV.

Estes aceleradores descritos funcionavam com alvos fixos, ou seja, as partículas eram aceleradas e se chocavam com anteparos nos locais próximos aos detectores. A ideia seguinte foi utilizar feixes de partículas girando em sentidos contrários e se colidindo em regiões específicas, conseguindo assim o dobro da energia, chamados de anéis de colisão, ou *colliders*. Todos os aceleradores de partículas modernos são do tipo

collider, inclusive o LHC. Com este tipo de acelerador, é possível chegar a energias maiores, dependendo do tamanho do colisor, sendo a energia das colisões no LHC na ordem de TeV

Tão importante como o desenvolvimento dos aceleradores de partículas, é a função dos detectores nestes experimentos. Cabe, então, a discussão a respeito do que significa a detecção de uma partícula, visto que o significado de “ver” algo não é mesmo no mundo macroscópico e no mundo quântico. Os detectores são uma parte fundamental dos aceleradores de partículas, sendo a câmara de nuvens, citada anteriormente, considerada o primeiro detector de partículas, posteriormente substituídas por instrumentos que podiam digitalizar os sinais, evitando o uso de fotografias das câmaras e aumentando assim a velocidade das coletas de dados e das suas análises. O objetivo dos detectores é registrar o resultado das colisões.

O LHC, por exemplo, possui vários detectores, sendo os quatro principais o ATLAS (*A toroidal LHC apparatus*), o CMS (*Compact múon solenoid*), o ALICE (*A large Ion Collision experimente*) e o LHCb (*Large hadron collider beauty*). Todos eles são muito grandes e pesados, sendo o ATLAS o maior deles, com 25 metros de altura e 25 metros de largura, pesando 7 mil toneladas. Um dos princípios utilizados nos detectores é a curvatura da trajetória de uma partícula utilizando um campo magnético, podendo ser calculado o momento e a carga da partícula, e calorímetros para medir a sua energia. Os detectores são compostos por subdetectores, responsáveis por detectar tipos específicos de partículas, além de camadas que são sensíveis aos caminhos feitos pelas partículas. Os computadores juntam os dados e reconstroem todo o caminho feito pela partícula a partir das informações das camadas, ou seja, é possível calcular sua energia, sua carga, seu momento, e outras informações importantes para saber de que partícula se trata.

O ATLAS e o CMS têm objetivos mais gerais, que incluem a procura pelo bóson de Higgs, o estudo de dimensões extras e da matéria escura. O ALICE estuda íons pesados e plasma de quarks e glúons. Já o LHCb, realiza experimentos relacionados à matéria e antimatéria, estudando a partícula quark b.

Concluindo, a Física de Partículas traz elementos interessantes em relação tanto aos conhecimentos físicos gerados, como as partículas, os números quânticos, as conservações e as interações fundamentais, como em relação à evolução tecnológica, como a construção dos aceleradores e detectores, as questões econômicas, como a

necessidade de colaboração de países para a realização de grandes experimentos, e a própria evolução da ciência, como a construção de modelos e os aspectos epistemológicos que se deram neste processo.

Capítulo 2

A Ciência, a mídia e o Caso LHC

A relação entre os materiais divulgados em meios midiáticos e o seu possível papel no ensino é um assunto que está presente na área da Educação. Neste capítulo serão introduzidos alguns autores que apresentam trabalhos com opiniões e posicionamentos a respeito da utilização de materiais de divulgação científica no ensino, e alguns, especificamente em sala de aula. Estes autores discutem, por exemplo, as características dos materiais jornalísticos, as possibilidades de uso e os possíveis cuidados que devem ser tomados pelos professores ao utilizar estes materiais em sala de aula. Estes trabalhos foram utilizados como referência para o desenvolvimento das categorias de análise do conjunto de notícias deste trabalho, apresentadas no capítulo 3.

Neste capítulo também é feito um panorama do conjunto de notícias levantado para este trabalho, no qual são apresentadas algumas características destas notícias, como a linguagem utilizada e conteúdos físicos abordados.

2.1 A Ciência e a Mídia

A interface Educação-Comunicação é um assunto que já vem sendo pesquisado tanto por pesquisadores da área da Educação quanto da área da Comunicação. Vermelho e Areu (2005) realizaram uma pesquisa de estado da arte nos periódicos sobre Educação e Comunicação entre os anos de 1982 e 2002, atestando um crescimento na área, notando, entre outros aspectos, que a televisão e a mídia impressa eram os veículos mais estudados pelos pesquisadores no período da pesquisa.

Ribeiro e Kawamura (2008) apresentam reflexões sobre a divulgação científica e a formação do espírito crítico, especialmente no ensino de física, considerando que a

leitura de um artigo científico, dentro ou fora da sala de aula, envolve uma compreensão crítica de ciência. De forma geral, as discussões na área apontam para um certo consenso sobre a utilização de materiais de divulgação dentro de ambientes escolares, na seguinte direção:

(...) a utilização de materiais de divulgação em ambientes de educação formal pode favorecer a introdução de novos sentidos para o ensino-aprendizagem de física e proporcionar ao aluno o contato com diferentes linguagens e discursos, motivando-o e despertando o interesse pelo conhecimento científico, desenvolvendo habilidades de leitura, fornecendo subsídios para a formação de leitores críticos, explicitando as diferentes contribuições da ciência, inserindo novas abordagens e novas temáticas nas aulas de física, etc (RIBEIRO, 2008, p. 2).

As autoras apresentam uma reflexão sobre os enfoques dos materiais de divulgação e sua relação com o olhar crítico, tendo em vista dois focos, na ciência e na mídia. Ao focar na ciência, a luz de outros autores, Ribeiro e Kawamura (2008) trazem características de como ela é veiculada, ignorando seus processos e metodologias, a chamada “mitologia dos resultados”; e a partir do mito da neutralidade da ciência, tratando-a como destituída de valores e com ausência de contradições.

Ao focar na mídia, presta-se atenção nos próprios meios de comunicação e nas suas linguagens. As autoras destacam três características que, por um lado, são criticadas por jornalistas e cientistas, mas por outro lado, a favor da potencialidade da divulgação para a educação e o ensino. Estas características são: o sensacionalismo, a simplificação e a fragmentação. A primeira delas, o sensacionalismo, diz respeito a atrair o leitor, muitas vezes com exagero, superficialidade e distorções do fazer científico, mas pode contribuir para “atrair o leitor para o mundo da ciência e torná-la atrativa” (RIBEIRO e KAWAMURA, 2008, p. 7). A segunda, a simplificação, trata-se da adaptação da linguagem e dos conceitos científicos a fim de aproximar o público ou mesmo promover um maior entendimento a respeito do conteúdo. Porém, este processo pode reduzir a ciência em sua complexidade. A terceira, a fragmentação, diz respeito à ausência de contextos e a superficialidade no tratamento e reprodução dos acontecimentos. As autoras citam o exemplo da divulgação de descobertas científicas recentes sem a apresentação de seus processos anteriores e as investigações que deram origem a esses resultados.

Desta forma, ler notícias de fontes diferentes sobre um mesmo assunto e identificar formas de se apresentar e interpretar o mesmo fato são práticas que podem auxiliar na capacitação de leitores críticos. Assim:

o trabalho com textos de divulgação em sala de aula, visando a formação do espírito crítico de nossos educandos, além de possibilitar discussões a respeito das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, dos impactos sócio-ambientais decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico, da política científica nacional etc., também precisa proporcionar uma reflexão crítica e analítica sobre os próprios meios de comunicação, o que envolve o desvelamento de ideologias, o reconhecimento dos recursos utilizados para atrair o leitor e suas influências sobre os conteúdos das informações noticiadas, as estratégias de narrativas e linguagem, a estrutura textual e as características dos textos informativos etc. (RIBEIRO e KAWAMURA, 2008, p. 11).

Para Silva e Cruz (2004), o professor deve utilizar materiais de divulgação na sala de aula não apenas como motivador para ensinar conceitos científicos, mas também as relações dos conhecimentos científicos no contexto político-econômico e sociocultural. Apresentando a visão de diversos autores sobre o ensino de ciências a partir de uma abordagem CTS, Silva e Cruz (2004) elaboram um instrumento de análise para identificar características relativas a cada uma das seguintes dimensões: científica, tecnológica, social e a interação entre as três. A primeira delas, a dimensão científica, destaca a importância de se discutir aspectos relativos à natureza da ciência, seu desenvolvimento e suas aplicações tecnológicas e sociais, bem como o caráter provisório e incerto das teorias científicas. A dimensão tecnológica envolve a compreensão dos aspectos da prática tecnológica, suas influências no comportamento humano e as relações com um desenvolvimento sustentável. A social, temas científicos e tecnológicos potencialmente problemáticos do ponto de vista social. A interação entre as três, diz respeito a diferentes dimensões do conhecimento estudado, evidenciando as interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Essas dimensões foram consideradas no desenvolvimento da análise dessa pesquisa, conforme será apresentado mais à frente no capítulo 3.

Os autores também diferenciam os conceitos de disseminação, divulgação e difusão científica, com base nas ideias de Bueno⁶ (1985, apud Silva e Cruz, 2004). A disseminação é a transferência de informações em códigos e linguagens específicos, para especialistas. A divulgação é a transferência de informações para um público não-especialista, fazendo-se necessário o processo de recodificação e transposição da linguagem especializada para a não-especializada. A difusão envolve as outras duas categorias supracitadas, pois diz respeito ao recurso para a veiculação de informações científicas e tecnológicas. Também são apresentadas diferentes possibilidades de utilização dos produtos de divulgação científica em sala de aula como: o recurso didático, favorecendo a conexão entre os conteúdos científicos e a realidade vivida pelo estudante; a fonte de aprendizagem, sendo a origem de ideias e concepções trazidas pelos alunos; o objeto de estudo, que surge quando os alunos já estão capacitados a interagir com os produtos de divulgação científica como um objetivo do ensino de ciências.

Para os autores (Silva e Cruz, 2004), a divulgação científica não possui um caráter formativo, portanto, não cumpre plenamente o papel de ensinar e educar o público, fornecendo poucos elementos para que leitores leigos possam se apropriar dos conceitos e informações abordados. Desta forma, faz-se necessário uma utilização consciente, por parte do professor, para discutir relações e aspectos diferentes, como o contexto político econômico e sociocultural e os interesses envolvidos na difusão destes conhecimentos.

Ribeiro e Kawamura (2006) investigaram, em seu trabalho, as funções e papéis atribuídos à divulgação científica nas pesquisas na área de ensino de física (vertentes), com um panorama das pesquisas situadas na interface divulgação/ensino de física, com o objetivo de observar as interações, potencialidades, metodologias e resultados das atividades com materiais de divulgação científica em sala de aula.

Textos, meios e natureza dos materiais de divulgação são objetos de investigação de pesquisas da área. As autoras verificaram que as características, a linguagem, as abordagens e os recursos utilizados para a veiculação são elementos mapeados nas mesmas. Este mapeamento pode fornecer subsídios para estabelecer uma relação entre as potencialidades atribuídas aos textos pelas pesquisas e às intenções de utilização deste material em sala de aula. As estratégias do uso destes materiais em sala de aula e

⁶ BUENO, W. C. Jornalismo Científico: conceito e funções. In: revista Ciência e Cultura, 37(9), 1985.

suas metodologias também são trabalhos presentes na área (RIBEIRO e KAWAMURA, 2006, p.7)

As autoras apresentam quatro vertentes para o uso de materiais de divulgação em sala de aula, organizadas a partir de um conjunto de intenções e papéis atribuídos à divulgação. As vertentes são:

- Mundo de leitura, leitura de mundo: por um lado, o texto é visto como um instrumento de desenvolvimento de habilidades e hábitos de leitura nos alunos, por outro lado, vê o texto de divulgação como uma janela para a realidade que o aluno vive;
- Formação do espírito crítico: papel de estimular um olhar crítico para a realidade, tanto no sentido da produção do conhecimento científico como em relação à sua veiculação;
- Contextualização e atualidade: relacionado ao caráter de atualidade das informações sobre ciência e tecnologia e a contextualização para discussões;
- Olhar de sedução, encantamento e motivação: relacionada com o despertar do interesse por temas científicos, motivar e instigar os alunos.

A partir das discussões apresentadas, é possível identificarmos um importante potencial na utilização de informações sobre ciência e tecnologia divulgadas pela mídia e o ensino de física, no caso aqui, em análise, a Física Moderna e Contemporânea. Por outro lado, conforme defendido por Pezzo e Pierson (2014):

(...) o professor ganha, ao trabalhar com essa interface entre os conteúdos escolares e as informações sobre Ciência e Tecnologia veiculadas pela mídia, a oportunidade e, mais do que isso, a necessidade de atuar como mediador entre o aluno e os produtos midiáticos, auxiliando-o na análise crítica tanto da forma de representação da Ciência quanto das características próprias dos meios de comunicação e no desvelamento das relações estabelecidas entre informação, conhecimento, poder e dominação. (PEZZO, 2014, p.166)

Não podemos, portanto, agir de forma ingênua ao selecionarmos e incorporarmos como elemento didático em sala de aula materiais divulgados pela mídia. É fundamental que ao fazê-lo, analisemos com cuidado o material a ser utilizado, não na perspectiva de censurar notícias, mas na de selecioná-las cuidadosamente, aproveitando sua utilização, não apenas para o ensino formal de teorias ou conceitos físicos, mas igualmente, com a

preocupação de trabalhar as relações CTS, a visão de ciência e a própria leitura crítica da mídia.

É nessa perspectiva que passamos, a seguir, a apresentar a maneira de como foi e têm sido divulgadas na mídia matérias referentes ao caso LHC.

2.2 O Caso LHC na mídia - Um panorama geral do material selecionado

Como apresentado anteriormente, assuntos científicos são presentes na mídia e apresentados de diferentes formas. A inauguração e o funcionamento do LHC apareceram nos jornais e revistas e tiveram destaque nos últimos anos, com picos de notícias em 2008 e 2012. A forma como essa máquina (o LHC) foi apresentada pela mídia e as características destas notícias é o que chamamos aqui de “Caso LHC”.

Foi feito um levantamento das notícias com este tema em alguns veículos de comunicação, como revistas (em suas versões online), sites de jornais e sites de notícias. Os veículos analisados neste levantamento foram: site dos jornais Estado de São Paulo e Folha de São Paulo, site da revista Ciência Hoje, Carta Capital e Veja e o site de notícia G1. Estes veículos foram escolhidos considerando a sua facilidade de acesso e popularidade. Os veículos Estado de São Paulo e Folha de São Paulo são jornais diários impressos que também possuem notícias em versão digital, ambos localizados no estado de São Paulo, mas com alcance em escala nacional. As revistas Carta Capital e Veja são revistas de atualidades semanais, que também possuem notícias em versão digital. O G1 é um site de notícias que aglutina diversos meios de comunicação. A revista Ciência Hoje é a uma revista mensal de divulgação científica da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, a SBPC, contendo diversas matérias das edições impressas disponíveis online, mas também algumas exclusivamente online. A revista Ciência Hoje, por ter este caráter de divulgação científica, apresenta notícias mais aprofundadas e com maior número de páginas, comparadas aos outros veículos analisados.

Foram descartadas as notícias repetidas, ou seja, que traziam o mesmo texto de outras selecionadas. Este levantamento não tem a intenção de analisar todas as notícias publicadas, mas sim um recorte, pensando nas possibilidades de uso destes materiais como potencial desencadeador de discussões. O quadro 1 apresenta o conjunto de notícias utilizadas nesta análise, com o nome da notícia, veículo, data e código utilizado no decorrer das análises.

Nome da notícia	Veículo	Data	Código
Físico diz que descoberta é um feito maior do que a ida à Lua	Carta Capital	05/07/2012	CC1
Nova descoberta aproxima cientistas do Bóson de Higgs	Carta Capital	04/07/2012	CC2
Dance enquanto é tempo	Ciência hoje	08/12/2009	CH 1
LHC, O colosso criador e esmagador de matéria	Ciência hoje	10/04/2008	CH 2
Agora é pra valer	Ciência hoje	30/03/2010	CH 3
Acampamento de cientistas	Ciência hoje	18/11/2010	CH 4
Em cartaz: LHC	Ciência hoje	28/06/2011	CH 5
Em contato com a ciência de ponta	Ciência hoje	13/04/2011	CH 6
A imagem do mundo, o LHC e o sexo	Ciência hoje	28/03/2011	CH 7
Para onde vai a física de partículas?	Ciência hoje	11/04/2006	CH 8
Um grande bóson para a humanidade	Ciência hoje	09/07/2012	CH 9
Para apreciar a festa do LHC	Ciência hoje	26/09/2008	CH 10
Elementar, meu caro leitor	Ciência hoje	24/04/2007	CH 11
O bóson de novo	Ciência hoje	08/10/2013	CH 12
Havemos bóson!	Ciência hoje	04/07/2012	CH 13
A antimatéria e o universo	Ciência hoje	10/03/2010	CH 14
A poucos passos	Ciência hoje	09/07/2012	CH 15
O Higgs, a massa e a ciência que procegue	Ciência hoje	20/07/2012	CH 16
A beira do buraco negro	Estado de São Paulo	13/11/2008	E1
Bóson de Higgs, o maior feito da ciência em 2012	Estado de São Paulo	21/12/2012	E2

Nome da notícia	Veículo	Data	Código
Cientistas descobrem partícula que pode explicar a origem do universo	Estado de São Paulo	05/07/2012	E3
Colisor de partículas é ativado com sucesso	Estado de São Paulo	11/09/2008	E4
Colisor de partículas ficará fora de operação por 2 meses	Estado de São Paulo	20/09/2008	E5
Experimento que investiga a origem do universo é acionado na Suíça	Estado de São Paulo	10/09/2008	E6
Físicos polemizam sobre LHC	Estado de São Paulo	12/09/2008	E7
LHC bate novo recorde mundial de energia	Estado de São Paulo	05/04/2012	E8
Quanto custou a "partícula de Deus"	Estado de São Paulo	06/07/2012	E9
Após pane, LHC vai ter 1ª colisão de partículas	Folha de São Paulo	19/09/2008	F1
Começa a grande corrida da física	Folha de São Paulo	11/09/2008	F2
Europa dá a partida na maior máquina do mundo, o LHC	Folha de São Paulo	11/09/2008	F3
LHC começa a operar hoje, "pela metade"	Folha de São Paulo	10/09/2008	F4
A maior máquina do mundo, LHC começa hoje a produzir ciência	Folha de São Paulo	30/03/2010	F5
O mundo não acabou	Folha de São Paulo	14/09/2008	F6
Porque o choque dos prótons importa?	Folha de São Paulo	19/04/2010	F7
Revolução da física sairá do subterrâneo	Folha de São Paulo	10/09/2008	F8
Acelerador de partículas LHC já faz prótons circularem em sentido oposto	G1	23/11/2009	G1
Análise indica "fortemente" que nova partícula é o bóson de Higgs, diz Cern	G1	14/03/2013	G2
O choque de partículas no LHC deve ocorrer em breve	G1	10/09/2008	G3
Entenda a relação da maior máquina do mundo com a origem do universo	G1	15/04/2010	G4
Nobel de física para os pais do "bóson de Higgs"	G1	08/10/2013	G5

Nome da notícia	Veículo	Data	Código
A máquina do fim do mundo	Veja	09/04/2008	V1
Encaixou-se perfeitamente	Veja	11/07/2012	V2
Em busca da origem de todas as coisas	Veja	12/08/2007	V3
No início era...	Veja	25/06/2008	V4
Bóson de Higgs me custou 100 dólares, diz Hawking	Veja	05/07/2012	V5
Bóson de Higgs não explica tudo, afirma seu criador	Veja	06/11/2012	V6
A incrível saga do bóson de Higgs	Veja	07/07/2012	V7
Acelerador de partículas LHC bate metas de 2011	Veja	31/10/2011	V8
Acelerador de partículas LHC chega a nível recorde, diz CERN	Veja	30/11/2009	V9
Acelerador de partículas LHC ficará fechado por um ano	Veja	10/03/2010	V10
Em busca do tempo perdido	Veja	07/04/2010	V11
Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer	Veja	29/02/2012	V12
Autor da teoria da 'partícula de Deus' comemora 'ter razão'	Veja	06/07/2012	V13
Brasil pode se tornar membro da maior instituição de pesquisa do mundo em 2011	Veja	28/07/2010	V14
CERN adia conclusões empíricas sobre a 'partícula de Deus'	Veja	13/12/2011	V15
Cientistas comentam descoberta de nova partícula	Veja	04/07/2012	V16
Cientistas conseguem 'recriar' o Big Bang	Veja	30/03/2010	V17
Cientistas dizem que há menos provas da existência da 'partícula de Deus'	Veja	23/08/2011	V18
Cientistas estão cada vez mais perto de descobrir 'Partícula de Deus'	Veja	12/12/2011	V19
Cientistas estão perto de resolver o enigma das partículas elementares	Veja	13/12/2011	V20

Nome da notícia	Veículo	Data	Código
Cientistas europeus avaliam entrada do Brasil no CERN	Veja	18/10/2012	V21
Cientistas ficam mais longe do Bóson de Higgs	Veja	22/08/2011	V22
Colisor de hádrons detecta variedade pesada de partícula subatômica	Veja	22/12/2011	V23
Descoberta nova partícula coerente com o bóson de Higgs	Veja	04/07/2012	V24
Diretorgeral do Cern acusa Brasil de lentidão	Veja	05/07/2012	V25
Não quer saber de Corinthians? Vá de bóson de Higgs	Veja	04/07/2012	V26
Físicos afirmam ter encontrado fortes indícios da existência da 'partícula de Deus'	Veja	02/07/2012	V27
Físicos anunciam descoberta da provável 'partícula de Deus'	Veja	04/07/2012	V28

Quadro 1: Relação das notícias selecionadas com respectivo código, veículo e data de publicação.

O total de notícias selecionadas foi 68, distribuídas entre os anos de 2006 e 2013, sendo nove do veículo Estado de São Paulo, oito da Folha de São Paulo, dezesseis da Ciência Hoje, dois da Carta Capital, vinte e oito da revista Veja e cinco do site G1.

São vários os enfoques dados ao tema nas notícias analisadas: funcionamento do próprio acelerador; possíveis descobertas e implicações físicas; as implicações sociais; possíveis acidentes; crises econômicas na Europa; a possível participação do Brasil; discussões sobre a construção do conhecimento e o desenvolvimento da ciência; produtos culturais, como o rap do LHC, músicas e filmes, entre outros.

Também são vários os nomes e adjetivos dados ao acelerador, como: “máquina do Big Bang”; “poderoso experimento do mundo da Física”; “experimento mais ambicioso da história da física”; “colosso criador e esmagador de matéria”; “o maior e mais caro projeto científico de todos os tempos”; e até mesmo “máquina do fim do mundo”.

Neste conjunto de notícias, foram localizadas três notícias anteriores a 2008, ou seja, antes da inauguração do acelerador, duas na revista Ciência Hoje online e uma na versão impressa da revista Veja. Uma das notícias, publicada na Ciência Hoje online, em abril de 2006 (CH8), com o título “Para onde vai a Física de Partículas?”, focaliza os

objetivos de se construir aceleradores de partículas e as expectativas para o LHC, em construção na época da notícia e, para um outro colisor, ainda só no plano das ideias. A outra notícia da revista Ciência Hoje online (CH11) é, na verdade, uma coluna sobre ciência de um professor de Física da Universidade Federal de São Carlos, de abril de 2007, na qual é apresentado um panorama do desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea e do que conhecemos hoje como modelo padrão de partículas elementares. Na notícia, esse panorama é seguido de uma descrição do acelerador em construção, descrevendo a possibilidade de descoberta do bóson de Higgs como “a peça que falta para completar o quebra-cabeça”. A terceira notícia (V3) sobre a construção do LHC, publicada na edição de agosto de 2007 da revista Veja, apresenta as dimensões físicas do acelerador, em um quadro denominado “os números do colosso”, juntamente com uma ilustração da sua localização e tamanho. A reportagem também traz uma breve explicação sobre partículas elementares.

De maneira geral, apesar do baixo número de notícias anteriores a 2008, estas descrevem as possibilidades e expectativas em relação ao acelerador de partículas, sem focar no seu funcionamento específico e nem nas implicações sociais.

A partir de 2008, ano da inauguração do acelerador, o número de notícias aumentou significativamente, totalizando 16 notícias nos veículos analisados. Apesar deste aumento em 2008, as notícias não se distribuem igualmente no decorrer do ano. Destas 16 notícias, 12 foram publicadas no mês de setembro, ou seja, 75%, sendo setembro o mês da inauguração do LHC. Ao analisar especificamente o mês de setembro, das 12 notícias, quatro são do dia 10 de setembro, dia da inauguração, seguido de mais três no dia 11 e mais uma no dia 12.

Em relação aos conteúdos das notícias, parte delas faz menção, de diversas formas, aos boatos sobre o fim do mundo que foram criados antes do início do funcionamento do LHC. Algumas notícias apenas tratavam esse boato como piada e, mesmo não dando nenhuma explicação sobre o assunto, ridicularizavam as pessoas que se se sentiam amedrontadas com essa possibilidade. Por outro lado, há notícias que procuravam apresentar argumentos que mostravam não haver nenhuma possibilidade do mundo acabar por causa do LHC. A revista Veja, por exemplo, que, em 2007, apresentou uma reportagem sobre as expectativas em relação ao início do funcionamento do LHC, na edição de abril de 2008, publica uma reportagem com o título “A máquina do fim do mundo” (V1), trazendo informações sobre cientistas que

entraram com ações judiciais para impedir que o LHC entrasse em funcionamento, pois poderia acarretar no fim do mundo. Segundo a reportagem, “o medo de que a ciência pode destruir o mundo é recorrente na civilização moderna”, trazendo outros exemplos na história de eventos que causaram medo do fim do mundo.

Outra reportagem, publicada em 13 de setembro de 2008, no site do jornal Estado de São Paulo, com o título “À beira do buraco negro” (E1), apresenta o caso de uma jovem indiana que cometeu suicídio por medo de ser “tragada pelo ‘buraco negro’ artificialmente criado pelo LHC”, culpabilizando parcialmente a supersticiosidade da população, citando outros exemplos de superstições sobre o fim do mundo, não necessariamente ligados à ciência. O autor da reportagem ridiculariza o medo causado pela “Máquina do universo”, sem apresentar argumentos significativos para não o ter, como no trecho:

“Mais espertos que a indiana que se matou para não morrer foram [...] Walter Wagner, [...] Luís Sancho e [...] Otto Rössler, que ao suicídio preferiram a ação legal, intimando judicialmente os cientistas do Cern a desligarem o LHC. Do ponto de vista prático, um gesto tão inútil quanto [o da jovem que se matou]”. (E1)

Na matéria em questão, o autor traz apenas uma breve descrição das dimensões do acelerador e dos seus objetivos.

Uma notícia do site de notícias G1 (G3) apenas trata este medo como “uma grande piada”, sem apresentar argumentos justificando a graça da piada. De maneira geral, nenhuma das notícias que tratam do assunto do “fim do mundo”, de forma irônica ou não, apresentam argumentos de como o funcionamento do LHC poderia levar ao fim do mundo.

O conceito de sensacionalismo na mídia é polêmico, como já citado no tópico 2.1. Por um lado, a presença de notícias que provoquem emoções no leitor como, neste caso, uma comoção em relação ao fim do mundo, pode estabelecer uma conexão com o mundo do leitor. Por outro lado, pode distorcer e deturpar o fazer científico. Notícias como estas podem ser utilizadas em sala de aula como motivadores de discussões sobre procedimentos científicos, recursos tecnológicos e a relação entre crença e ciência, ou ainda uma reflexão sobre a divulgação científica em si (Ribeiro e Kawamura, 2008).

Outra notícia, do site do jornal Estado de São Paulo, também de 2008 (E7), traz uma fala do próprio Peter Higgs, na qual ele afirma que a formação de buracos negros com o funcionamento do LHC não passa de “besteira”, pois os buracos negros que conhecemos são gigantes, e os que poderiam surgir seriam minúsculos, desaparecendo rapidamente, afirmando que as pessoas que entraram com mandatos judiciais para impedir o funcionamento do LHC deveriam ser mais sensatas. Do conjunto de notícias analisadas, esta é a única que apresenta uma justificativa, mesmo que conceitualmente pobre, em relação aos boatos dos buracos negros. Esta mesma notícia tem como ponto principal a “rivalidade” de teorias entre físicos famosos, tratando de uma rivalidade entre a teoria apresentada por Peter Higgs e considerações feitas por Stephen Hawking, sendo eles, segundo a notícia, os físicos mais famosos da atualidade. No contexto dessa matéria citam uma aposta envolvendo dinheiro, feita por Hawking. Esse ponto apareceu em outras três notícias analisadas, mas com um destaque menor. A notícia não mostra detalhes físicos das tais teorias apresentadas pelos dois físicos e parece focar na questão pessoal entre os cientistas.

Em outro veículo, a Folha de São Paulo, em 2008, foi publicado na coluna no físico e divulgador de ciência Marcelo Gleiser um texto com o título “o mundo não acabou” (F6), no qual ele comenta o medo quando se quebra novas barreiras do conhecimento, expondo os argumentos sobre a segurança do experimento que, segundo o autor, foram apresentados pelo próprio site do CERN.

Com uma proposta diferente dos outros veículos analisados, a revista impressa Ciência Hoje, mais voltada para a divulgação científica, publicou, em 2008, uma reportagem sobre a construção e o funcionamento do LHC (CH2), na qual explica em detalhes o funcionamento do acelerador, seus detectores, formas de armazenamento de dados, assim como os conceitos físicos envolvidos: as partículas elementares, as forças fundamentais, relação matéria-antimatéria e a relação entre massa e energia.

Das notícias localizadas entre 2009 e 2011, várias delas tratam do início e do desenvolvimento das colisões entre prótons, fato que não havia ocorrido em 2008. Todas estas notícias trazem, de alguma forma, informações sobre o funcionamento e as dimensões físicas do acelerador, bem como os valores de energia envolvidos no seu funcionamento. Comparadas às notícias de 2008, estas notícias apresentam uma clareza maior em relação aos objetivos do LHC, não apresentando a questão do boato sobre o fim do mundo, que é presente nas notícias do ano da inauguração.

Na segunda metade de 2012, houve um forte indício da descoberta da partícula bóson de Higgs, o que fez com que esse fosse o assunto predominante nas notícias de 2012 e 2013, sendo o prêmio Nobel de Física de 2013 dedicado à Peter W. Higgs e François Englert, propositores da teoria do bóson, confirmada quase 50 anos depois graças aos experimentos realizados no LHC. Nestes dois anos foram localizadas 26 notícias, sendo 20 delas associadas à descoberta do bóson e apenas seis anteriores ao anúncio da descoberta. Assim como em 2008, as notícias não se distribuem de forma igual no decorrer deste período. A maior parte das notícias são do mês de julho de 2012, mês em que se deu o indício da descoberta do Bóson,

A grande maioria das notícias que antecedem o anúncio oficial da descoberta do bóson de Higgs são notícias de caráter otimistas, dando a ideia que a descoberta do bóson é uma questão de tempo. Apenas duas notícias (V22 e V18) do conjunto analisado são claramente pessimistas, afirmando que os cientistas não encontrariam a partícula ou que estão cada vez mais longe de fazê-lo.

A princípio, algumas notícias, assim como os informes oficiais do CERN, relatam um forte indício da descoberta do bóson, como uma notícia do Estado de São Paulo, do dia 5 de agosto de 2012 (E3), da qual destacamos o seguinte trecho:

Fazendo uma analogia com uma investigação criminal, é como se os cientistas tivessem encontrado um suspeito que é compatível com um retrato falado. Mas falta um teste de DNA para ter certeza de que é a pessoa certa - e não um irmão ou outra pessoa parecida. (B3)

Como toda analogia, seria necessário chamar a atenção para as limitações da mesma, o que não é feito na notícia, mas cabe o destaque positivo à tentativa de esclarecer o leitor sobre o fato de não se poder afirmar se a partícula é ou não o bóson procurado. Outras notícias citam a confiabilidade estatística do anúncio da descoberta da partícula, apresentando porcentagens e as razões matemáticas, como uma notícia da revista Ciência Hoje, na qual é afirmado que a precisão da detecção foi de 99,99994% (CH13), e outra do site da revista Carta Capital de 5 de agosto de 2012 (CC1), que afirma que “probabilidade da partícula detectada não ser uma nova partícula é de menos de 1 em 1,7 milhão”. É interessante destacarmos que, mesmo a maioria da população não tendo clareza sobre o que é o bóson de Higgs, parte considerável desconhecendo sua importância para a ciência, a questão da descoberta é assunto da mídia. Analisando

as notícias da época, não é possível identificar uma real preocupação da mídia em esclarecer tais pontos. A probabilidade de ser ou não ser o bóson é o elemento de destaque das matérias.

2.3 A Física e o conteúdo das notícias analisadas

As teorias físicas estudadas e desenvolvidas no LHC e no CERN envolvem uma física muito avançada e complexa, difícil de ser apresentada numa linguagem acessível, mesmo para um público envolvido com ciência. Como reflexo disso, diversas notícias utilizam-se de analogias, de entrevistas com cientistas e de um conjunto de figuras simplificadas.

As utilizações de analogias ocorrem com bastante frequência no processo de ensino e de aprendizagem do conhecimento físico, visto que, partir de ideias concretas ou conhecidas, facilita para o leitor/estudante a compreensão de fenômenos e teorias mais complexas, envolvendo conceitos ou modelos de difícil visualização. Em outras palavras, as analogias são importantes no ensino de ciências, e especialmente de Física, pois alguns conceitos são de natureza abstrata e sua compreensão requer que os alunos sejam capazes de imaginar e modelar. Entretanto, todas as analogias possuem limitações, que, se não explicitadas, podem criar concepções distorcidas do fenômeno estudado, visto que, muitas vezes, o análogo é diferente do alvo (o que se deseja explicar com a analogia), e isso pode induzir a uma compreensão equivocada (BOZELLI; NARDI, 2008). Sabemos que, mesmo em alguns textos com fins didáticos, as analogias não são tratadas com o cuidado que mereceriam, entretanto, se queremos levar o texto jornalístico para a sala de aula, não podemos nos furtar de destacar algumas das analogias presentes nos textos analisados.

Como exemplo de uma analogia para o funcionamento do LHC, uma notícia de abril de 2008 da revista Ciência Hoje (CH2) afirma:

um acelerador de partículas e seus detectores estão para os físicos de partículas assim como o telescópio está para o astrônomo, o microscópio para o biólogo ou o olho para o ser humano. (CH2)

Em relação às teorias, em diversas notícias as partículas do modelo padrão são chamadas de “tijolos que formam a matéria”. Uma notícia da Folha de São Paulo de abril de 2010 (F7) traz a seguinte analogia:

Partículas e forças antes indistinguíveis desenvolveram suas próprias identidades, da mesma forma como o espanhol, o francês e o italiano derivaram do latim original. (F7)

Apenas uma notícia dentre as analisadas se preocupou em destacar as analogias entre aspas, como uma forma de representar que aquilo é uma maneira de explicar, ou seja, levando a uma interpretação não literal daquela palavra. A notícia é de abril de 2010 do site G1 (G4), chamada “Entenda a relação da maior máquina do mundo com a origem do universo”, como por exemplo, no seguinte trecho:

Por meio de "fotos" da colisão é possível entender o comportamento delas, e analisar como se comportariam dentro da "sopa primordial" que deu origem às estrelas e planetas. (G4)

Colocando entre aspas as palavras “fotos” e “sopa primordial”, o leitor pode interpretar que a foto não é de fato uma foto como conhecemos, e tampouco a sopa primordial se trata de uma sopa como conhecemos.

É dado igualmente destaque às dimensões físicas do acelerador, impressionantes mesmo para um público leigo e à ordem de grandeza das energias utilizadas. Parece-nos serem esses, junto com os recursos financeiros envolvidos, os principais aspectos que tornam a temática possível de atrair o interesse do público. Retomando os papéis atribuídos à divulgação científica e as vertentes trazidas por Ribeiro e Kawamura (2006), notícias que trazem a grandiosidade do LHC podem ser utilizadas como forma de despertar o interesse dos alunos pelo tema, motivando novas leituras.

As ordens de grandeza das partículas estudadas no LHC são tão pequenas que é, quase sempre, impossível estabelecer qualquer relação de dimensão a partir das extensões às quais estamos habituados. Desta forma, algumas notícias apresentaram formas de comparação entre estas ordens de grandeza e as que estamos acostumados, como uma reportagem da versão impressa da revista Veja, de agosto de 2012 (V2), traz uma comparação entre as ordens de grandeza destas partículas:

se o átomo tivesse o tamanho da Terra, prótons e nêutrons seriam uma rodagigante de um parque de diversões, e quarks e elétrons possuiriam as dimensões de um CD.(V2)

Entretanto, se essa comparação pode ser verdadeira, considerando tamanhos médios e as ordens de grandeza dos objetos citados, não leva em conta possíveis obstáculos ao entendimento, podendo criar imagens incorretas sobre as estruturas de prótons e nêutrons.

Foi identificado ainda, como parte do conteúdo presente em algumas notícias, a discussão sobre o desenvolvimento tecnológico e a sua relação com a ciência produzida no LHC. Essa discussão aparece, normalmente, para justificar o grande investimento financeiro envolvido no projeto, frente a um objetivo de pesquisa cujo ganho efetivo é científico e não propriamente social.

Em algumas, esta relação aparece de forma mútua, o desenvolvimento científico e tecnológico ocorrendo ao mesmo tempo, como no trecho:

Cientistas também defendem que um grande benefício do LHC é um "efeito colateral" da sua construção. Para fazer um túnel subterrâneo de 27 km, mantê-lo a uma temperatura a mais de 200 graus Celsius abaixo de zero, no vácuo, e acelerar partículas à velocidade da luz foi necessário desenvolver novas tecnologias.(G4)

Seguido da opinião de um físico sobre o assunto:

"É muito mais interessante termos uma corrida tecnológica por causa de estudos científicos, como o LHC, do que desenvolvermos tecnologia por causa de brigas entre países, como aconteceu nas grandes guerras mundiais", defende o físico [...] (G4).

Nesta mesma notícia, é apresentada outra contribuição do CERN para a sociedade, o "www", sendo esta contribuição também destacada em outras poucas notícias do conjunto analisado. Pode-se notar o baixo número de notícias que fazem relações dos atuais avanços científicos com os importantes feitos passados. Em outras palavras, os acontecimentos apresentados ficam soltos em relação ao seu contexto, descrito por Ribeiro e Kawamura (2008) como fragmentação no tópico 2.1. A fragmentação é, por

exemplo, a divulgação de descobertas e avanços sem a apresentação dos processos que deram origem a ele. Ainda tratando da relação entre ciência e tecnologia, em outra notícia do mesmo veículo (G3), a tecnologia é apresentada como um subproduto do desenvolvimento científico, como no trecho que apresenta uma fala de um físico entrevistado:

Ir à Lua não afeta sua vida diretamente. Mas para o homem ir à Lua foi preciso inventar o cristal líquido e ele sim foi importante para a vida das pessoas. A tecnologia criada para o experimento pode ser usada para outras áreas.(G3)

Também se utilizando do exemplo da ida do homem à Lua, uma notícia da versão online da revista Ciência Hoje (CH15) chama a atenção para o caráter multinacional de um projeto como o LHC. Um físico, entrevistado na reportagem, lembra que “um único país chegou à Lua. Mas você não constrói um empreendimento como o LHC sozinho”. Para ele, o acelerador é uma importante ferramenta de exploração da natureza que continuará a gerar conhecimento e tecnologia por décadas, e complementa apontando que no começo de sua construção, não havia tecnologia para tal, sendo necessário produzi-la a fim de viabilizar o projeto.

A repercussão da construção do LHC atinge ainda a indústria cultural, sendo produzidas músicas sobre o assunto e marcando sua presença em filmes. Em uma notícia, o jornalista afirma que nem mesmo Júlio Verne teria imaginado algo tão espantoso.

Duas notícias publicadas no site da revista Ciência Hoje, uma em dezembro de 2009 (CH1) e outra em novembro de 2010 (CH4) tratam de grupos musicais que surgiram no contexto do CERN: a primeira notícia refere-se a um grupo chamado *Les Horribles Cernettes* (LHC), que surgiu na década de 1990, cujas integrantes eram ligadas ao CERN, cantando músicas humorísticas que tinham como tema a vida no laboratório; a segunda notícia trata de um projeto musical de físicos que trabalham especificamente no detector Atlas, chamado *Resonance*, que tem como temática de suas composições a Física de Partículas. Torna-se igualmente temática de notícias o rap do LHC, música que ficou famosa na internet em 2008 explicando o funcionamento do LHC.

Outra reportagem da revista Ciência Hoje, desta vez na versão impressa, de março de 2010 (CH14), relaciona os objetivos, o funcionamento e as teorias envolvidas com o

LHC com a trama do filme “Anjos e Demônios”, que gira em torno da utilização de antimatéria. Em julho de 2012, o site da revista Veja publicou uma notícia chamada “Não quer saber de Corinthians? Vá de bóson de Higgs” (V26), que faz um resumo de elementos não científicos que o LHC e o bóson de Higgs tocaram, músicas de rap e *heavy metal*, aparecimentos em filmes e séries de televisão, entre outros.

Os valores envolvidos no financiamento do LHC é igualmente objeto de várias das notícias. Por ser uma máquina que custou bilhões de euros, algumas notícias chamavam a atenção para as questões econômicas envolvendo o acelerador. Uma notícia, por exemplo, afirma que o anúncio do possível descobrimento do bóson de Higgs foi feito estrategicamente para “prestar contas aos investidores e garantir o pioneirismo do CERN”, citando também a necessidade de convencer os governos europeus a não interromper os financiamentos (E3). Em outra matéria do mesmo veículo, é citado um artigo da revista internacional *The Economist*, na qual é afirmado que o custo do acelerador, 10 bilhões de dólares, é relativamente pequeno, considerando a importância do conhecimento gerado (E9). Esta notícia ressalta que a condição financeira do projeto está diretamente ligada as dos países membros.

Quatro notícias tratam ainda da possível participação do Brasil como membro do CERN, apresentando vantagens e desvantagens de tal associação. Três destas notícias apresentam as vantagens e desvantagens da participação do Brasil neste consórcio, mas uma delas, da revista Veja de julho de 2012 (V25) aponta uma reclamação de diretores do CERN sobre a lentidão do Brasil em relação a decisão, adicionando ainda que “com o custo da Copa do Mundo, o Brasil pagaria sua participação no CERN por várias décadas”.

Notícias que trazem elementos econômicos podem ser interessantes para a discussão de diferentes aspectos em sala de aula, como as questões de financiamentos na ciência, consequências sociais do desenvolvimento científico, ou até mesmo os meios para o desenvolvimento científico atual e as suas formas de divulgação.

Capítulo 3

Análise Crítica da Divulgação pela Mídia do Caso LHC

Reconhecendo a importância de analisarmos criticamente o conteúdo das notícias veiculadas pela mídia e a fim de verificar de que maneira deveriam ser abordadas em sala de aula visando a, não apenas a discussão do conteúdo científico relacionado ao LHC, mas igualmente aos demais aspectos envolvidos, realizamos uma análise mais profunda do material selecionado. Para isso, desenvolvemos três características de análise, utilizando como base os trabalhos apresentados no capítulo 2. Levou-se em consideração as possibilidades de uso das notícias e os cuidados a serem tomados apresentados por Ribeiro e Kawamura (2006; 2008) e as características das dimensões trazidas por Silva e Cruz (2004). Tendo, portanto, como objetivo, analisar a forma como a construção e funcionamento do LHC foi tratada pela mídia, organizamos nosso material de análise a partir dos seguintes elementos:

- O tema da notícia - o foco, ou sobre o que a notícia trata, como por exemplo, o relato da inauguração do LHC, a descoberta do bóson de Higgs, o LHC de forma geral (dimensões, funcionamento etc), entre outros;
- Função/tom dado à notícia - forma como o conteúdo foi apresentado, podendo ser episódica; ter elementos explicativos (procura ensinar algo ao leitor); ou criar um “espetáculo” (dar uma dimensão de grandiosidade, com uma abordagem mais sensacionalista)
- Conteúdo - ênfase da notícia da dimensão científica, tecnológica, social ou a interação entre elas (CTS)

O tema da notícia é relevante em função do próprio conteúdo que pode ser abordado com o seu uso em sala de aula, mas também, apontar quais temas foram mais presentes no conjunto de notícias. A função ou tom dado relaciona-se com as possibilidades de uso destas notícias em sala de aula. Uma notícia que seja episódica pode ser usada como motivador para discussões, sendo um recurso didático, ou na forma de uma das vertentes de Ribeiro e Kawamura (2006), de “contextualização e atualidades”. Já as notícias com elementos explicativos, pode ser usada como fonte de

aprendizarem (SILVA e CRUZ, 2006), pois pode trazer alguns aspectos de conteúdos, ou como a vertente de “Olhar de sedução, encantamento e motivação”.

As notícias com tom de criar um espetáculo podem ser utilizadas como mobilizador para uma discussão, mas também para o estudo da forma como determinados temas são divulgados, ou seja, utilizar a notícia como um objeto de estudo. Outra possibilidade é atrair os leitores para o tema, mas nesse caso é importante discutir criticamente a apresentação das informações, como na vertente “formação do espírito crítico” (RIBEIRO e KAWAMURA, 2006).

Na categoria de conteúdo foi utilizado o instrumento de análise apresentado por Silva e Cruz (2004) para identificar características relativas às dimensões científica, tecnológica, social e a interação entre elas.

Como descrito no capítulo anterior, o conjunto de notícias analisado neste trabalho não tem a intenção de abranger todas as notícias sobre o LHC que saíram na mídia, mas sim, trazer um recorte que apresenta as possíveis potencialidades do uso destas notícias em sala de aula, como elemento desencadeador de discussões. Como já mencionado, o total de notícias neste conjunto é de 62, distribuídas entre os anos de 2006 e 2013.

3.1 - O Tema da notícia

Em relação ao tema, algumas notícias apresentavam mais de um assunto como, por exemplo, relatar a possível descoberta do bóson de Higgs e, ao mesmo tempo, apresentar aspectos gerais do funcionamento do LHC. Para realizarmos a presente organização por tema, utilizamos apenas o tema principal da notícia. A análise por temas pode nos fornecer a informação de que assuntos estiveram mais presentes no conjunto de notícias analisado.

Os dois temas mais incidentes apresentaram quase o mesmo número de notícias, que são: LHC(funcionamento, inauguração e objetivos), e bóson de Higgs (discussão e descoberta). O que foi chamado de ‘outros’ engloba notícias que falavam de física de uma maneira geral, utilizando o LHC como contextualizador, aceleradores e uso das tecnologias do LHC na medicina. A tabela 1 apresenta todos os temas localizados por ordem de incidência.

Tema	Número
O LHC	28
Bóson de higgs	26
Participação do Brasil	4
Elementos culturais	3
Outros	7

Tabela 1 – Temas das notícias analisadas em ordem crescente de incidência.

Os temas do bóson e inauguração do LHC estão relacionados com os seus anos de publicação e, conseqüentemente, com os picos de notícias sobre o Caso LHC, sendo parte das notícias sobre a inauguração publicadas em 2008, e as relacionadas com o bóson de Higgs, entre 2012/2013 (período entre a descoberta da partícula e seu reconhecimento como sendo o bóson de Higgs).

A categoria Participação do Brasil, diz respeito a notícias que tratavam das negociações entre o Brasil e o CERN para o país se tornar um membro colaborador do laboratório. Na categoria Elementos culturais, são notícias que falavam de conjuntos musicais ou filmes que, de alguma forma, se relacionavam com o LHC.

3.2 - A função/tom dado à notícia

Outro elemento analisado foi a função ou tom da notícia. Essa característica diz respeito a como as informações foram apresentadas. As categorias de classificação foram relacionadas com a provável intenção da notícia: episódica, para as notícias que identificamos como tendo a intenção de apenas informar o leitor sobre o ocorrido; notícias com elementos explicativos, para as que desenvolviam conceitos físicos no sentido de ensinar algo ao leitor a respeito do assunto tratado, além de relatar o fato noticiado. As notícias classificadas com elementos explicativos podem conter explicações do tipo glossário, ou seja, trazer apenas os significados dos termos usados, ou explicação com uma preocupação mais conceitual, na qual se procura explicar conceitos físicos envolvidos. A terceira categoria diz respeito às notícias que localizamos a intenção de criar um “espetáculo” a respeito do ocorrido ou do assunto, com elementos sensacionalistas. Algumas notícias apresentavam elementos de mais de

uma categoria, mas, para esta análise, procurou-se classificar a partir da função que mais se destacava durante a leitura.

Os diferentes tons das notícias podem ir ao encontro com as intenções de um professor ao utilizar uma notícia em sala de aula. Silva e Cruz (2004) apresentam em seu trabalho algumas possibilidades para o uso de produtos de divulgação, como recurso didático, fonte de aprendizagem e objeto de estudo. Uma notícia que seja episódica, isto é, não contenha conteúdos conceituais ligados ao assunto tratado, pode ser utilizada como motivação para o estudo do tema, ou como forma de estabelecer uma conexão entre o aluno e o conteúdo estudado. Notícias que possuem elementos explicativos podem ser, por sua vez, fonte de aprendizagem para o aluno.

A classificação das notícias em relação à função é apresentada na tabela 2. A função de maior incidência é a de elementos explicativos, com mais da metade das notícias do conjunto analisado. Destas, a maioria apresentava alguma preocupação conceitual com o conteúdo apresentado, um menor número trazia informações do tipo glossário. Este resultado pode ser explicado pela própria estrutura ou natureza das notícias do caso LHC pois, ao ser relatada, muitas vezes é necessária a explicação de alguns conceitos, como partículas elementares, valores energéticos e suas unidades, cargas elétricas, entre outros. Desta forma, atribui-se a notícia um tom explicativo, visto que ela procura, minimamente, apresentar conceitos físicos aos leitores.

Função/tom		Número de notícias
Elementos explicativos	Preocupação conceitual	23
	Tipo glossário	14
Episódica		29
Criar um "espetáculo"		2
Total		68

Tabela 2 – Notícias analisadas em relação à função ou tom.

O trecho a seguir é de uma notícia (F2) de 2008 sobre a inauguração do LHC, na qual são apresentadas as grandes dimensões do acelerador, assim como o objetivo do acelerador em relação à massa. Esta notícia foi classificada com elementos explicativos,

pois apresenta elementos que procuram explicar o funcionamento do LHC e apresentar alguns conceitos físicos ao leitor.

A cada volta, os prótons são acelerados um pouco mais, até atingirem as energias necessárias. Quanto mais longo o percurso, mais altas as energias, explicando as enormes dimensões do túnel do acelerador. A maior máquina de todos os tempos é usada no estudo das menores entidades da natureza, os tijolos fundamentais da matéria. O principal objetivo do LHC é elucidar o mistério da massa. Sabemos que um elétron é 2.000 vezes mais leve do que um próton, mas não sabemos por quê. A teoria mais aceita afirma que uma partícula, o bóson de Higgs, é responsável pelas massas não só dos elétrons e dos prótons como as de todas as partículas: cada partícula interage com o Higgs com uma intensidade diferente, e é essa diferença que determina a sua massa. O LHC atingirá as energias necessárias para descobrir o Higgs e estudar as suas propriedades. (F2)

Foram localizadas também notícias que apresentavam alguns elementos científicos, como o uso de prefixos nas unidades de medida, ordens de grandeza e nome de partículas, mas a estes era atribuído uma função episódica, não sendo desenvolvido nenhum conceito físico ou explicação do uso da forma de escrever ou linguagem. Em outras palavras, não é a presença de informações em linguagem científica que classifica a notícia como explicativa ou informativa, mas sim se ao apresentar estas informações, há a intenção de explicar algum conceito ao leitor. Em geral, as notícias episódicas desenvolvem menos o conteúdo abordado.

A seguir, apresentamos um trecho retirado de uma notícia (E4) do Estado de São Paulo, de 2008, também a respeito da inauguração do LHC. Ela apresenta informações e termos científicos, mas os mesmos não são explicados ou desenvolvidos na reportagem, sendo classificada como episódica.

Ontem, os cientistas conseguiram fazer circular com sucesso feixes de prótons pelo anel de 27 quilômetros de circunferência contendo 9.600 ímãs cilíndricos e resfriado a $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$, uma temperatura mais fria do que o espaço interestelar (...). Eles admitiram que houve "problemas" com a temperatura dos ímãs, usados para atrair os prótons. "Mesmo assim, conseguimos tudo isso em um tempo inesperado e superamos todas as expectativas", explicou ao Estado Steve Myers, diretor do projeto.

“Noventa e cinco por cento do que existe no Universo não é conhecido por nós. Não sabemos o que é a matéria escura nem a energia escura e pensávamos que jamais seria possível descobrir. Agora, temos uma máquina que possibilitará ter respostas”, disse Carlo Rubio, Prêmio Nobel de Física nos anos 80 e idealizador do LHC.” (E4)

As duas notícias identificadas com a função de criar um espetáculo são de 2008 e estão relacionadas com os boatos sobre a criação de buracos negros (V1 e E1). Estas notícias abordavam a questão do medo da ciência e possuíam títulos de tom claramente sensacionalista, sendo “A máquina do fim do mundo” e “A beira do buraco negro”, respectivamente. Ambas apresentavam elementos explicativos, mas estes não eram protagonistas na notícia, ficando mais claro as intenções de se criar um espetáculo ao redor do caso.

3.3 - O conteúdo das notícias

Para a classificação em relação ao conteúdo, foram usadas como base as dimensões e atributos propostos por Silva e Cruz (2004), sendo adicionados outros elementos referentes ao caso LHC especificamente. Desta forma, as categorias utilizadas nesta análise e seus aspectos estão descritos a seguir:

Dimensão científica:

- Destaque de conceitos científicos, neste caso: grandezas físicas, definições de partículas elementares, entre outros;
- Presença de aspectos relativos à natureza da Ciência como: desenvolvimento do Modelo Padrão, problemas históricos;
- Aportes para discussões relativas a aplicações da Ciência;
- Opiniões de diferentes especialistas.

Dimensão tecnológica:

- Apresentação de siglas, códigos e gráficos;
- Aportes para discussões sobre a tecnologia como atividade econômica e industrial;

- Especificações técnicas sobre o funcionamento dos equipamentos, como o próprio LHC e seus detectores;
- Destaque ao papel dos profissionais na manipulação dos diversos equipamentos de pesquisa;
- Explicitação de aspectos legais e aportes para discussões sobre valores e os códigos éticos da atividade tecnológica;
- Destaque a produtos, dejetos e resíduos resultantes da prática tecnológica.

Dimensão social:

- Indicação dos interessados nos resultados divulgados;
- Contraposição de grupos sociais diversos;
- Relação entre o conhecimento científico e o senso comum;
- Apresentação de elementos culturais, como filmes e músicas relacionadas com o LHC;

Interação C-T-S:

- Destaque aos recursos públicos ou privados aplicados no desenvolvimento das pesquisas, como as questões econômicas da construção do LHC e a possível participação do Brasil;
- Indicação de aspectos referentes à relação custo/benefício social das atividades de ciência e tecnologia;
- Apresentação de indicativos sobre a relação entre desenvolvimento científico e tecnológico e bem estar social;
- Destaque a possíveis impactos ambientais da prática tecnológica;
- Destaque a possíveis reflexos dos diversos produtos tecnológicos sobre a saúde e o comportamento humano.

A tabela 3 apresenta os resultados encontrados em relação ao conteúdo das notícias. Assim como nas outras análises, trabalhou-se com o conteúdo que mais se destacava na notícia, mesmo que essa apresentasse alguns elementos de outras.

Conteúdo	Número
Ciência	48
Sociedade	12
Tecnologia	2
CTS	6
Total	68

Tabela 3 – notícias em relação aos conteúdos

Em relação ao conteúdo, o de maior incidência foi a dimensão científica. Muitas das notícias classificadas como priorizando a dimensão científica não desenvolviam muito os aspectos relacionados a esta categoria devido ao formato dos veículos e ao tamanho reduzido das notícias. Assim como descrito na análise da função/tom, em função da natureza do caso LHC, mesmo que as notícias fossem apenas divulgar o início do funcionamento ou a descoberta do bóson, era necessário fazer, ainda que de forma bastante sucinta, uma breve explicação dos termos utilizados, o que fez com que as notícias fossem classificadas na dimensão científica.

Das notícias de conteúdo focado no aspecto social, foram localizadas notícias que tratam das questões econômicas dos experimentos e do interesse envolvido nas descobertas, assim como notícias que tratavam de conjuntos musicais relacionados com o LHC e sobre projetos e materiais didáticos para o uso do LHC nas escolas.

O baixo índice de notícias com enfoque tecnológico mostra que o funcionamento do LHC não foi destacado nas notícias, nem o papel dos diferentes profissionais envolvidos. O fato deste experimento não gerar resultados tecnológicos imediatos pode ter contribuído para o baixo índice desta dimensão nas notícias analisadas. As duas notícias localizadas com este conteúdo são da revista Ciência Hoje: uma delas (CH2) focava no funcionamento dos detectores, e a outra (CH8) na construção de outros aceleradores de partículas.

Em relação à interação entre as dimensões CTS, as notícias localizadas destacam a questão dos recursos financeiros utilizados para a construção e manutenção do acelerador, seu impacto, a relação de interesse nos conhecimentos gerados e o uso das tecnologias geradas com o bem estar social.

3.4 - Síntese da análise

A discussão das características das notícias no conjunto é importante não só para se ter um panorama geral da forma como o caso foi tratado, mas também como forma de reflexão das potencialidades do uso destes materiais em sala de aula. Os diferentes temas, tons e conteúdos podem contribuir de diferentes formas para um ensino com significado, no contexto de compreender as relações entre a produção científica, sua relação com a ciência como modelo e sua relação com aspectos tecnológicos e sociais.

No conjunto de notícias analisado, foram localizadas notícias que apresentam características diferentes, sendo possível utilizá-las de diversas formas e objetivos em sala de aula, como já trazidos por Ribeiro e Kawamura (2006; 2008) e Silva e Cruz (2004). As reflexões feitas a luz destes autores no capítulo 2 foram relevantes para a criação das categorias utilizadas na análise deste conjunto de notícias. As categorias, tema, tom/função e conteúdo foram pensadas a partir do conjunto de notícias, na perspectiva de contemplar as possibilidades de uso das notícias em sala de aula, mas também as características do material jornalístico a serem levadas em consideração.

É possível destacar a grande quantidade de notícias que tratam o LHC de maneira genérica, com informações sobre as suas dimensões, objetivos e experimentos, assim como notícias que tratam do bóson de Higgs, trazendo sua importância para o atual modelo padrão da Física de Partículas e os esforços para encontrá-lo.

No que diz respeito às funções/tons localizadas, por um lado temos uma grande quantidade de notícias que apresentam alguns elementos explicativos, que além de relatar um certo acontecimento, trazem o significado ou a explicação de conceitos e expressões. Por outro lado, também é significativo o número de notícias que apresentam um breve relato dos acontecimentos, chamadas de episódicas. As notícias com um tom sensacionalista, de criar um espetáculo ao redor dos acontecimentos, também estão presentes no conjunto, em número menor. Estas notícias, com diferentes funções e tons, podem ter papéis interessantes ao serem utilizadas em sala de aula, como de contextualizar, motivar e/ou sensibilizar para possíveis discussões. Entretanto devem sempre vir acompanhadas de uma análise crítica de seu conteúdo.

Em relação aos conteúdos, a dimensão científica foi a mais localizada no conjunto de notícias analisado, com destaques para conceitos científicos, modelos e teorias, entrevistas com cientistas, entre outros. A dimensão social também está presente em um

número considerável de notícias, que apresentam relações entre conhecimento científico e senso comum, elementos culturais, entre outros.

O quadro 2 apresenta as classificações, segundo as características utilizadas na análise, de todas as notícias organizadas por data de publicação.

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
CH 8	Para onde vai a física de partículas?	Ciência hoje	11/04/2006	Outros	preocupação conceitual	T
CH 11	Elementar, meu caro leitor	Ciência hoje	24/04/2007	Outros	preocupação conceitual	C
V3	Em busca da origem de todas as coisas	Veja	12/08/2007	LHC	tipo glossário	C
V1	A máquina do fim do mundo	Veja	09/04/2008	LHC	espetáculo	S
CH 2	LHC, O colosso criador e esmagador de matéria	Ciência hoje	10/04/2008	LHC	preocupação conceitual	T
V4	No início era...	Veja	25/06/2008	Outros	preocupação conceitual	C
E6	Experimento que investiga a origem do universo é acionado na Suíça	Estado de São Paulo	10/09/2008	LHC	episódica	CTS
F4	LHC começa a operar hoje, "pela metade"	Folha de São Paulo	10/09/2008	LHC	tipo glossário	C
F8	Revolução da física sairá do subterrâneo	Folha de São Paulo	10/09/2008	LHC	preocupação conceitual	C
G3	O choque de partículas no LHC deve ocorrer em breve	G1	10/09/2008	LHC	episódica	C
E4	Colisor de partículas é ativado com sucesso	Estado de São Paulo	11/09/2008	LHC	episódica	C
F2	Começa a grande corrida da física	Folha de São Paulo	11/09/2008	LHC	preocupação conceitual	C

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
F3	Europa dá a partida na maior máquina do mundo, o LHC	Folha de São Paulo	11/09/2008	LHC	tipo glossário	C
E7	Físicos polemizam sobre LHC	Estado de São Paulo	12/09/2008	Bóson de Higgs	episódica	S
F6	O mundo não acabou	Folha de São Paulo	14/09/2008	LHC	preocupação conceitual	C
F1	Após pane, LHC vai ter 1ª colisão de partículas	Folha de São Paulo	19/09/2008	LHC	episódica	C
E5	Colisor de partículas ficará fora de operação por 2 meses	Estado de São Paulo	20/09/2008	LHC	episódica	C
CH 10	Para apreciar a festa do LHC	Ciência hoje	26/09/2008	Outros	preocupação conceitual	C
E1	A beira do buraco negro	Estado de São Paulo	13/11/2008	LHC	espetáculo	S
G1	Acelerador de partículas LHC já faz prótons circularem em sentido oposto	G1	23/11/2009	LHC	episódica	C
V9	Acelerador de partículas LHC chega a nível recorde, diz CERN	Veja	30/11/2009	LHC	episódica	C
CH 1	Dance enquanto é tempo	Ciência hoje	08/12/2009	Elementos culturais relacionados ao LHC	episódica	S
CH 14	A antimatéria e o universo	Ciência hoje	10/03/2010	Outros	preocupação conceitual	C

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
V10	Acelerador de partículas LHC ficará fechado por um ano	Veja	10/03/2010	LHC	episódica	C
CH 3	Agora é pra valer	Ciência hoje	30/03/2010	LHC	episódica	C
F5	A maior máquina do mundo, LHC começa hoje a produzir ciência	Folha de São Paulo	30/03/2010	LHC	episódica	C
V17	Cientistas conseguem 'recriar' o Big Bang	Veja	30/03/2010	LHC	episódica	C
V11	Em busca do tempo perdido	Veja	07/04/2010	LHC	preocupação conceitual	C
G4	Entenda a relação da maior máquina do mundo com a origem do universo	G1	15/04/2010	LHC	preocupação conceitual	C
F7	Porque o choque dos prótons importa?	Folha de São Paulo	19/04/2010	LHC	preocupação conceitual	C
V14	Brasil pode se tornar membro da maior instituição de pesquisa do mundo em 2011	Veja	28/07/2010	Participação do Brasil como membro do Cern	preocupação conceitual	CTS
CH 4	Acampamento de cientistas	Ciência hoje	18/11/2010	Elementos culturais relacionados ao LHC	episódica	S

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
CH 7	A imagem do mundo, o LHC e o sexo	Ciência hoje	28/03/2011	LHC	preocupação conceitual	C
CH 6	Em contato com a ciência de ponta	Ciência hoje	13/04/2011	LHC	episódica	S
CH 5	Em cartaz: LHC	Ciência hoje	28/06/2011	LHC	episódica	S
V22	Cientistas ficam mais longe do Bóson de Higgs	Veja	22/08/2011	Bóson de Higgs	episódica	C
V18	Cientistas dizem que há menos provas da existência da 'partícula de Deus'	Veja	23/08/2011	Bóson de Higgs	episódica	C
V8	Acelerador de partículas LHC bate metas de 2011	Veja	31/10/2011	LHC	episódica	C
V19	Cientistas estão cada vez mais perto de descobrir 'Partícula de Deus'	Veja	12/12/2011	Bóson de Higgs	episódica	C
V15	CERN adia conclusões empíricas sobre a 'partícula de Deus'	Veja	13/12/2011	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
V20	Cientistas estão perto de resolver o enigma das partículas elementares	Veja	13/12/2011	Bóson de Higgs	episódica	C
V23	Colisor de hádrons detecta variedade pesada de partícula subatômica	Veja	22/12/2011	Outros	episódica	C

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
V12	Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer	Veja	29/02/2012	Outros	tipo glossário	CTS
E8	LHC bate novo recorde mundial de energia	Estado de São Paulo	05/04/2012	LHC	tipo glossário	C
V27	Físicos afirmam ter encontrado fortes indícios da existência da 'partícula de Deus'	Veja	02/07/2012	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
CC2	Nova descoberta aproxima cientistas do Bóson de Higgs	Carta Capital	04/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C
CH 13	Havemos bóson!	Ciência hoje	04/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C
V16	Cientistas comentam descoberta de nova partícula	Veja	04/07/2012	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
V24	Descoberta nova partícula coerente com o bóson de Higgs	Veja	04/07/2012	Bóson de Higgs	episódica	C
V26	Não quer saber de Corinthians? Vá de bóson de Higgs	Veja	04/07/2012	Elementos culturais relacionados ao LHC	episódica	S
V28	Físicos anunciam descoberta da provável 'partícula de Deus'	Veja	04/07/2012	Bóson de Higgs	episódica	C
CC1	Físico diz que descoberta é um feito maior do que a ida à Lua	Carta Capital	05/07/2012	Bóson de Higgs	tipo glossário	S

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
E3	Cientistas descobrem partícula que pode explicar a origem do universo	Estado de São Paulo	05/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	S
V25	Diretorgeral do Cern acusa Brasil de lentidão	Veja	05/07/2012	Participação do Brasil como membro do Cern	episódica	CTS
V5	Bóson de Higgs me custou 100 dólares, diz Hawking	Veja	05/07/2012	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
E9	Quanto custou a "partícula de Deus"	Estado de São Paulo	06/07/2012	Bóson de Higgs	episódica	CTS
V13	Autor da teoria da 'partícula de Deus' comemora 'ter razão'	Veja	06/07/2012	Bóson de Higgs	episódica	S
V7	A incrível saga do bóson de Higgs	Veja	07/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C
CH 15	A poucos passos	Ciência hoje	09/07/2012	Participação do Brasil como membro do Cern	preocupação conceitual	S
CH 9	Um grande bóson para a humanidade	Ciência hoje	09/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C
V2	Encaixou-se perfeitamente	Veja	11/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C

Código	Nome da notícia	Veículo	Data	Tema	Função/tom	Conteúdo
CH 16	O Higgs, a massa e a ciência que prossegue	Ciência hoje	20/07/2012	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C
V21	Cientistas europeus avaliam entrada do Brasil no CERN	Veja	18/10/2012	Participação do Brasil como membro do Cern	tipo glossário	CTS
V6	Bóson de Higgs não explica tudo, afirma seu criador	Veja	06/11/2012	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
E2	Bóson de Higgs, o maior feito da ciência em 2012	Estado de São Paulo	21/12/2012	Bóson de Higgs	episódica	C
G2	Análise indica "fortemente" que nova partícula é o bóson de Higgs, diz CERN	G1	14/03/2013	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
CH 12	O bóson de novo	Ciência hoje	08/10/2013	Bóson de Higgs	tipo glossário	C
G5	Nobel de física para os pais do "bóson de Higgs"	G1	08/10/2013	Bóson de Higgs	preocupação conceitual	C

Quadro 2 – Conjunto de notícias analisado

Capítulo 4

O minicurso “A mídia, o LHC e a Física de Partículas”

Considerando ser o objetivo da pesquisa, analisar o potencial de materiais divulgados pela mídia como elemento de seleção e desenvolvimento de conteúdos relacionados à FMC, focando o caso LHC, organizamos nossa investigação inicialmente selecionando um conjunto de notícias relacionadas ao LHC e ao bóson de Higgs publicadas na mídia. Numa segunda etapa, a partir da seleção e organização das notícias segundo seus temas e enfoques, analisamos que aspectos relacionados à Física de Partículas seriam necessários para a compreensão do que foi divulgado pela mídia e que outros elementos relacionados, por exemplo, à visão de ciência, à relação ciência e tecnologia, aos impactos econômicos e sociais envolvidos na produção seriam importantes de serem analisados.

Uma vez realizada essa organização e análise crítica do material publicado, passamos para a organização de um minicurso direcionado a um grupo que, em grande parte, era composto por alunos recém-egressos ou ainda cursando o último ano do ensino médio a fim de coletarmos dados sobre o que já sabiam sobre o LHC e, em que medida, e a partir de quais elementos, seria possível ampliar seus conhecimentos e compreensões sobre a FMC, em particular a Física de Partículas.

Cabe ressaltar aqui que, mesmo focando em uma situação particular (O caso LHC) e uma área específica da FMC (Física de Partículas), entendemos ser possível discutir aspectos mais amplos relacionados ao próprio processo contemporâneo de produzir conhecimento científico.

O minicurso foi organizado a partir das notícias selecionadas de forma a apresentar aos participantes um panorama geral da Física de Partículas, o modelo padrão e a sua importância para a física, levando em consideração o papel da investigação do Modelo Padrão e o papel do LHC neste contexto. Também foram introduzidos e discutidos conhecimentos físicos relacionados ao caso LHC, pensando na contribuição para compreender a construção e pesquisas desenvolvidas neste laboratório, nas suas diferentes dimensões.

Desta forma, o minicurso foi estruturado a partir de notícias com diferentes temas, enfoques e abordagens, visando à discussão, segundo diferentes dimensões (científicas,

tecnológicos e sociais), do “Caso LHC”. Uma vez organizado, o material necessário para a intervenção que, nessa pesquisa constitui-se em espaço de tomada de dados, foi proposto o minicurso para alunos cursinho pré-vestibular da UFSCar, em horário extra-aulas.

A divulgação foi feita para alunos do cursinho pré-vestibular, pois buscávamos participantes com conhecimentos físicos próximos ao de alunos de ensino médio, mesmo que alguns dos alunos que frequentam o cursinho já tenham terminado o Ensino Médio. O minicurso foi organizado para ser desenvolvido em 8 horas (dois períodos de 4 horas) e divulgado junto aos estudantes do cursinho de 2015.

Todos os participantes foram informados sobre a pesquisa em andamento e esclarecidos sobre qual seria sua contribuição na tomada de dados. As atividades foram todas gravadas em vídeo para posterior análise dos eventos identificados como relevantes para os objetivos da nossa pesquisa. Paralelamente os participantes realizaram produções escritas que foram, igualmente, utilizadas como dados.

Uma vez feita a análise de notícias sobre o LHC, divulgadas em diferentes etapas de sua construção, realização dos primeiros experimentos e obtenção de resultados, e selecionado o material a ser utilizado em um minicurso voltado para estudantes que finalizaram o ensino médio e encontram-se matriculados em um curso pré-vestibular, passamos a segunda etapa de nossa investigação. A realização de um minicurso com o objetivo de avaliar o potencial de utilização de notícias divulgadas pela mídia na seleção e desenvolvimento de conteúdos relacionados à física moderna no ensino médio. No que diz respeito aos participantes, este minicurso teve como objetivo apresentar um panorama geral da Física de Partículas, a partir de notícias da mídia de grande acesso, assim como discutir diferentes aspectos relacionados à produção do conhecimento científico e sua relação com a sociedade e a tecnologia. Partimos da compreensão que, ao contextualizarmos o conhecimento a ser desenvolvido em fatos atuais, estaríamos fornecendo um conjunto maior de elementos que ajudariam a dar um maior significado à física moderna e seu ensino. Como parte da pesquisa, o minicurso é analisado como espaço de coleta de dados, com o objetivo de identificar as contribuições que o uso de notícias divulgadas pela mídia podem trazer para o ensino de física, não só como elemento desencadeador de discussões, mas também como forma de dar maior significado aos conteúdos apresentados e tangentes ao tema, sendo colocado como um instrumento interessante em sala de aula.

A partir de sua realização e tomada de dados, as observações e os materiais produzidos pelos participantes durante o minicurso foram analisados procurando localizar os aspectos identificados pelos participantes como os mais relevantes ao lerem uma notícia e os elementos, tanto relacionados especificamente ao caso LHC quanto aqueles relacionados aos conhecimentos físicos e à concepção de ciência, potencializadores de uma aprendizagem de elementos da física de partícula e de uma nova compreensão sobre a produção do conhecimento científico e sua relação com a tecnologia e a sociedade.

4.1 - Plano de desenvolvimento do minicurso

Como atividade preliminar, foi solicitado que os participantes respondessem um questionário, com perguntas de caráter geral relacionadas ao contato com física moderna, interesse por atualidades, fontes de informação, entre outras.

O minicurso foi estruturado com duração de oito horas, dividido em dois dias de quatro horas cada um. A presença dos alunos não era obrigatória e as atividades foram realizadas em dois sábados, sendo interessante para a pesquisa que a maior parte dos alunos que viessem no primeiro dia do minicurso, retornassem no segundo, tendo em vista o minicurso como um espaço de coletas de dados. Desta forma, privilegamos atividades em que os alunos eram colocados em uma função mais proativa, expressando as suas opiniões a respeito dos conteúdos das notícias e os seus posicionamentos acerca dos assuntos abordados.

Na primeira atividade, foi feita a leitura de notícias com caráter sensacionalistas, sendo as notícias escolhidas para esta atividade “A máquina do fim do mundo” (V1) e “A beira do buraco negro” (E1), ambas publicadas em datas próximas a inauguração do LHC. O objetivo do uso destas notícias era destacar questões polêmicas acerca da inauguração do acelerador e criar um ambiente propício para o levantamento de dúvidas e questões, assim como expressar as suas percepções e posicionamentos sobre o tema. Iniciar as atividades com estas notícias de caráter sensacionalista teve a intenção de sensibilizar os alunos para as discussões, indo ao encontro com um aspecto da característica sensacionalista do jornalismo apresentada por Ribeiro e Kawamura (2008), a possibilidade do seu uso para motivar acerca do assunto tratado. Também, estas notícias traziam, de maneira simplificada, informações sobre o funcionamento e os

objetivos do LHC, possibilitando um primeiro contato com os elementos físicos relacionados com o acelerador.

Após uma primeira discussão, os participantes puderam escrever em cartazes algumas sínteses ou perguntas a respeito das notícias lidas e discutidas. Estes cartazes foram colados na lousa, de forma que todos os alunos pudessem ver os outros cartazes feitos, possibilitando a percepção dos questionamentos feitos pelos colegas e os que possivelmente fossem semelhantes. Foi feita uma organização de perguntas e sínteses que traziam temas e elementos parecidos, de forma a abordar estes temas no decorrer do minicurso.

Na segunda atividade, os participantes foram divididos em grupos, e cada grupo recebeu uma notícia que descrevia, de maneira geral, o LHC e seus objetivos. As notícias escolhidas foram notícias episódicas, que relatavam os acontecimentos, mas não se aprofundavam nas teorias físicas e no funcionamento do acelerador. Com estas notícias foi possível iniciar um processo de construção de uma ideia sobre o que é o LHC, mas também, perceber o caráter fragmentado de algumas notícias e a necessidade da consulta a outras fontes. Após a leitura das notícias, os grupos deveriam apresentar suas impressões e opiniões sobre a notícia lida, assim como se posicionar em relação as informações trazidas. As notícias escolhidas para esta atividade foram: “Experimento que investiga a origem do universo é acionado na Suíça” (E6), “Maior máquina do mundo, LHC começa hoje a produzir ciência” (F5), “Choque de partículas no LHC deve ocorrer em breve” (G3). As três notícias eram curtas e de leitura fácil, visto que não traziam elementos científicos.

Com a atividade em grupo, esperava-se que os alunos conversassem entre si sobre a notícia, expondo os seus pontos de vista, e ao apresentar para a sala, destacassem o que acharam de mais relevante, indicando quais elementos receberam maior destaque na leitura de uma notícia com estas características. Tendo o minicurso como espaço de coleta de dados, era importante que os alunos apresentassem as suas opiniões e impressões sobre os temas tratados, sendo assim, interessante este tipo de atividade proposta.

Na terceira atividade, foi realizada uma exposição dialogada de alguns conceitos de física de partículas e do funcionamento de aceleradores, tendo como base os questionamentos e sínteses obtidos na primeira atividade. Ou seja, a sequência de temas foi organizada na perspectiva de responder as questões e levantamentos feitos até então,

como forma de manter os alunos mobilizados no decorrer da discussão, visto que eram questionamentos levantadas por eles. Em outras palavras, os conteúdos tratados foram organizados a partir dos questionamentos feitos na primeira atividade, contemplando os que diziam respeito a conteúdos físicos, objetivos e funcionamento do LHC. Os questionamentos relacionados a financiamentos, colaborações, aspectos sociais e a participação do Brasil seriam tratados posteriormente, em outros momentos. Foi exibido também um vídeo que mostrou o funcionamento do LHC, com simulações das colisões e imagens que mostravam as dimensões do acelerador e de seus detectores, assim como algumas breves explicações das teorias físicas por trás da busca pelo bóson de Higgs. Ao utilizar um vídeo, temos a possibilidade de mostrar aos alunos as dimensões e simulações do funcionamento do LHC, que até este momento do minicurso tinham sido apenas mostradas nas ilustrações trazidas nas notícias.

Foi utilizado também o vídeo da música “rap do LHC”, que apresenta um resumo dos objetivos, funcionamento e detectores do acelerador, na perspectiva de ver o que é possível entender da letra e quais dúvidas permaneciam. O uso desta música também está relacionado com a motivação, sendo uma forma diferente e divertida de apresentar esta temática.

Foi entregue aos alunos a notícia “LHC, o colosso criador e esmagador de matéria” (CH2), para que os alunos pudessem ler posteriormente. Esta notícia, que foi publicada na versão impressa da revista Ciência Hoje e disponibilizada digitalmente, apresenta uma grande quantidade de informações sobre o LHC, como o seu funcionamento, seus detectores e seu papel nas teorias atuais de física de partículas. Devido ao seu grande número de páginas, a leitura durante o minicurso poderia ser cansativa, além de apresentar conteúdos que foram trabalhados durante esta atividade, foi recomendado que os alunos lessem em outro momento.

Na quarta atividade, a princípio foram lembradas as questões da primeira atividade relacionada com aspectos econômicos do acelerador e o que as notícias lidas até aquele momento tratavam sobre isso. Com este contexto, foi apresentada aos alunos uma notícia que levantava os custos da descoberta do bóson de Higgs e as questões de financiamentos na ciência, como a necessária colaboração entre países. Foi utilizada a notícia “Quanto custou a partícula de Deus” (B9), que traz os pontos de vista econômicos, apresentando alguns valores investidos pelos países membros e os retornos desta pesquisa. As notícias utilizadas até este momento tinham um enfoque mais

científico, enquanto esta traz mais a questão social, como a contraposição entre grupos e as consequências da descoberta do Bóson de Higgs para a ciência e para os cientistas. Também, foram mostrados aos alunos custos financeiros como forma de comparação, como orçamentos de cidades e estados, valor investido na copa do mundo, entre outros. Dessa forma procuramos dar elementos para que os alunos tivessem uma referência sobre o valor investido e pudessem se posicionar frente a eles, assim como o impacto financeiro do desenvolvimento científico na sociedade.

Na quinta atividade, foi trabalhado com alunos uma notícia que levantava a questão do desenvolvimento das teorias físicas e das colaborações entre cientistas de diferentes lugares, desenvolvendo pesquisas juntos nestes laboratórios. A notícia escolhida foi “Um grande bóson para a humanidade” (CH9), que abre espaço para a discussão do desenvolvimento da ciência e a visão da física como uma construção de modelos. A notícia, retirada do site da revista Ciência Hoje, traz uma abordagem interessante sobre o desenvolvimento da ciência e a importância do bóson de Higgs no atual modelo de física de partículas. Após a leitura, os alunos tiveram um tempo para exporem as suas opiniões sobre os diferentes aspectos apresentados, como a colaboração de países, os custos envolvidos e as teorias que ficaram pelo caminho no desenvolvimento do modelo padrão, assim como destaque de algum outro aspecto.

Esta notícia também apresentava algumas informações sobre a possibilidade de participação do Brasil como país membro do CERN, que foi tema da sexta atividade, na qual foi lida uma outra notícia mais específica, chamada “A poucos passos” (CH15), também retirada do site da revista Ciência Hoje, que apresentava aspectos positivos e negativos de um possível consórcio entre o Brasil e o CERN, como fonte de alguns dados sobre a negociação. Os participantes foram divididos em dois grupos para um debate. Um dos grupos deveria se posicionar a favor da participação do Brasil como país membro do CERN, e outro grupo, contra. Com esta dinâmica, era esperado que os grupos apresentassem argumentos, informações e conceitos levantados no decorrer do minicurso durante o debate.

A notícia utilizada trazia alguns argumentos interessantes para ambos os grupos, mas era necessário que eles resgassem as outras discussões feitas até então para compor as falas dos grupos no debate. Além disso, com o posicionamento do grupo definido por sorteio, os membros dos grupos precisariam pensar nos argumentos da sua posição no debate, e não necessariamente na sua posição pessoal sobre este assunto.

Como finalização das atividades do minicurso, foi proposto aos alunos que elaborem um texto em formato jornalístico sobre o LHC, ficando livres para escolher em quais aspectos seria dado ênfase e qual a data da notícia. Os participantes poderiam escolher fazer esta atividade em dupla ou individual.

Ao retomar as possibilidades do uso dos materiais de divulgação trazidos por Silva e Cruz (2004) como recurso didático, fonte de aprendizagem e objeto de estudo, a produção de um texto pode fazer com que os alunos utilizem as notícias lidas no decorrer do minicurso a partir destas três possibilidades. Por exemplo, ao refletir sobre a forma que as informações são apresentadas em uma notícia classificada como sensacionalista, estão utilizando o material como um objeto de estudo, assim como a utilização de informações retiradas de outras notícias para compreender o funcionamento do acelerador e compor o seu texto é usa-las como uma fonte de aprendizagem. Já o uso para motivar discussões e introduzir assuntos, como feito em diversos momentos no minicurso, pode ser um uso como recurso didático.

Além disso, a escrita de um texto ao final de todas as atividades pode apontar quais elementos chamaram mais a atenção dos alunos e quais pontos discutidos eles acharam mais relevantes, como por exemplo, o próprio funcionamento do LHC, sua relação com a sociedade e a economia, seu papel nas atuais teorias físicas, entre outros.

A estrutura do minicurso realizado com as atividades desenvolvidas, seus objetivos, abordagem metodológica e as notícias utilizadas encontram-se no quadro 3. No que diz respeito às notícias utilizadas, estão destacadas as categorias a que pertencem, conforme análise crítica já realizada.

Posteriormente à realização do minicurso, existiu a possibilidade de uma conversa rápida com alguns dos alunos participantes. Esta conversa foi gravada e incorporada às análises.

Atividade	Objetivos	Metodologia	Notícia utilizada
<p>Motivação para a discussão: será que é perigoso?</p>	<p>Gerar, ou destacar, questões polêmicas em torno da inauguração do LHC, buscando dessa forma criar um ambiente propício para o levantamento de dúvidas e questões referentes ao laboratório e aos experimentos desenvolvidos no seu interior</p>	<p>Leitura e discussão de notícias publicadas na época da inauguração do LHC com uma perspectiva sensacionalista. Realização de uma síntese da percepção e posicionamento dos alunos sobre o tema.</p> <p>Organização, pelo professor, de um conjunto de questões que foram discutidas a fim de possibilitar um posicionamento, por parte dos alunos, mais esclarecido sobre o tema.</p>	<p>A beira do buraco negro – Estado de São Paulo, 13/11/2008.</p> <p>Tema: O LHC; Função: espetáculo Conteúdo: Social (E1)</p> <p>A máquina do fim do mundo – Veja, 09/04/2008.</p> <p>Tema: O LHC; Função: espetáculo Conteúdo Social (V1)</p>
<p>O LHC</p>	<p>Iniciar o processo de construção de uma ideia sobre o que seja o LHC a partir das informações obtidas em notícias episódicas.</p> <p>Paralelamente, os alunos deveriam perceber o caráter fragmentado das notícias e a necessidade de buscar outras fontes para uma compreensão melhor do tema.</p> <p>Identificar os aspectos destacados pela mídia nas notícias lidas e avaliar a relevância para a compreensão da situação descrita.</p>	<p>Atividade em grupos de leitura de notícias episódicas, que apresentam de maneira geral o LHC e as principais ideias veiculadas pelas notícias para a sala.</p> <p>Algumas questões levantadas na atividade anterior já puderam ser respondidas a partir das informações obtidas nestas leituras.</p> <p>Ao final da atividade, foi esquematizado o que já conhecemos sobre o LHC.</p>	<p><u>Notícia 1:</u> Experimento que investiga a origem do universo é acionado na Suíça – Estado de São Paulo, 10/09/2008, Tema: O LHC, Função: episódica, Conteúdo CTS (E6)</p> <p><u>Notícia 2:</u> Maior máquina do mundo, LHC começa hoje a produzir ciência – Folha de São Paulo 30/03/2010 Tema: O LHC, Função episódica, Conteúdo científico (F5)</p> <p><u>Notícia 3:</u> Choque de partículas no LHC deve ocorrer em breve – G1 10/09/2008 Tema: O LHC Função: episódica Conteúdo: científico (G3)</p>

Conhecendo um pouco mais	Levar os alunos a compreender aspectos relacionados à física de partículas que tornem compreensível os experimentos realizados no LHC e as dificuldades envolvidas	Apresentação de um vídeo introdutório sobre o LHC (vídeo do Veja ciência), seguido de uma organização do conhecimento feito a partir das questões levantadas na segunda e na terceira atividade. Uso da letra da música e do vídeo “rap do LHC”, como forma de levantar possíveis questionamentos sobre o funcionamento do LHC e aspectos teóricos que ainda não tivessem sido contemplados nas discussões	LHC, o colosso criador e esmagador de matéria – Ciência Hoje 10/04/2008 Tema: O LHC Função: preocupação conceitual Conteúdo: Tecnológico. (CH2) (notícia entregue para leitura posterior) Vídeos utilizados: Veja ciência – o LHC ⁷ ; Rap do LHC
E quanto custou tudo isso? Relação LHC e sociedade	Retomada da discussão inicial sobre o perigo do fim do mundo e, posteriormente, introduzir a discussão sobre o impacto financeiro do desenvolvimento científico na sociedade	Leitura de uma notícia com enfoque econômico. Comparação dos custos do LHC com outros valores mais próximos da realidade dos participantes	Quanto custou a partícula de Deus – Estado de São Paulo, 06/07/2012; Tema: Bóson de Higgs; Função: episódica; Conteúdo CTS (B9)
Além da colaboração financeira	Levantar a questão da importância de grandes experimentos para a ciência. Compreensão do desenvolvimento do conhecimento científico como um processo de construção de modelos explicativos	Leitura e discussão de uma notícia com enfoque no desenvolvimento da ciência.	Um grande bóson para a humanidade – Ciência Hoje, 09/07/2012 Tema: Bóson de Higgs; Função: preocupação conceitual Conteúdo científico (CH9)
Proposta de debate	Na forma de um debate, os alunos deverão apresentar argumentos a favor ou contra a participação do Brasil como país membro do CERN. Para tal debate, foi necessário que os alunos, separados nos grupos do debate, fizessem uma retomada de diversos fatores apresentados no decorrer do minicurso para argumentar o posicionamento do grupo, que foi definido por sorteio.	Proposta de debate entre grupos da sala, com a temática da possibilidade da participação do Brasil como membro do CERN. Leitura de uma notícia que apresenta pontos positivos e negativos sobre a entrada do Brasil como país membro do CERN	A poucos passos - Ciência Hoje 9/07/2012. Tema: Participação do Brasil; Função: preocupação conceitual; Conteúdo: social (CH15)

⁷ Vídeo “A busca por explicar o universo”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=LM4Uz8ADCy4>

Proposta de texto	Identificar os elementos que os alunos destacam ao escrever um texto em formato jornalístico sobre o LHC, bem como as dimensões e a linguagem utilizada	Elaboração de um texto em formato jornalístico sobre o LHC	
--------------------------	---	--	--

Quadro 3 – Organização do minicurso

4.2 - Análise do minicurso e seus resultados para a pesquisa

Os alunos convidados para participar do minicurso eram alunos do curso pré-vestibular da UFSCar no ano de 2015 e ocorreu em dois sábados, no período da tarde, ou seja, em um horário fora do horário das aulas. O primeiro dia do minicurso contou com 13 alunos e o segundo com 12, sendo 10 deles presentes no primeiro dia. Tivemos, portanto, 15 participantes com: 10 presentes em ambos os dias, 3 presentes apenas no primeiro encontro e 2 apenas no segundo encontro.

A atividade preliminar do minicurso foi o preenchimento do questionário por parte dos participantes, apresentado no quadro 4. Participaram do minicurso 15 alunos⁸, sendo que 13 terminaram o ensino médio, entre 2013 e 2015. Outro terminou em 2002 e outro em 1972. Nenhum deles teve conteúdos relacionados à física moderna no ensino médio, mas 11 já haviam ouvido falar sobre o LHC ou sobre o bóson de Higgs. Quando perguntado se tinham interesse por atualidades e de que maneira se mantinham informados, a maior parte dos alunos respondeu que tinham interesse e que se informavam principalmente pela internet e por jornais e revistas. É interessante observarmos que participaram do minicurso desde alunos que, em função do curso que pretendem cursar, têm uma identidade maior com a área de física (ou ciências exatas), até alunos que pretendem cursar medicina, pedagogia, jornalismo, psicologia e educação especial.

⁸ A fim de garantir o anonimato dos participantes, foram atribuídos nomes fictícios a cada um deles.

Nome fictício	Término do EM	Local onde realizou o EM	Se aprendeu conteúdos relacionados à FM no EM?	Interesse por atualidades	Já ouviu falar sobre o LHC e o bóson de Higgs?	O que te motivou a se inscrever nesta atividade?	Para que curso(s) você está pensando em prestar vestibular?	Frequência no minicurso	
								1º dia	2º dia
João	2012	Porto Ferreira - SP	Não	Sim, jornais e revistas científicas	Sim	Ampliar o conhecimento	Medicina	Não	Sim
Paulo	2014	Santana de Paraíba - SP	Não	Lendo revistas e jornais	Bem superficialmente	Aprofundar conhecimentos físicos da atualidade	Engenharia civil	Não	Sim
Ana	2014	São Carlos - SP	Não	Sim. Mesmo não sendo a 'minha área', busco aulas complementares	Sim. Ano passado, no aulão sobre quarks.	Me informar mais sobre a física moderna e sobre o LHC	Pedagogia	Sim	Sim
Daniel	2014	São Carlos - SP	Pouco, no 1º colegial, o professor de física falava bastante e no 3º outro professor de física visitou o CERN	Sites principalmente	Sim, com um professor de física do 1º colegial	Conhecimento e interesse na matéria e assunto	Engenharia da computação, mas física também	Sim	Sim

Nome fictício	Térmi no do EM	Local onde realizou o EM	Se aprendeu conteúdos relacionados à FM no EM?	Interesse por atualidades	Já ouviu falar sobre o LHC e o bóson de Higgs?	O que te motivou a se inscrever nesta atividade?	Para que curso(s) você está pensando em prestar vestibular?	Frequência no minicurso	
								1º dia	2º dia
Luiza	2014	São Carlos - SP	Não, porque meu professor não tinha consciência do que ele estava ensinando.	Sim. Tenho muito interesse. Leio jornais (assisto também), revistas, livros, não gosto de deixar a mente parada.	Sim o LHC, o outro não	Gosto muito do assunto e assisto um seriado de TV onde existe um acelerador de partículas e a sua sobrecarga acarreta em inúmeras situações dentre as quais, os superpoderes do personagem principal.	Jornalismo ou imagem e som	Sim	Sim
Márcia	2013	São Carlos - SP	Não aprendi	Não muito, mas quando me interesse pesquisei pela internet, leio revista ou jornal	Sim	Para me informar	Psicologia	Sim	Sim
Pedro	2015	Ibaté - SP	Não me lembro	Sim, pela mídia, jornais etc.	Não muita coisa, só sobre o que é o LHC	Curiosidade	Engenharia mecânica	Sim	Sim
Carlos	2015	São Carlos - SP	Não	Qualquer tipo, internet, jornais, livros etc.	Sim	Física	Medicina ou física	Sim	Sim
Carol	2014	São Carlos - SP	Não	Sim, internet	Sim	Gostei do tema e gosto de procurar saber mais sobre alguns assuntos que não pesquisei	Medicina	Sim	Sim

Nome fictício	Térmi no do EM	Local onde realizou o EM	Se aprendeu conteúdos relacionados à FM no EM?	Interesse por atualidades	Já ouviu falar sobre o LHC e o bóson de Higgs?	O que te motivou a se inscrever nesta atividade?	Para que curso(s) você está pensando em prestar vestibular?	Frequência no minicurso	
								1º dia	2º dia
Aline	2015	Ibaté - SP	Aprender, não. Mas ouvi falar do acelerador de partículas por um professor de física	Sim. Por meio da internet	Sim	Gosto de física	Engenharia elétrica e aeronáutica	Sim	Sim
Patrícia	1972	Osasco - SP	Não	Sim. Leitura de revistas, jornais, TV	Sim	Conhecer mais sobre o assunto	Psicologia	Sim	Não
Amanda	2002	Tabatinga - AM	Não	Sim. Livros, internet, palestra, etc.	Sim, mas não tenho um conhecimento profundo	Curiosidade, aprender o que está acontecendo na física moderna	Medicina	Sim	Sim
Mariana	2015	São Carlos - SP	Não	Sim. Pesquisas, jornais, TV etc.	Não	Apenas curiosidade e interesse pelo assunto	Educação especial	Sim	Não
Talita	2014	São Carlos - SP	Não	Não muito, mas me informo pela internet	Não	Gostei da ideia de conhecer o conteúdo	Exatas	Sim	Sim
Erica	2015	São Carlos - SP	Não que eu me lembre	É bom aprender de tudo um pouco, conhecimento sempre é bom	Não	Por não conhecer o assunto	Humanas	Sim	Não

Quadro 4 – Dados de caracterização dos participantes do minicurso

Durante o preenchimento do questionário, alguns alunos já se mostraram interessados pelo assunto, conversando entre eles sobre alguns seriados e filmes que continham aceleradores de partículas e apresentando algumas perguntas sobre como os aceleradores funcionavam. Foi feita uma breve contextualização para o início do minicurso, apresentando o LHC como um grande acelerador de partículas e os períodos que ele esteve mais presente na mídia e o porquê.

Na primeira atividade foram apresentadas aos alunos duas notícias publicadas na época da inauguração do LHC relacionadas com os boatos sobre a possibilidade do fim do mundo. Estas notícias foram utilizadas pela sua abordagem sensacionalista do tema e como forma de apresentar um aspecto relacionado ao LHC que recebeu algum destaque na época da sua inauguração. Foi feita essa opção com base no apresentado por Ribeiro e Kawamura (2008): o sensacionalismo, como uma característica dos materiais de ciência veiculados na mídia, também pode ser um elemento para motivar discussões. Neste sentido, a apresentação de notícias com aspecto sensacionalista, em um primeiro momento, tem a intenção de motivar a discussão e gerar uma reflexão nos alunos a respeito do próprio LHC e a respeito do conteúdo e da forma como as notícias são apresentadas.

Assim como era esperado, a leitura das notícias incitou muitas perguntas relacionadas com a possibilidade da formação de um buraco negro com a inauguração do acelerador, apontando para o fato de: se, por um lado, esta possibilidade apresentada nas notícias levou os alunos a algumas reflexões, por outro lado, a falta de aprofundamento das matérias lidas gerou questionamentos a respeito desta possível ameaça. Um participante levantou a questão da necessidade de aprofundamento para conseguir se posicionar em relação a notícia e aos acontecimentos relatados:

“Esse assunto é importante, mas eu acho que a gente precisa entender um pouco mais do que é isso, [...] porque sempre tem uma consequência, alguma coisa que se faz... pra ver quais são os riscos, o que que vai valer mais a pena. A gente tem que conhecer muito mais pra poder dar uma opinião” (Patrícia)

“Essas pessoas, essa pessoa que se matou aqui... é falta de informação, uma informação mais clara, uma coisa assim...” (Patrícia)

Nesta última fala, Patrícia se refere a uma das notícias que relata o fato de uma pessoa ter se matado com medo da possibilidade da formação do buraco negro. Ela ainda acrescenta que, para além do posicionamento em relação ao próprio LHC, conhecer de maneira mais aprofundada é necessário para a própria interpretação da mídia:

“A mídia tem esse poder, né, de deixar você preocupado, preocupado a ponto da notícia da menina se matar. Acho que isso que é complicado, esse acontecimento, ser estudado na escola... tem que ser, tem que levar pras escolas, desde o fundamental, quando a criança já tá entendendo, trabalhar essas coisas, [apontando para a notícia] pra não chegar neste ponto aqui. Porque a pessoa só vai tomar uma atitude dessa de acordo com a superstição, o medo, destas coisas. Então tem que inserir nas escolas, como tá acontecendo aqui. Só que eu acho que temos que ir além, não acreditar e ir pesquisar”
(Patrícia)

É possível interpretar nesta fala uma resistência em relação a acreditar de imediato nas informações trazidas na notícia e a necessidade de aprofundamento, ou seja, de uma pesquisa no assunto. Também, o participante aponta para a necessidade do uso destas notícias na escola, trabalhando uma visão mais crítica em relação a mídia.

Para outro participante, o primeiro aspecto apontado foi a maneira de como as notícias apresentavam os fatos:

“Eu achei que na primeira notícia, a opinião do jornalista tá muito exposta, então confunde um pouco, a segunda tá um pouco mais explicada, que o LHC é uma coisa muito legal” (Luiza)

A aluna considera que a opinião do jornalista, em uma das notícias lidas, tem uma certa influência em seu entendimento e na descrição dos fatos. Todas as notícias apresentam, inevitavelmente, a opinião dos seus autores, visto que se tratam de um recorte de um acontecimento ocorrido, não existindo assim, notícia neutra. Para Luiza, a opinião do jornalista está confundindo a ideia de que o LHC “é uma coisa muito legal”, que parece ser o correto. Para Ribeiro e Kawamura (2008), o mito da neutralidade da ciência é a visão distorcida de que não existe contradições ou versões de uma verdade na ciência, mas sim uma única verdade. A colocação de notícias que apresentam

opiniões, formas de apresentações, enfoques e conteúdos diferentes podem constituir um elemento que leve a questionamentos em relação a esta ‘neutralidade’.

Foi pedido para que os alunos organizassem as suas percepções sobre o tema, suas dúvidas e questões em cartazes, que foram fixados na lousa. A maior parte dos cartazes feitos continham perguntas, o que aponta para a grande quantidade de dúvidas que emergiram da leitura e discussão das primeiras notícias. Destas perguntas, algumas se referiam a palavras ou expressões não compreendidas na leitura do texto ou ao funcionamento do LHC, mas a maior parte delas eram dúvidas relacionadas com a possibilidade da formação de um buraco negro ou com buracos negros em si. Algumas das perguntas relacionadas com buracos negros são:

“Existe, ou se tem alguma ideia do que tem dentro de um buraco negro? Do que ele é feito?”⁹

Se dentro do LHC tivesse um buraco negro microscópico ele poderia mesmo crescer e engolir tudo? Ou poucas coisas?

A ciência vai destruir o mundo? (Sua opinião)

Se acontecer da teoria de que um buraco negro pode ser formado, já pensaram no que pode ser feito? Que será um preço alto pago por todos, pela ciência?

O Acelerador de partículas poderia trazer mais perigos para o planeta? Acho que a máquina é muito perigosa e deveriam ter construído ou pensado em construir de uma forma que não fosse tão perigosa.

Melhor desligar. De tanto querer saber de onde veio o universo surgiu, vai levar ao fim dele”

Uma das perguntas continha um parêntese com “sua opinião”, ou seja, quem escreveu esta pergunta gostaria de saber a opinião da professora/pesquisadora sobre este assunto. Este aluno provavelmente interpreta esta pergunta como não tendo uma

⁹ Para a apresentação das questões e percepções sobre o tema os alunos colocaram as questões em cartazes que foram afixados sem identificação de autoria.

resposta imediata certa ou errada, mas sim um assunto contraditório, no qual a opinião de quem responde é relevante.

Nos cartazes elaborados, vários citam o risco da criação de buracos negros, indicando que os alunos assumiram como verdade as possibilidades colocadas nas primeiras notícias lidas, destacando o cartaz que dizia que era melhor desligar o LHC, pois “*de tanto querer saber de onde veio o universo surgiu, vai levar ao fim dele*”, no qual o aluno não só assume como verdade, mas também se posiciona contra o funcionamento do acelerador.

Outros cartazes traziam elementos relacionados ao custo de construção no LHC, um dado presente nas duas notícias lidas até então. Algumas perguntas com este tema foram:

De onde veio esses 8 bilhões de dólares usados para a construção do LHC?

Todos os países tem direito/acesso ao equipamento? (tipo os físicos dos países?)

Quantos países financiaram este projeto?

Qual é a importância de descobrir se existe mesmo a “partícula de Deus”, para terem gasto US\$8 bilhões?

Vemos que a questão de quem pagou este valor e qual a importância deste gasto também gerou questionamentos nos alunos. Este assunto seria tratado com mais atenção em outro momento do minicurso.

A aluna Ana fez uma pergunta durante a atividade relacionada com a saúde das pessoas que trabalham no LHC:

“A máquina causa radiação? Problemas pras pessoas que trabalham lá?”(Ana)

Possivelmente, Ana relaciona grandes experimentos com emissão de radiação, no sentido que normalmente é apresentado na mídia, como algo ruim, levando a uma preocupação com as pessoas que vivem ao redor ou trabalham no acelerador.

Algumas outras perguntas estavam relacionadas com o próprio funcionamento do acelerador e os seus objetivos como, por exemplo:

Como funciona o LHC? De onde vem essa energia para o seu funcionamento?

O LHC poderia descobrir mais coisas? Como ele funciona?

O LHC só serve para descobrir a origem do planeta?

O LHC acelera partículas para qual finalidade?

Com essa atividade, foi possível notar que os alunos leram com interesse as notícias e refletiram a respeito das questões colocadas por elas que, mesmo tendo um aspecto sensacionalista, traziam informações gerais a respeito do acelerador. A influência da ciência na vida das pessoas esteve presente tanto nas discussões quanto nos apontamentos feitos nos cartazes.

Na segunda atividade, os participantes foram divididos em três grupos e cada grupo recebeu uma notícia diferente, mas todas descreviam, de maneira geral, o LHC e seus objetivos. Após as leituras, os grupos apresentaram a notícia lida, destacando o que entenderam, o que chamou a atenção e o que acharam relevante. A partir da apresentação, é possível apontar elementos que possivelmente geraram discussões no grupo durante a leitura.

As notícias selecionadas para esta atividade são episódicas, ou seja, descreviam os acontecimentos sem se aprofundar nas teorias físicas envolvidas e no funcionamento do acelerador.

Os grupos, em um primeiro momento, apresentaram as informações trazidas pelas notícias e, em seguida, foram questionados em relação às suas opiniões sobre o assunto. Um grupo destacou a questão dos benefícios tecnológicos obtidos com a construção do LHC:

“A notícia fala que os resultados do LHC não têm impacto na nossa vida, mas a tecnologia que foi elaborada, desenvolvida para construir ele tem um impacto super direto. A tecnologia que foi usada para produzir ele vai ser usada para construir outras coisas em benefício da gente” (Luiza)

Quando questionados a respeito dos posicionamentos e opiniões relacionados à notícia, responderam que não haviam entrado em consenso. Um dos participantes estava favorável à posição que a notícia apresentava, apontando os pontos positivos da construção do LHC, mas também, ao expressar a sua opinião, levantou a questão da relação entre a física e a religião:

“E acho também, em relação à física, este é o experimento mais ‘uhhh legal’ que eu tenho consciência, que é muito intrigante, mesmo você não gostando de física... entender como é que funciona, eu acho legal [...]”

Tem a ver com o que a própria mídia pregou sobre o LHC, falou que não era legal. Quer ver, nessa notícia aqui da menina que se matou, ele dá um exemplo que ela já cresceu em um lugar onde já tinha tido um acidente, algum problema, e gente já morreu lá, já eram meios 'doidinhos da cabeça', [risos] traumatizado, então ela achou que isso poderia afetar ela de algum modo. E nesse texto que eu achei que tem muito a opinião do jornalista, ele cita muito o final do mundo relacionando com a religião, ele sabe que a tecnologia e a ciência sempre foi barrada pela religião. Galileu teve que desmentir coisas que ele descobriu por causa da religião” (Luiza)

Para Luiza, a mídia tem uma imagem negativa do LHC, provavelmente relacionada com as duas primeiras notícias lidas em que, conjuntamente, coloca uma oposição entre ciência e religião. Uma aluna adicionou um comentário a respeito da relação entre o desenvolvimento da tecnologia e seus impactos na sociedade:

“Também pode ter a ver com muita gente ter medo desse negócio de tecnologia. Tipo, ‘ah, inventou um negócio mo legal que pode curar alguma doença’, tem muita gente que não quer usar porque tem medo de morrer, sei lá, tem um negócio assim das pessoas...”(Carol)

Nesta fala, Carol traz o aspecto do medo da tecnologia no nosso dia a dia, com uma visão de que a tecnologia, a princípio, é uma coisa ruim, mas depois que se torna conhecida, é aceita pelas pessoas.

Outros membros do grupo tinham um posicionamento contrário, no sentido da utilização do dinheiro na construção do acelerador ser usado de outra maneira:

“Esses 8 bilhões que foram investidos... tipo, eu acho que, o mundo tem x problemas, não só no Brasil, pessoas miseráveis aí no mundo inteiro” (Carlos)

“Podiam ser investidos de uma outra forma [...]Eu acho legal, ter curiosidade e tal, mas acho que não tem muito dinheiro pra investir”(Mariana)

As notícias trabalhadas nesta atividade e na anterior traziam as informações sobre o valor aproximado de dinheiro gasto na construção do LHC. Este valor, oito bilhões de dólares, sem outros valores de comparação ou sem a divisão dada por cada colaborador, como apresentado nas notícias, não contribui para se ter uma noção clara desta quantidade. Neste sentido, a fala dos alunos aponta para a necessidade de resolver outros problemas no mundo antes de se investir esta quantidade em um experimento. Esta visão também foi apresentada por alguns membros de outros grupos, como:

“a gente tava discutindo aqui... não é menosprezando o conhecimento, mas ainda existe bastante gente passando fome, a crise, a desigualdade social... [...] eu não sou muito a favor não. Por que querem descobrir uma coisa, sendo que tem que resolver primeiro a situação aqui também né...”(Ana)

“Então vamos supor, querem descobrir a origem do universo, só que o próprio povo que tá do lado ali, passando necessidade eles não tão nem dando bola... querem saber o que aconteceu lá no começo, mas não querem ajudar a pessoa que tá do lado”(Daniel)

Nestas falas, a questão da desigualdade social se soma novamente aos impactos do desenvolvimento científico e tecnológico, sendo um ponto levantado por todos os grupos, em contraposição aos valores apresentados nas notícias lidas. A questão do valor gasto na construção do LHC e de seus colaboradores seria levantado novamente mais adiante no minicurso.

O caráter fragmentado de algumas notícias e a necessidade de ler outras fontes também foi levantado por um dos grupos, que relatou:

“Então, esse texto que a gente leu, a gente percebeu que ele não informava muito bem... ele falava ‘ah, tem o bóson de Higgs’, mas não falava o que era, então pra você ler este texto, você teria que saber umas coisas,[...] quem são soubesse, não ia saber de bóson nenhum, ia falar ‘que que é isso?’, né? Enfim, tem várias coisas aqui nesse texto que é bem assim. Então, se a gente não tivesse lido aqueles textos que a [professora] deu antes, a gente não ia saber o que era.”(Carol)

Com esta fala, é retomado a necessidade de aprofundamento para a compreensão das notícias. Como apresentado por Silva e Cruz (2004), os materiais de divulgação científica, incluindo aqui as notícias de jornal, não têm como objetivo ensinar, tendo poucos elementos para a apropriação teórica dos leitores. Neste caso estudado, o caso LHC, em diversas notícias são apresentados termos que não são necessariamente explicados, como bóson, feixe, partícula, eletrovolt, entre outros.

Dando sequência ao minicurso, a terceira atividade consistiu na realização de uma exposição dialogada de alguns conceitos de física de partículas e do funcionamento de aceleradores, tendo como base os questionamentos e sínteses obtidos na primeira atividade. Este material foi organizado pela pesquisadora de acordo com as semelhanças entre as perguntas, de maneira a estabelecer uma sequência dos conteúdos abordados. Mesmo com a elaboração das questões e sínteses durante o minicurso, a pesquisadora já contava com imagens, vídeos e imagens preparadas, em função de alguns pontos que

provavelmente seriam levantados pelos alunos nestas atividades. Inicialmente, foram respondidas as perguntas que trataram do funcionamento e objetivos do LHC. Com algumas imagens projetadas, foi explicado o funcionamento básico dos aceleradores de partículas, dos tubos de raios catódicos, funcionamento das televisões de tubo, até chegar nos eletroímãs e nos aceleradores de partículas modernos. Ao falar dos poderosos imãs do LHC, três alunas fizeram os seguintes apontamentos:

“Tem que tirar piercings pra fazer ressonância magnética, né” (Ana)

“Eu ouvi falar que quem tem tatuagem tem que por um pano úmido em cima, porque a tinta da tatuagem tem pigmentos metálicos e pode queimar” (Luiza)

“Tem gente que tem prótese, daí sai assim [fazendo um movimento exemplificando algo saindo do braço]”(Carol)

As alunas relacionaram os poderosos imãs utilizados no LHC com outros grandes imãs conhecidos por elas, os utilizados em ressonâncias magnéticas. A partir dessas colocações foi explicado, de maneira simples, o funcionamento de um eletroímã. Também, foi apresentado o nome dos principais detectores do LHC e os seus objetivos, sendo que alguns deles seriam desenvolvidos com maior profundidade posteriormente.

Na sequência, foram abordados os valores de energia que apareceram nas notícias. Ao indagar a respeito da unidade “eletrovolts”, que apareceu em várias notícias, uma aluna questionou:

“Essa energia, esse terá-eletrovolts, dá pra acender um país inteiro?”(Luiza)

A unidade de medida usada para energia, eletrovolt, foi citada em quase todas as notícias lidas no minicurso, mas não havia, em nenhuma delas, a sua comparação com unidades mais próximas do dia a dia. Nesse sentido, foram apresentadas algumas comparações das energias envolvidas no LHC com valores de energias mais conhecidos. Concluiu-se assim que os valores de energia envolvidos nos choques de partículas do LHC são gigantes considerando o tamanho destas partículas, mas muito pequenos se comparados com objetos macroscópicos.

Em seguida, foram contempladas as questões que tratavam de antimatéria. Foi realizada uma discussão envolvendo o conceito de carga elétrica e de antimatéria, seguida de uma breve explicação da assimetria entre matéria e antimatéria no universo. As questões e apontamentos referentes aos buracos negros foram trabalhadas no

segundo encontro do minicurso, assim como as que levantavam elementos relacionados aos recursos financeiros envolvidos no projeto.

Ao longo dessa atividade, foram exibidos alguns vídeos que mostram o funcionamento do LHC e ilustrações sobre alguns fenômenos que tinham sido discutidos, como colisões e detecções. Foi utilizado também o vídeo “rap do LHC”, que apresenta um resumo dos objetivos, funcionamento e detectores do acelerador e fornecida a letra da música impressa na perspectiva de ver o que era possível entender, quais dúvidas permaneciam e que novas dúvidas surgiam.

O rap apresentava em seu refrão o nome dos detectores e seus objetivos. A fala da aluna Ana sintetiza a sua compreensão básica sobre o funcionamento:

“Então LHC é a máquina, um acelerador, e que detecta, são essas quatro coisas... o LHCb, o Alice, o CMS e o Atlas” (Ana)

Outra aluna perguntou o que significava a palavra spin, que ainda não tinha sido abordada na aula. A mesma aluna também perguntou o que significava um trecho específico da música:

“Menta, quando fala aqui na letra: “Não há Higgs! Precisamos de uma nova física para explicar por que as coisas têm massa, algo em nosso modelo padrão está errado “. O que quer dizer?” (Luiza)

Os aspectos referentes ao modelo padrão em si e ao bóson de Higgs seriam abordados na aula seguinte, mas em função desta pergunta, foi explicado de maneira simplificada como eram organizados o modelo padrão e o papel do bóson de Higgs neste modelo.

Com esta atividade, foi encerrado o primeiro dia do minicurso.

Na semana seguinte, no início do segundo dia do minicurso, foi feita uma retomada das discussões da aula anterior. Em função das diversas perguntas sobre buracos negros, surgidas na primeira aula em função das informações trazidas pelas primeiras notícias lidas, achamos interessante fazer um breve aprofundamento do tema, mostrando alguns vídeos.

Na quarta atividade, foi apresentado aos alunos uma notícia que levantava os custos da descoberta do bóson de Higgs e as questões de financiamentos na ciência, como, por exemplo, a necessária colaboração entre países. Também foram mostrados aos alunos custos financeiros mais próximos das suas realidades, como orçamentos de

cidades e Estados, valor investido na copa do mundo, entre outros. Como forma de comparação, também foi apresentada uma tabela que continha os países membros que mais colaboram financeiramente no CERN, as porcentagens de colaboração e o valor aproximado do PIB destes países.

Ao comparar o valor investido anualmente por alguns países no LHC, alguns alunos perceberam ser este valor pequeno quando comparado com outros valores, como o valor gasto na guerra do Iraque, que pode ser representado na seguinte fala:

“Como a gente falou na semana passada, da notícia que o meu grupo analisou, falava assim, que a maioria das pesquisas que foram criadas para desenvolver o LHC vão ajudar a gente diretamente ou indiretamente. [...] Eu fiquei muito indignada também, mas vendo estes valores aí, sendo que um país só gastou dois trilhões pra matar mais gente, dominar país, desnecessariamente. Acho que em relação a ciência, é maravilhoso.”(Luiza)

Nesta fala, Luiza diz que também tinha ficado “indignada”, ou seja, tinha achado os valores envolvidos na construção e manutenção do LHC altos, mas que ao serem comparados com outros valores, como guerras, percebeu que, sendo um investimento científico, é algo positivo. Outros participantes destacaram que este valor é baixo para países que já são desenvolvidos, mas que não seria interessante para o Brasil como, por exemplo:

“Tá muito boa a estrutura destes países em educação, então eu acho bom doar esse dinheiro. Se fosse o Brasil doando essa porra toda...”(Carlos)

“Dai a gente ia estar passando fome.” (Paulo)

“Teria coisas mais interessantes para investir no Brasil, lá acho que eles podem ter espaço pra este tipo de investimento”(João)

A ideia de que este dinheiro deveria ser gasto de outras formas foi apresentada em diversos momentos nas falas dos alunos, apontando para uma possível preocupação com desigualdades sociais. Por outro lado, estas respostas apareceram de maneira tão direta que podem sinalizar para uma lacuna nas reflexões sobre a relação do desenvolvimento científico e seus impactos sociais, acarretando na reprodução de um discurso de subjulgamento do Brasil. Em outras palavras, a questão da necessidade de investimento na educação básica no Brasil está tão presente no cotidiano que é usada como argumento, sem que sejam feitas outras reflexões sobre o assunto. Nesse contexto, é interessante destacarmos na primeira fala acima, do aluno Carlos, a utilização do termo

“doar” e não investir. A utilização desse termo deixa a impressão de estar se referindo a uma ação de caridade frente ao desejo de cientistas.

Na quinta atividade, foi feita a leitura de uma notícia que levantava a questão do desenvolvimento das teorias físicas e das colaborações entre cientistas de diferentes países, trabalhando juntos nestes laboratórios. O desenvolvimento da ciência e a visão da física como uma construção de modelos foi abordada na discussão desta notícia, mediada pela professora. Na discussão desta notícia, a participação dos alunos foi sensivelmente menor, apesar da atenção na leitura. Embora tenha sido objetivo discutir o processo de construção da ciência e o papel dos modelos na compreensão de fenômenos estudados, a discussão ficou mais relacionada ao caso LHC.

Foram retomados alguns elementos trazidos no primeiro encontro, seguido de uma exposição dialogada a respeito do desenvolvimento da física de partículas, pensando na perspectiva dos modelos na construção da ciência. Com o auxílio de algumas ilustrações projetadas no datashow, foi explicado como funcionavam os estudos de Física de Partículas com raios cósmicos, seguido da busca pela partícula de Yukawa e a participação de César Lattes. Ao apresentar as pesquisas com raios cósmicos, foi abordada também a detecção do pósitron, que foi primeiro previsto teoricamente e somente anos depois foi detectado experimentalmente. A partir dos estudos possibilitados pelos aceleradores de partículas, foi possível trabalhar a importância de alguns números quânticos e suas funções na classificação das partículas e como eles se encaixam no Modelo Padrão.

De maneira ainda que superficial, foi feita uma analogia das simetrias das classificações geométricas de partículas com a organização da tabela periódica. Foram igualmente trabalhadas as quatro interações fundamentais da natureza e as classificações de partículas fundamentais em bósons, quarks e léptons.

Luiza exemplificou o seu entendimento do desenvolvimento da ciência da seguinte forma:

“vou dar um exemplo, sobre arte, por exemplo, antigamente a arte era considerada uma coisa totalmente diferente do que é agora. Essa visão que era importante, claro, [...] muda com a época. Vai chegar uma época que o LHC não vai ser tão importante, porque vai ter uma coisa muito mais legal” (Luiza)

Com essa analogia, a participante talvez se referira a forma de como os fenômenos são explicados e aos modelos, que foram mudando com o passar do tempo, assim como a tecnologia utilizada nos experimentos associados a estes modelos. Um dia, existirão outros experimentos feitos para estudar os desafios do futuro.

O final da notícia apresentada falava da participação de cientistas brasileiros em experimentos do LHC, assunto que foi perguntado pelos alunos em diversos momentos do minicurso.

A sexta atividade proposta teve esta temática e, para discutí-la, os alunos receberam uma notícia de 2012 que apresentava os aspectos positivos e negativos de um possível consórcio entre o Brasil e o CERN, como fonte de alguns dados sobre a negociação. Os participantes foram divididos em dois grupos para um debate, no qual um dos grupos seria a favor da participação do Brasil como país membro do CERN, e outro grupo contra. O posicionamento do grupo foi decidido através de sorteio. Era esperado que os grupos apresentassem argumentos, informações e conceitos levantados no decorrer do minicurso no debate.

O grupo a favor da participação do Brasil utilizou argumentos relacionados a já existente participação indireta do Brasil no CERN, se referindo ao fato de alguns cientistas já trabalharem lá e à exportação de nióbio, que era um dado da notícia. A possibilidade de desenvolvimento tecnológico também foi levantada, como no trecho:

“A gente é a favor da entrada do Brasil no CERN porque, a gente já participa lá indiretamente, distribuindo commodities pra lá, [...] A gente oferece nióbio, que é um mineral super resistente que ajudou na construção do LHC, e em uma universidade carioca foi desenvolvido um chip que ajuda lá dentro. Faz pouco tempo a gente teve aula [de química], e falou sobre petróleo, a gente tem uma dificuldade muito grande em entrar no pré-sal, a camada pré-sal. Esse nióbio, se a gente tivesse essas tecnologias que foram usadas para construir o LHC, a gente pode pegar esse nióbio pra tentar transformar ele numa broca pra poder perfurar esse pré-sal, que vai dar mais grana pra gente pra poder participar disso daí.” (Luiza)

“O Brasil já tem 100 pesquisadores trabalhando com os pesquisadores do CERN, por meio do financiamento, com bolsas de universidades europeias. Então o que acontece, a gente já participa do CERN, já tem pesquisadores trabalhando lá dentro com o desenvolvimento tecnológico da máquina, mas a gente ainda não participa totalmente, porque falta uma parte de financiamento. Temos que acertar essa questão com o país para que essa adesão seja concluída. E custaria cerca de 30 milhões.” (Daniel)

A possibilidade do uso da tecnologia em outras esferas já tinha sido levantada em outro momento do minicurso. Na fala da Luiza, é citada a possibilidade do uso de um metal, que o Brasil exportou e foi utilizado na construção do LHC, para furar camadas e chegar no pré-sal, relacionando a discussão com a aula de química que eles tiveram durante a semana. O grande número de pesquisadores brasileiros que já trabalham no CERN também foi um argumento bastante utilizado.

O grupo contra a participação apresentou argumentos econômicos e tentou refutar os argumentos utilizados pelo primeiro grupo, como nos trechos:

“Eu tenho uma pergunta primeiro: se a gente já participa, já tem 100 pesquisadores lá, se já participa de graça, porque pagar 10 milhões? Se tem 10 milhões pra poder ser investido em outro lugar?”(Paulo)

“Mais perguntas: se o nióbio é tão importante assim, e poderia construir uma broca pro pré-sal, porque a gente distribui a preço de banana pra eles? Principalmente pra outros países europeus. Eles não valorizam o nosso nióbio, sendo que a gente tem a maior reserva do mundo, mais de 99%. A gente dá quase de graça e ainda vai investir mais 30 milhões de reais pra participar de uma coisa que a gente já participa e mesmo assim não vai ter tanta consideração, já que eles tem educação muito mais desenvolvida do que o Brasil.”(João)

Este grupo se prendeu, em grande parte do seu tempo de fala, a rebater os argumentos trazidos pelo primeiro grupo, como a questão do valor da adesão e da exportação do metal. A notícia utilizada não trazia informações mais aprofundadas sobre a quantidade e o preço do nióbio, utilizada nas argumentações. O discurso da necessidade da melhoria da educação básica também fez parte dos argumentos em diversos momentos das falas dos participantes deste grupo, assim como em desenvolvimento de tecnologias próprias e de universidades públicas:

“E o Brasil poderia usar esse dinheiro investindo dentro do Brasil, não precisando investir em outros países, que são países de primeiro mundo, desenvolvidos. Eles podiam desenvolver primeiro o Brasil e depois desenvolver mais os países desenvolvidos.”(Carlos)

“E nós não somos só um exportador de commodities. Podemos investir aqui e criar a nossa própria tecnologia. Se continuar assim, só investindo em outros lugares, doando as nossas commodities, o Brasil não vai se desenvolver e eles vão aproveitar o que eles tem do Brasil.” (João)

“Então, se investissem mais em universidades federais pra formar pesquisadores, talvez valeria a pena. Agora não vale.”(Paulo)

Na segunda rodada do debate, o grupo a favor tentou fortalecer os argumentos que utilizaram na primeira rodada, trazendo algumas informações que estavam presentes na notícia:

“O Brasil é muito conhecido pelo seu ensino federal, as faculdades são muito boas. E mais uma coisa: o Brasil não é só reconhecido como distribuidor de commodities. Como eu já falei, tem o nióbio, que o Brasil vende pra lá, mas o preço não é especificado aqui [na notícia].” (Luiza)

“Você perguntou o que vai trazer pro Brasil. Mandar cientistas pra lá, eles vão poder concorrer a bolsas de emprego e pesquisa na instituição, e terão direito a voto em reuniões do conselho.” (Pedro)

“Uma coisa muito interessante: o Brasil não está mais em desenvolvimento. Ele participa do BRICS, que é um grupo muito importante, não é de emergentes, tem uma participação muito bacana lá, tem países interessantes, como a Rússia, tem a China...” (Luiza)

O grupo apresentou algumas das vantagens que o Brasil teria sendo país membro, como a questão das bolsas no próprio CERN e o direito a voto em reuniões, juntamente com a participação do Brasil em grupos econômicos. O grupo contra insistiu nos argumentos anteriores, da necessidade de investimento do dinheiro dentro do próprio país.

Em síntese, o grupo que era contra a participação do Brasil como membro do CERN utilizou argumentos relacionados com a grande quantidade de dinheiro necessária para o consórcio e o interesse em manter este dinheiro dentro do país, investindo em tecnologia própria e educação básica. O grupo a favor apresentou a possibilidade do uso das tecnologias desenvolvidas na construção e no funcionamento do acelerador e a possibilidade de mandar pesquisadores.

Como última atividade do minicurso, foi proposto aos alunos que elaborassem um texto em formato jornalístico sobre o LHC, ficando livres para escolher em quais aspectos seria dado ênfase e qual a data da notícia. Os participantes poderiam escolher fazer esta atividade em dupla ou individual. Ao final do minicurso, foram entregues sete textos.

Os textos contemplam várias das discussões trazidas no decorrer do minicurso, como os objetivos do acelerador, seu funcionamento, custos, a participação do Brasil e o papel da descoberta do bóson de Higgs nas teorias atuais. Alguns dos títulos foram:

“O famoso e ao mesmo tempo desconhecido LHC”, “LHC, a menina dos olhos da ciência”, “O LHC após 7 anos acionado”.

Vários textos apresentaram os objetivos do LHC e de seus detectores, alguns se aprofundando mais e outros apenas citavam como forma introdutória, como nos exemplos seguintes:

“A finalidade da sua construção é estudar a estrutura da matéria em dimensões menores ao tamanho dos prótons e responder dúvidas e teorias ainda não comprovadas. Existem 4 detectores principais para observarem e contribuir para o estudo do plasma de quark-glúons, uma teoria relacionada a criação do universo, [...], porquê existe mais matéria do que antimatéria, [...] a existência do bóson de Higgs.” (Aline e Marcia)

“Partículas são aceleradas próximo a velocidade da luz, quando passam pelos detectores, onde ocorre as colisões” (Carol e Paulo)

Outro texto traz uma relação dos aceleradores de partículas com o dia a dia, relacionando o LHC com as televisões de tubo:

“aceleradores de partículas estão muito presentes nas nossas vidas, se você tem aquela TV de tubo antiga, então tem um acelerador lá dentro!” (Luiza e Talita)

Somente dois dos textos citaram a possibilidade do surgimento de buracos negros com o acionamento do acelerador. Este assunto tinha sido de grande influência na primeira aula com o objetivo de motivar a discussão inicial. O fato deste tema não ser foco principal de nenhuma das notícias produzidas pelos alunos aponta para um esclarecimento sobre esse assunto e a reflexão sobre outros elementos relacionados com o LHC que foram mais interessantes na elaboração dos textos. A seguir, os trechos que citam a questão os buracos negros:

“A grande dúvida gerada ao longo do processo foi a possibilidade de abrir um buraco negro, abrindo uma discussão científica, entretanto, os cientistas afirmam que eles não teriam energia suficiente para se manter e se desintegrariam em segundos” (Carlos e João)

“A falta de conhecimento, a superstição faz com que pessoas tenham medo que o LHC destrua o mundo, outros criticam os bilhões gastos na construção do LHC, dizem que o dinheiro gasto poderia acabar com a fome no mundo por exemplo. Mas o avanço tecnológico não para, é preciso entender que a cada descoberta tem-se mais facilidades rapidez e precisão nos resultados de algo que esteja sendo fiscalizado, observado, estudado, etc”. (Patrícia)

O segundo trecho não fala de maneira direta sobre os buracos negros, mas se refere às questões do medo da ciência relacionada com o progresso científico. A aluna que escreveu este segundo trecho cita ainda o exemplo do avião e da internet como avanços tecnológicos importantes para a humanidade, e afirma que os bilhões investidos no LHC não fazem falta, se comparados aos bilhões perdidos para a corrupção.

A participação do Brasil também foi citada em alguns textos com enfoques diferentes, como nos trechos a seguir:

“O Brasil já contribui de forma indireta fornecendo o material utilizado no colisor. [...] Cientistas brasileiros também têm participação nas atividades do CERN, entretanto o Brasil não é considerado um contribuidor oficial e participante, falta a contribuição financeira de R\$30 milhões anual, que não é muito alta comparada ao avanço e conhecimento que poderíamos alcançar” (Aline e Amanda)

“As pesquisas no LHC continuam, muitos países participam diretamente e indiretamente no projeto, o Brasil atualmente está em possível participação no projeto, que está sendo discutido em pauta no Ministério da ciência, tecnologia e inovação (MCTI).” (Pedro)

Estes dois exemplos citados se posicionam positivamente à participação do Brasil, enquanto outro texto se posiciona de maneira contrária, apresentando uma ‘entrevista’ com um cientista inventado pelos alunos:

*“Qual o retorno, aos países, do investimento no LHC?
‘Nenhum, pois o dinheiro investido não retornará como um benefício para a população nem economicamente, visto que vários países necessitam de investimento em condições básicas de saúde, saneamento, alimentos ou água potável’, afirma o pesquisador de partículas sociais [...] João Pereira*

[...] A descoberta da nova partícula levou vários anos e muito investimento, dinheiro que poderia [ser] revertido em outros problemas sociais que acomete diversos países” (Carol e Paulo)

Ao inventar um cientista em uma entrevista para sua notícia, podemos refletir a respeito da confiança dada a uma notícia quando ela apresenta a opinião de um especialista, ou mesmo na credibilidade do veículo. Além disso, o cargo atribuído ao cientista é um tipo de pesquisador que não existe, de “pesquisador de partículas sociais”, que segundo os alunos, estudaria as relações sociais associadas ao estudo de física de partículas. Este foi o único texto que se posicionou contrário aos experimentos do LHC, e apresentou argumentos econômicos e relacionados à desigualdade social.

Concluindo esta atividade, seis dos sete textos se posicionavam positivamente em relação ao funcionamento do LHC, no sentido de trazer benefícios científicos e tecnológicos, utilizando argumentos relacionados ao desenvolvimento científico, consequências sociais e o uso futuro de tecnologias que podem ser desenvolvidas. O texto que se posicionou contra trouxe a questão da grande quantia de dinheiro gasta no acelerador e a necessidade de investimento em outras áreas de retorno mais imediato para a sociedade.

Existiu a oportunidade de realizar uma conversa rápida com alguns participantes do minicurso um mês após a sua realização. Estas conversas foram gravadas. Quando indagados sobre o que se lembravam do minicurso, os alunos comentaram sobre as dimensões grandiosas do LHC, sua importância para a física, as dimensões sociais e econômicas, a localização e, de maneira mais geral, os seus objetivos. Como exemplo de alguns depoimentos temos:

“Eu achei muito interessante essa parte, de como funcionava, que ele tinha quatro detectores, cada um fazia uma coisa. E não era uma coisa distante, improvável, impossível, isso é muito interessante, é uma ciência um pouco mais próxima, de um jeito que eu nunca imaginei que pudesse existir. Nunca imaginei que o homem pudesse construir uma coisa tão grande, como é daquele jeito [...] Ia saber falar onde ele tá localizado, na fronteira da França e da Suíça, como ele foi construído... eu saberia explicar mais ou menos o que é o bóson de Higgs, que ele ganhou o prêmio Nobel, como foi provado que a ‘partícula de Deus’ existia” (Luiza)

“é um grande acelerador de partículas, localizado a 100 metros abaixo do solo, entre a Suíça e a França, e tem um túnel de uma extensão de 27 quilômetros, onde são realizadas as colisões. E o projeto já tem mais de trinta anos, desde seu conceito, seus primórdios” (Daniel)

“Eu achei mais interessante foi pra que serve, mesmo. Eu achava que era só pra descobrir a partícula lá, e tem muito mais estudos. Então... eu ia lembrar que é o Large Hadrons Collider, que é um colisor de hádrons, para descobrir novas partículas atômicas, com várias características” (Pedro)

Os alunos também foram indagados a respeito de conteúdos mais específicos de Física de Partículas. De maneira geral, os alunos tinham alguma compreensão do que entendemos por antimatéria e as características de algumas partículas como o fóton e o elétron. Os trechos a seguir apresentam algumas das falas dos alunos quando indagados a respeito de elementos específicos de física de partículas:

“o quark é o que constitui um nêutron ou um próton... e o lépton, um elétron, nesse caso. [...] [Antipartícula] é quando você tem uma partícula, só que de carga invertida, tipo prótons com carga negativa e elétrons com carga positiva” (Pedro)

“Foton era o nome que a gente dava para a partícula de luz. [...] [Léptons e quarks] são menores que átomos... é, eu lembro disso. Lembro que eles tinham nomes muito esquisitos, lembro disso daí. Tem a ver com a formação dos átomos” (Luiza)

Com esta breve conversa, foi possível perceber que, apesar da Física de Partículas não ter sido discutida com uma grande profundidade, mas sim apresentadas suas principais bases e elementos, os alunos se lembravam e eram capazes de formular explicações a respeito da classificação de algumas partículas.

A relação com a sociedade apareceu de diversas formas no decorrer do minicurso, tanto na fala dos alunos quanto nos textos escritos. Esta relação está presente no entendimento de ciência, e especialmente a física, que os alunos possuem, sendo a física moderna e contemporânea, ou “de ponta”, como chamada algumas vezes pelos alunos, intimamente ligada com a sociedade, em termos de impactos econômicos nos países associados, o conhecimento gerado e a sua relação com o poder, influências nas regiões próximas aos experimentos e até mesmo a relação com a religião. O desenvolvimento tecnológico também foi citado em diversos momentos, indicando que, para os alunos, a relação entre desenvolvimento científico e tecnológico estão ligados.

A necessidade de aprofundamento no assunto e a busca por outras fontes foi notada pelos alunos logo no começo das leituras, associado ao caráter fragmentado de várias das notícias lidas. A leitura das primeiras notícias gerou muitos questionamentos, tanto em relação aos termos utilizados quanto em relação ao funcionamento e teorias físicas envolvidas.

Considerações finais

Pudemos verificar qual tem sido o posicionamento da área de pesquisa em ensino de física sobre a inserção da FMC no ensino médio, identificando um consenso a partir de posicionamentos que reconhecem tanto a necessidade de atualização dos conteúdos como sua importância na formação do cidadão no mundo contemporâneo.

A possibilidade do ensino de física de partículas no ensino básico também já vem sendo tratada por diferentes autores e, a partir de diferentes propostas, com o desenvolvimento de recursos didáticos, propostas de ensino e publicações voltadas à divulgação científica. Especificamente, no que diz respeito ao caso LHC, localizamos trabalhos que se propõem a trazer esta temática para o ensino básico, relacionando fenômenos e experimentos à física que lidamos na escola e no dia a dia, assim como trabalhos que desenvolvem materiais para auxílio a professores.

A física de partículas constitui um conjunto de conteúdos que pode contribuir para a idéia de ciência em construção, e o desenvolvimento de modelos como forma de compreender parte da realidade. Além disso, os caminhos desse seu desenvolvimento, os confrontamentos entre resultados teóricos e experimentais, as crises e o papel dos cientistas contribuem para uma visão de ciência menos distorcida. Realizamos, ainda, estudos a respeito da relação entre a ciência e a mídia, as características desta interface, a utilização de materiais de divulgação no ensino, suas potencialidades e vertentes localizadas na literatura.

As notícias do conjunto selecionado e analisado apresentavam, em sua maioria, elementos explicativos em seu conteúdo, como definições de termos, explicações de conceitos e fenômenos, que foi chamado de preocupação conceitual, mas havia também notícias com elementos explicativos que traziam apenas os significados das expressões e nomes utilizados, que chamamos de “tipo glossário”. Em um número também significativo, foram localizadas notícias que eram episódicas, no sentido de apenas relatar eventos. Foram localizadas ainda algumas notícias que buscavam criar um espetáculo, com elementos sensacionalistas, na maior parte das vezes chamando a atenção para a questão do medo da ciência.

Embora tenhamos identificado um número grande de matérias com elementos que denominamos explicativos, na maioria das vezes essas explicações eram referentes aos aspectos que não eram suficientes para a compreensão dos elementos principais da

Física de Partículas, dando poucos elementos para o leitor perceber de maneira clara os objetivos e implicações dos experimentos realizados no LHC.

A segunda maior dimensão identificada foi a social, dada a presença, em algumas notícias, da relação entre o conhecimento científico e o senso comum e a apresentação de elementos culturais, como filmes e músicas relacionadas com o LHC. Alguns elementos estiveram pouco presentes nestas análises, como os aspectos tecnológicos relacionados ao LHC e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Com essas características analisadas, a possibilidade de utilizar notícias no ensino deve ser feita de forma consciente pelo professor, visto que as notícias podem cumprir diferentes papéis, como por exemplo, contextualização, fontes de informação ou objeto de estudo, mas também apresenta distorções e fragmentação do fazer científico, simplificações de conceitos e destaques sensacionalistas, visto que o material jornalístico não possui caráter formativo. O professor deve estar consciente destas características e levá-las em conta ao planejar atividades que envolvam materiais midiáticos em sala de aula. Retomando o objetivo da pesquisa, de analisar o potencial de materiais divulgados pela mídia como elemento de seleção e desenvolvimento de conteúdos relacionados com o LHC, através do minicurso realizado como forma de coleta de dados, foi possível, a partir da seleção prévia de algumas notícias, perceber que há potencial para a discussão de aspectos relativos tanto à física em si quanto às questões de caráter mais social e tecnológico, como o funcionamento e a construção do acelerador e dos detectores, os custos envolvidos e os impactos sociais dos mesmos. Os alunos que participaram do minicurso se interessaram não necessariamente apenas pela física, mas também pelos outros aspectos, como sociais e econômicos, que a temática do LHC tange. Alguns participantes apresentaram curiosidade sobre um tema de física mais moderno, outros para o viés da mídia e o interesse pelo funcionamento de grandes experimentos científicos. O uso de notícias sensacionalistas no início do minicurso com o intuito de motivar as discussões cumpriu seu objetivo, visto que os alunos se mobilizaram nas discussões acerca da temática, com os elementos levantados por estas notícias discutidos no decorrer das aulas.

Foi possível perceber que existe uma aceitação e a possibilidade de fazer este tipo de discussão. Obtivemos uma adesão dos participantes quando foram apresentados os conteúdos mais específicos de física de partículas, tendo em vista a forma como estes conteúdos foram abordados, posteriormente à discussão de outros aspectos relacionados ao LHC.

No minicurso realizado trabalhamos com uma limitação de tempo, pois este foi desenvolvido em dois encontros com quatro horas cada um, totalizando oito horas. No caso de uma turma com mais tempo disponível, seria possível trabalhar de maneira mais profunda os conteúdos de física de partículas, assim como os outros aspectos apresentados. Podemos concluir que é possível desenvolver discussões acerca dos conteúdos escolhidos a partir do uso de notícias selecionadas. Os textos finais produzidos pelos participantes tratam do LHC com certa tranquilidade, mostrando que parte dos conflitos e dúvidas que emergiram no começo foram sendo esclarecidos no decorrer das discussões.

Desta forma, acreditamos que o contato com uma notícia de conteúdo científico pode colocar o sujeito diante de uma outra forma de olhar para a ciência e, em especial, a física. Visualizá-la como parte da atualidade contribui para uma reflexão a respeito da relação da física com outros aspectos importantes, como a relação com a sociedade, tecnologia e ambiente.

Indo ao encontro de preocupações já apontadas por autores da área, verificamos que a utilização destes materiais em sala é interessante, podendo servir como elemento de significação do conteúdo para os alunos, contextualização do conhecimento e elemento de seleção e organização do que ensinar. Em outras palavras, as notícias trazidas para a sala de aula podem cumprir diferentes papéis, entretanto, esta utilização não pode ser feita de forma ingênua pelo professor, tanto do ponto de vista dos conceitos físicos apresentados nas notícias quanto sobre o posicionamento em relação a outros aspectos presentes, ou seja, o professor deve ter clareza dos seus objetivos ao incorporar uma notícia em sala de aula.

Referências bibliográficas

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora UNESP, 2006. 344p.

BALTHAZAR, W F. **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. 2009. 200 p. 29,7 cm. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências/IFRJ, M.Sc., Ensino, 2008. Dissertação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2008

BALTHAZAR, W.F. e OLIVEIRA, A.L. (2010). **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. São Paulo: Editora Livraria da Física: Rio de Janeiro: CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (Coleção Tópicos em Física).

BOZELLI, F. C.; NARDI, R. O uso de analogias no processo comunicativo de sala de aula. **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba. 2008.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 – Física**. Brasília: MEC/SEB, 2011

BUNGE, M. A, 1919-. **Teoria e realidade**. Gita K. Guinsburg (Trad.). São Paulo: Perspectiva, 1974. 243 p.

CARUSO, F (Org.) ; OGURI, V. (Org.) ; SANTORO, A. F. (Org.) . **O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?** (2a. edição corrigida). 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2012. v. 1. 209p .

CERN. Organização Européia para Pesquisa Nuclear. Disponível em: <http://public.web.cern.ch/public/en/LHC/LHC-en.htm>. Acesso em: 10 de setembro de 2013.

CUPANI, A. ; PIETROCOLA, Maurício . A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n.1, p. 97-122, 2002.

FIGUEIRA, R. **Abordagem temática e a introdução de conteúdos de física moderna e contemporânea no ensino médio : uma primeira aproximação** / Rafael Figueira. -- São Carlos : UFSCar, 2014. 135 f.Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014

FOUREZ, GERARD, 1937-. **A construção das ciências: introdução a filosofia e a ética das ciências**. [La construction des sciences, introduction a la philosophie et a l'ethique des sciences]. Luiz Paulo Rouanet (Trad.). Sao Paulo: UNESP, c1995. 319 p.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física e realidade**. São Paulo: Scipione, 2010.

<http://home.web.cern.ch/about/how-detector-works>, acessado em 30 de agosto de 2014.

KNEUBIL, F. B. Explorando o CERN na física do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2501 (2013)

MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

MOREIRA, MARCO A. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, (2007)

NÓBREGA, F. K; MACKEDANZ, L. F. O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, 1301 (2013)

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores**. 1999. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na Escola**, v. 2, n.1, p. 13-18. 2001.

PEZZO, M. R.; PIERSON, A. H. C. Desvelando o espetáculo – formação para leitura crítica de mídia e ensino de ciências. **Revista Interações**. NO. 31, PP. 149-170. 2014.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. Divulgação científica e ensino de Física: Interações, funções e vertentes. In: **Atas do X Encontro de Pesquisa em ensino de Física**. Londrina: Sociedade Brasileira de Física, 2006

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física e a formação do espírito crítico: reflexões sobre o papel da divulgação científica. Em: **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**, 2008, Curitiba/PR.

ROSENFELD, R. **O cerne da matéria: A aventura científica que levou à descoberta do bóson de Higgs**. 1ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

SILVA, J. R. N. da ; ARENGHI, L. E. B. ; LINO, A. . Por que introduzir Física Moderna e Contemporânea do Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, p. 69-83, 2013.

SILVA, M. J.; CRUZ, S. M. S. C. de S. A inserção do enfoque CTS através de revistas de divulgação científica. Em: **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 26 a 30 de outubro de 2004, Jaboticatubas/MG.

SIQUEIRA, M. R da P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino de física**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006

SIQUEIRA, M, PIETROCOLA, M. 2012. Como a Física de Partículas Elementares pode contribuir no ensino básico? In **O que são Quarks, Gluons, Higgs, Buracos Negros e outras coisas estranhas?**, edited by F. CARuso, V. Oguri, A. Santoro. Vol. 1, 263-284. Sao Paulo: LF Editorial

VERMELHO, S. C.; AREU, G. I. P. Estado da arte da área de educação & comunicação em periódicos brasileiros. **Educ. Soc., Campinas**, vol. 26, n. 93, p. 1413-1434, Set./Dez. 2005.

Anexo I

NOTÍCIAS UTILIZADAS NO MINICURSO

À beira do buraco negro

Assim

Experiências como as do acelerador de partículas sempre despertaram superstições e medo do fim do mundo

13 de setembro de 2008 | 21h 34

Notícia   **A+** A-

Enviar 0  1 0

Sérgio Augusto - O Estado de S.Paulo

Vocês ainda estão aí?

Estão, sim. Afinal, o Grande Colisor de Hádrons (LHC, na sigla em inglês) não acabou com o mundo na quarta-feira. Estão todos aí.

Menos Chayyam.

Com medo de ser tragada pelo "buraco negro" artificialmente criado pelo LCH, Chayyam, uma adolescente indiana de 16 anos, tomou pesticida e morreu. Milhares de outros indianos preferiram correr aos templos e rezar. Os indianos são muito religiosos, e o alarmismo de alguns telenoticiários, pintando o LCH como um engenho apocalíptico, só serviu para exacerbar a supersticiosidade da população. Não bastasse, Chayyam morava em Bophal, aquela cidade em que há quase 24 anos 40 toneladas de gases letais vazaram de uma fábrica de pesticidas da Union Carbide, deixando 16 mil mortos e 120 mil contaminados. Chayyam já nasceu predisposta a desconfiar dos estragos causados pela ciência.

Seu pai queixou-se do pânico insuflado pela mídia, embora coubesse a ele tranquilizar a filha e ensiná-la a distinguir ameaças reais das imaginárias. Até prova em contrário, de resto, absolutamente indesejável, mais perigoso do que a experiência do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (Cern) é atravessar o Eurotúnel, ser acionista do Lehman Brothers e do Opportunity, governar a Bolívia, e ter Sarah Palin dando as ordens na Casa Branca.

Mas não é tarefa fácil demover superstições, inclusive porque elas fazem parte do nosso DNA e em muitas ocasiões, desde o tempo das cavernas, ajudaram a salvar a humanidade, segundo o biólogo evolucionista Kevin Foster, da Universidade Harvard, num estudo divulgado esta semana pelo site da revista New Scientist. A Chayyam, contudo, a superstição só prejudicou, intoxicando-lhe o espírito como se fosse um gás letal.

Entre todas as crendices, apenas a certeza da vida além da morte supera o ibope das paranóias escatológicas. O mundo já esteve para acabar tantas vezes, que perdemos a conta dos falsos alardes. Ora é um asteroide em rota de colisão com a Terra, ora a chegada de um novo século ou a passagem para um novo milênio, ora uma profecia de Nostradamus, ora um segredo de Nossa Senhora de Fátima, ora o presságio de algum charlatão messiânico.

Milhares de protestantes norte-americanos, crentes que o Juízo Final estava agendado para o dia 22 de outubro de 1844, venderam tudo o que tinham e subiram até o cume de morros e montanhas para ficarem mais perto do Salvador - que, como se sabe, nunca se dignou a cumprir o que São João nos prometeu para o final dos tempos (quando? São João não precisou). O picareta evangélico Pat Robertson anunciou em 1976 que o mundo seria destruído em outubro ou novembro de 1982, e nem sequer cumpriu pena num manicômio. No início de 1988, o engenheiro da Nasa Edgar C. Whisenant previu que entre 11 e 13 de setembro daquele ano nosso planeta sumiria para sempre do Sistema Solar. Só Whisenant duraria mais 13 anos.

Mais espertos que a indiana que se matou para não morrer foram o ex-fiscal de segurança nuclear Walter Wagner, o escritor espanhol Luís Sancho e o químico alemão Otto Rössler, que ao suicídio preferiram a ação legal, intimando judicialmente os cientistas do Cern a desligarem o LCH. Do ponto de vista prático, um gesto tão inútil quanto o de Chayyam. Os Papanatas seguiram em frente com a experiência. Que, até agora, não deu chabu.

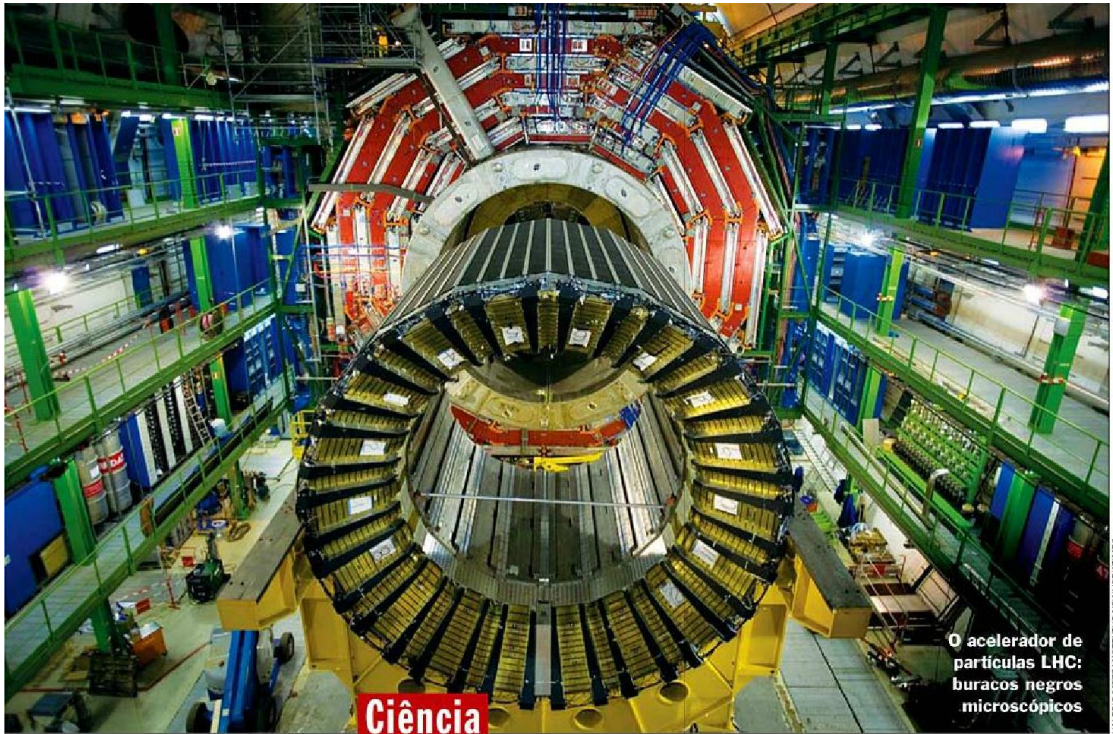
A chance de uma surpresa praticamente inexistente, asseguram milhares de cientistas, 1 em 1 trilhão, pelo chutômetro dos envolvidos no projeto. Melhor acreditar neles. Até porque não nos resta outra opção, pois desconfio que a Máquina do Universo, um dos apelidos do LCH, não possa, a essa altura, ser desligada.

É um prodígio científico multinacional, um consórcio de mentes e recursos que levou 14 anos para ficar pronto, ao custo de US\$ 8 bilhões. Julio Verne não teria imaginado algo mais espantoso: um imenso túnel com 27km de circunferência, montado no subsolo da fronteira da Suíça com a França, onde tentarão reproduzir as condições de pressão e calor semelhantes às que existiram um bilionésimo de segundo após o Big Bang (a explosão primordial que deu origem ao universo, há cerca de 14 bilhões de anos) e comprovar a existência da chamada "partícula de Deus", o bóson de Higgs, uma hipótese do cientista Peter Higgs desde 16 de julho de 1964.

Feixes de partículas subatômicas irão colidir no LCH a uma velocidade 99,9% próxima da velocidade da luz. Por enquanto, o colisor só está fazendo as partículas circularem. Se bem entendi, os choques e a recriação das condições do Big Bang deverão ocorrer ao longo dos próximos dois meses. Os choques, sim; mas a reprodução in vitro (ou melhor, in antro) do Big Bang é tida como tecnicamente impossível por inúmeros físicos, entre os quais o brasileiro Mario Novello, do Instituto de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica (Icra). No começo do universo, "as quantidades físicas seriam infinitas, um valor que jamais poderemos atingir", explicou Novello num artigo para o Aliás, publicado no dia 20 de julho deste ano.

O físico Stephen Hawking vai mais longe: ele simplesmente não acredita que o bóson de Higgs exista, e até já apostou US\$ 100 em sua tese. Ou Hawking é sovina ou não tem tanta certeza do que diz. Ele e Higgs são rivais e a briga entre os dois é de cachorro grande. O osso em disputa é o Nobel de Física. Se Higgs conseguir provar, no LCH, que a sua partícula existe, o Nobel serão favas contadas. Se o LCH for um sucesso completo, o rap composto pela jornalista científica (e ex-assessora de imprensa do Cern) Kate McAlpine, Large Hadron Rap, aumentará ainda mais sua frequência nos iPods, no iTunes e no YouTube.

Se o colisor trair as expectativas dos seus criadores, produzindo um bang big o bastante para destruir o planeta do jeito que T.S. Eliot previu, aí, bem, aí só nos restará cantar We? Il Meet Again, como no final do Dr. Fantástico. Mas talvez nem dê tempo para isso.



O acelerador de partículas LHC: buracos negros microscópicos

VALÉRIO MEZZANZANI/THE NEW YORK TIMES

A MÁQUINA DO FIM DO MUNDO

Aparelho feito para estudar a origem do universo pode criar buracos negros na Terra

Rafael Corrêa

A entrada em funcionamento do maior acelerador de partículas do mundo, prevista para o segundo semestre deste ano, é vista pelos cientistas como uma oportunidade única para estudar a origem do universo. O acelerador, batizado de Large Hadron Collider (LHC), cuja construção terminou recentemente na fronteira entre a França e a Suíça, tem como missão promover choques entre partículas subatômicas, reproduzindo as condições existentes no cosmo um trilionésimo de segundo depois da eclosão do Big Bang. Há quem ache que essa máquina formidável pode representar um risco para o

planeta. Há duas semanas, dois pesquisadores, o americano Walter Wagner e o espanhol Luis Sancho, entraram com uma ação na Justiça americana contra os cientistas do Cern, laboratório de física nuclear europeu responsável pela construção do LHC. A alegação é que, ao funcionar, o aparelho pode criar buracos negros, versões em miniatura dos colossais redemoinhos que se formam no espaço após o colapso de estrelas e que sugam toda a matéria a sua volta. Segundo Wagner e Sancho, os milhares de pequenos buracos negros que se formariam dentro do LHC poderiam se juntar em um só. O buraco negro resultante dessa fusão começaria a sugar a matéria a sua volta e a crescer, iniciando um processo

em cadeia que acabaria por engolir a Terra. Os cientistas do Cern não descartam a possibilidade de buracos negros se formarem após as colisões de prótons dentro do LHC, mas afirmam que eles não teriam energia suficiente para se manter. Em frações de segundo se desintegrariam em partículas inofensivas.

O Large Hadron Collider é um túnel monumental de 27 quilômetros de extensão que está a 100 metros de profundidade. Sua construção durou catorze anos e consumiu 8 bilhões de dólares. Dentro do túnel, trilhões de prótons serão acelerados a uma velocidade próxima à da luz. Ao colidirem, seis detectores vão analisar os detritos resultantes. Espera-se que o LHC responda a perguntas cruciais da cosmologia. Sabe-se que tudo o que se observa no universo corresponde a apenas 4% do que ele abriga. Do que serão feitos os outros 96%? Haverá outras dimensões ou outros tipos de partícula que não conseguimos enxergar? Um buraco negro que engoliria a Terra não é a única previsão apocalíptica feita por Wagner e Sancho no processo judicial movido contra o Cern. De acordo com a dupla, as colisões de prótons poderiam dar origem a partículas exóticas conhecidas como strangelets. Em tese, essas partículas são capazes de alterar a compo-

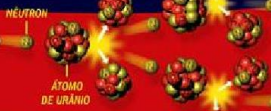
86 9 de abril, 2008 veja

Para onde vai a energia

A explosão de uma bomba atômica e um choque frontal entre dois veículos produzem grande quantidade de energia, que logo se extingue. A colisão de prótons no acelerador LHC gera uma quantidade de energia ínfima, mas que dá origem a outros fenômenos, como a reprodução de como era o universo logo após o Big Bang e a formação de buracos negros



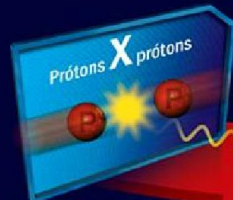
A detonação de uma bomba nuclear como a de Hiroshima provoca uma reação em cadeia de fissão de átomos,...



...o que leva a uma explosão equivalente à de 15 000 toneladas de dinamite

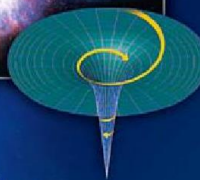


Uma batida de frente entre dois carros, com 1000 quilos cada um e a 100 quilômetros por hora, libera uma energia de 1,5 milhão de joules, suficiente para erguer 25 elefantes a 1 metro do chão



O redemoinho do cosmo

No espaço, os buracos negros surgem do colapso de grandes estrelas. A força de sua gravidade é tão intensa que deforma o espaço e o tempo a sua volta, sugando para o interior do buraco negro toda a matéria que o rodeia, inclusive a luz



1 No novo acelerador de partículas, 1,2 bilhão de prótons vão colidir entre si a cada segundo. A energia produzida em cada colisão equivale à criada por uma dúzia de pernilongos voando. Ao contrário do que ocorre com os carros e a bomba atômica, a energia dessa colisão se transforma em matéria, partículas que existiam na infância do universo

2 Algumas colisões realizadas no LHC vão concentrar a energia dos prótons num espaço muito pequeno, o que pode provocar o surgimento de buracos negros com 1 milésimo do tamanho de um próton, mas com massa 5000 vezes maior. Esses fenômenos se desmancharão em frações de segundo. Devido a seu rápido desaparecimento, não vão sugar matéria para seu interior, como fazem os buracos negros do cosmo

3 No processo que corre na Justiça contra as experiências do LHC, dois pesquisadores alegam que os pequenos buracos negros formados no acelerador podem se aglutinar em um buraco negro maior, capaz de sugar a matéria a sua volta. Isso iniciaria um processo em cadeia que engoliria a Terra



Fontes: Oscar Eboli e Raul Abramo, físicos da Universidade de São Paulo, e Cern
FOTOS: SHOOTER/ORBIS, YURIKO NAKADA/REUTERS/ORBIS, NASA E DIVULGAÇÃO

sição atômica da matéria a sua volta, replicando-se indefinidamente. O resultado, novamente, seria a destruição do planeta. Em sua defesa, os físicos do laboratório europeu dizem que raios cósmicos, com energia muito maior que a dos feixes de prótons usados no acelerador, colidem o tempo todo com a Lua há 4,5 bilhões de anos e o astro permanece intacto. "Mesmo que buracos negros microscópicos se formem no LHC, eles vão decair muito rapidamente", diz Oscar Eboli, professor de física da Universidade de São Paulo.

O medo de que a ciência pode destruir o mundo é recorrente na civilização moderna. Antes dos primeiros testes com bombas de hidrogênio, nos anos 50, temia-se que a explosão desses artefatos iria incendiar os gases da atmosfera — o que, evidentemente, não aconteceu. Não faz muito tempo, um enorme coro de vozes se levantava contra as usinas nucleares, afirmando que elas envenenariam a Terra. Hoje, a energia nuclear é apontada como alternativa para mitigar os efeitos do aquecimento glo-

bal. Disse a VEJA Robert Crease, professor de filosofia e história da ciência na Universidade Estadual de Nova York: "É muito difícil, até mesmo para cientistas treinados, entender os mecanismos envolvidos na colisão de partículas. Como o homem teme aquilo que não entende, não é raro encontrar gente que enxergue efeitos nocivos nas pesquisas com o LHC, mesmo nos dias de hoje." ■

Com reportagem de Paula Neiva

veja 9 de abril, 2008 87

Experimento que investiga origem do universo é acionado na Suíça

Máquina de US\$ 8 bilhões tenta reproduzir Big Bang sob Alpes suíços.
10 de setembro de 2008 | 5h 36

Notícia   A+ A-

Enviar

Recomendar { 0

Compartilhar

g+1

Tweet { 0

Assine o Estadão



Três décadas após sua concepção, o mais poderoso experimento do mundo da Física foi acionado nesta quarta-feira sob os Alpes suíços.

Um gigantesco acelerador de partículas, batizado de LHC (sigla em inglês de Large Hadron Collider - Grande Colisor de Hádrons), o maior e mais complexo instrumento científico já construído, poderá responder algumas questões fundamentais sobre o início do Universo.

Em agosto, os engenheiros já haviam injetado raios de prótons de baixa intensidade no LHC, mas estes não completaram o percurso completo do túnel.

Massa

Os cientistas esperam conseguir identificar o surgimento de partículas tal como aconteceu no início do universo, algumas das quais nunca foram observadas antes.

"Vamos conseguir analisar a matéria mais profundamente do que jamais conseguimos", disse Tara Shears, da Universidade de Liverpool, na Inglaterra.

"Poderemos observar do que o universo se constituía bilionésimos de segundo depois do Big Bang", afirmou.

'O que é massa?'

O LHC poderá responder a uma simples questão: O que é massa?

"Sabemos que a resposta será encontrada no LHC", disse Jim Virdee, físico do Imperial College de Londres.

O modelo mais aceito sobre a formação da massa envolve uma partícula chamada bóson de Higgs, também conhecida como "partícula Deus". Segundo a teoria, as partículas formam sua massa através de interações com o campo que acompanha a partícula Higgs.

Leia mais:

Projeto

O acelerador foi construído pela Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (Cern, na sigla em francês) em um laboratório subterrâneo na fronteira franco-suíça.

Desde a concepção até o acionamento do LHC nesta quarta-feira, foram 30 anos de pesquisas e vários obstáculos. O orçamento estourou várias vezes e o custo final ficou quatro vezes maior do que o previsto, por problemas de equipamento e construção do aparelho. O acionamento foi atrasado em dois anos.

Durante o inverno europeu, o LHC será fechado para que os engenheiros preparem o equipamento para reproduzir as colisões com energia total - e não de baixa intensidade, como nesta quarta.

"O que é tão empolgante é que não tivemos o lançamento de um equipamento tão grande durante anos", disse Shears.

"Nossos experimentos são tão grandes, complexos e caros que não ocorrem com tanta frequência. Mas quando acontecem, tiramos deles toda a física possível", afirmou.

BBC Brasil - Todos os direitos reservados. É proibido todo tipo de reprodução sem autorização por escrito da BBC.



Choque de partículas no LHC deve ocorrer em breve

Da Agência Estado

O esperado choque entre partículas no LHC - sigla para Grande Colisor de Hádrõns, o acelerador de partículas criado pelo Laboratório Europeu para a Física Nuclear (Cern) para reproduzir as condições que teriam surgido frações de segundo após o Big Bang -, deve acontecer nos próximos dias, segundo relato de Andre Rabelo dos Anjos, físico brasileiro filiado à Universidade de Wisconsin, nos Estados Unidos, que acompanha de perto o experimento na Suíça. Em entrevista ao Portal Estadão, ele disse que não há uma data fechada para colocar as partículas em rota de colisão e é possível que, caso o experimento continue no bom ritmo atual, o choque aconteça em breve.

Rabelo dos Anjos explicou que os cientistas estão animados com os experimentos feitos no LHC hoje. "Agora eles começam a introduzir o feixe no segundo sentido", relata Rabelo dos Anjos. No começo da manhã, um primeiro feixe foi colocado no LHC e, após as partículas completarem uma volta na máquina, que tem 27 km, um segundo feixe foi introduzido no sentido oposto.

"Os brasileiros têm participação em vários experimentos", diz. Rabelo dos Anjos explica que o objetivo do LHC "é desvendar os últimos mistérios da física de partículas". Segundo ele, os resultados não têm impacto direto na vida das pessoas. No entanto, toda a tecnologia produzida ao redor do experimento terá um impacto grande.

Para ilustrar, o físico comenta a ida do homem à Lua. "Ir à Lua não afeta sua vida diretamente. Mas para o homem ir à Lua foi preciso inventar o cristal líquido e ele sim foi importante para a vida das pessoas". A tecnologia criada para o experimento pode ser usada para outras áreas.

Piada

Em relação ao medo de algumas pessoas de que o mundo poderia acabar com o início das operações do LHC, o físico afirma que tudo não passa de especulações de quem não conhece detalhes da operação. "A possibilidade disso acontecer é zero. É possível comparar com a probabilidade de você correndo atravessar um muro". Além disso, ele afirma que os físicos envolvidos no projeto tratam tal especulação como "uma grande piada".

[Texto Anterior](#) | [Índice](#)

Maior máquina do mundo, LHC começa hoje a produzir ciência

Choques de prótons em mega-acelerador poderão revelar a "partícula de Deus"

RAFAEL GARCIA

EM GENEVRA

O mega-acelerador de partículas LHC fará na madrugada de hoje as primeiras tentativas de colisões capazes de produzir ciência efetivamente inovadora. O experimento, que ganhou o apelido de "máquina do Big Bang", poderá então tentar detectar o bóson de Higgs, a partícula que confere massa às outras, segundo a teoria.

Tecnicamente, o acelerador está funcionando desde novembro, mas só agora as colisões entre prótons que são produzidas em seu túnel circular de 27 km chegam à energia de 7 TeV (teraelétron-volts), necessária às detecções.

A violência dos choques entre essas partículas, porém, ainda é metade daquela prevista para o projeto. Quando o LHC estiver pronto para colidir seus feixes de prótons a 14 TeV, será como produzir um choque frontal de dois trens-bala num túnel mais estreito que um fio de cabelo. Isso só deve acontecer em 2012.

A agenda de experimentos foi mudada depois de um acidente em setembro de 2008. Uma sobrecarga de energia danificou vários dos ímãs supercondutores responsáveis por acelerar as partículas.

Depois de ficar no conserto por mais de um ano, o LHC vai rodar sua primeira etapa de experimentos colidindo prótons a 3,5 TeV. Físicos na sede do Cern (Organização Europeia de Física Nuclear), na fronteira da Suíça com a França, estão ansiosos para o início do trabalho.

"Temos tido já, de vez em quando, algumas colisões a 7 TeV, mas creio que não 100% estáveis", disse à **Folha** Denis Damázio, brasileiro que trabalha no Atlas, um dos grandes detectores do LHC. Segundo ele, os experimentos que vinham sendo feitos até a semana passada usavam apenas um "bunch" - um pequeno "vagão", quando se compara o feixe de prótons a um trem.

Tanto o Atlas quanto os outros grandes detectores - o CMS, Alice e o LHCb- trabalham de forma independente entre si. Quase todos eles já inauguraram sua produção científica. Os

artigos publicados, porém, ainda tratam mais de aspectos técnicos, como calibração das máquinas.

Quando o feixe de prótons completo estiver circulando hoje, porém, os cientistas esperam que o Cern cumpra sua promessa de "abrir a maior janela para potenciais descobertas na física de partículas em uma década". Mesmo 7 TeV já são mais que o triplo da energia produzida pelo acelerador americano Tevatron, o melhor até o ano passado. Cientistas calculam que isso é mais do que suficiente para que de algumas colisões finalmente apareça o bóson de Higgs -a "partícula de Deus", apelido que desagrada a muitos físicos.

Este ano, começa a funcionar o maior acelerador de partículas do mundo. Mais conhecido pela sigla LHC, essa máquina, por seu tamanho, número de cientistas e técnicos, pela tecnologia empregada e pelos objetivos científicos, pode ser considerada o maior empreendimento científico e tecnológico da atualidade. O LHC (em inglês, algo como Grande Colisor de Hádrõs) é um dos pontos mais altos na história do Homo faber. Sem exagero, é o maior instrumento científico do mundo, construído paradoxalmente para investigar as menores dimensões jamais observadas.

Esse 'supermicroscópio', com 27 km de circunferência, encravado a 100 m de profundidade, entre as fronteiras suíça e francesa, fará partículas nucleares se chocarem com velocidades e energias impressionantes, na busca de respostas sobre como a natureza se comporta. Esse megaprojeto de engenharia custou alguns bilhões de dólares, e sua inauguração fará de 2008 um marco para a história da física de altas energias.

Ignacio Bediaga

*Laboratório de Física Experimental de Altas Energias (Lafex),
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)*

LHC

O colosso criador e esmagador de matéria





V. BERNARDINI

Um acelerador de partículas e seus detectores estão para os físicos de partículas assim como o telescópio está para o astrônomo, o microscópio para o biólogo ou o olho para o ser humano. A função é praticamente a mesma: observar a natureza em dimensões ínfimas. No caso desse gigante de 27 km de circunferência, o objetivo é estudar a estrutura da matéria em dimensões inferiores ao tamanho dos prótons: 10^{-18} m, ou seja, 0,000000000000000001 m (figura 1).

O LHC está encravado a 100 m de profundidade, na fronteira da Suíça com a França (figura 2), onde está o laboratório que o abriga, a Organização Européia para a Pesquisa Nuclear, mais conhecida pela sigla CERN.

A primeira missão desse novo acelerador é estudar elementos previstos ou mal compreendidos na teoria atual, o chamado Modelo Padrão, com o qual os físicos estudam as partículas indivisíveis (elementares) e as forças (interações) que agem sobre elas. Quanto às forças, há quatro delas no universo: i) a força nuclear forte, responsável por manter o núcleo atômico coeso; ii) a nuclear fraca, que age quando uma partícula se transforma em outra; iii) a eletromagnética, que atua quando cargas elétricas estão envolvidas. Em nossa lista, a quarta força, a gravitacional (a primeira conhecida pelo ser humano), não faz parte do Modelo Padrão. Unir essas quatro forças em uma só teoria tem sido um tema de intensa pesquisa neste começo de século, e é possível que os resultados do LHC ajudem a indicar aos físicos que caminhos seguir nessa área.

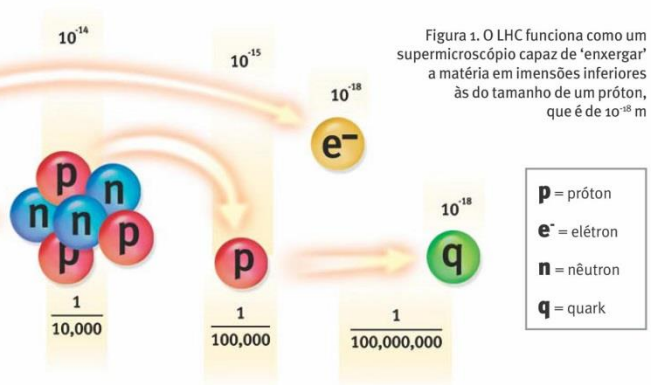
A segunda missão desse acelerador (mais difícil de ser caracterizada) é buscar novos fenômenos físicos na altíssima escala de energia que será atingida por essa máquina em volumes infinitesimais de espaço.

OS NÚMEROS DE UM GIGANTE

O LHC foi feito usando os mesmos 27 km (mais exatamente, 26.659 km) de circunferência do túnel de outra façanha tecnológica, o LEP, que colidia elétrons com suas antipartículas, os pósitrons, a energias 70 vezes menores (200 bilhões de elétrons-volt). O LEP (cuja sigla, em inglês, significa Grande Colisor de Elétrons e Pósitrons) iniciou suas atividades em 1988 e foi desmontado a partir de 2002, para dar início à construção de seu primo mais robusto. De lá para cá, foram gastos cerca de US\$ 6 bilhões (aproximadamente R\$ 10 bilhões).

No LHC, a cada segundo, um pacote com cerca de 3 trilhões de prótons, viajando com velocidade próxima à da luz no vácuo (300 mil km/s), irá atravessar outro com as características idênticas. Choques 'de frente' ocorrerão à estonteante taxa de 40 milhões deles por segundo. Cada vez que houver uma colisão desse tipo, serão produzidas, em média, centenas de partículas de massas variadas.

COM BASE EM IMAGEM DO SÍTIO 'AVENTURAS DAS PARTÍCULAS'



Quando atingir o máximo de energia, cada próton estará dando, por segundo, cerca de 11 mil voltas no anel de 27 km. Nessa fase, essas partículas nucleares estarão na casa dos 7 trilhões de elétrons-volt (7 TeV) por próton. Nas colisões, a energia chegará a 14 TeV. Apesar de a unidade elétron-volt ser muito pequena quando comparada a energias com que estamos acostumados no dia-a-dia, é preciso lembrar que a entidade que a carrega (no caso, um próton) é trilhões de vezes menor que um grão de areia. Somadas individualmente, as energias dos prótons envolvidos nas colisões seriam equivalentes à de um veículo de 1,5 tonelada, viajando a 25 mil km/h.

No quesito energia, o LHC será cerca de 10 vezes superior ao maior acelerador de prótons hoje em atividade no mundo, o Tévatron, situado no Fermilab (Estados Unidos). E milhões de vezes mais energético que o acelerador da Universidade de Califórnia (Estados Unidos), no qual o físico brasileiro César Lattes (1924-2005) e seu colega norte-americano Eugene Gardner (1913-1950) detectaram, há exatos 60 anos, os primeiros mésons pi (partículas que mantêm prótons e nêutrons 'colados' no núcleo) produzidos em aceleradores.

Em relação ao Tévatron, o LHC foi projetado para trabalhar com cerca de 100 vezes mais prótons circulando no anel, em cujo interior reina um vácuo no qual há menos matéria do que no espaço a mil km de altitude do solo terrestre. Para se ter uma idéia, a Estação Orbital Internacional (por sinal, outra maravilha da engenhosidade humana) está a meros 380 km do chão. No anel do LHC, serão apenas 3 milhões de moléculas por cm^3 , algo espantoso para um vácuo artificial.

O LHC usa ímãs supercondutores, cuja função é 'forçar' o feixe de prótons a fazer curvas e permanecer sempre na trajetória circular do anel. Esses equipamentos sofisticados irão trabalhar a 271 graus Celsius negativos, valor inferior à temperatura do espaço intergaláctico. Será aplicado sobre o feixe um campo magnético 100 mil vezes superior ao da Terra. Ao longo do túnel, serão instalados 1.640 ímãs supercondutores, que, em

média, terão 14 m de comprimento cada. Para manter esses artefatos a baixas temperaturas, serão usados 12 milhões de litros de nitrogênio líquido (para iniciar o processo de refrigeração) e, em seguida, 700 mil litros de hélio líquido, para atingir a temperatura desejada.

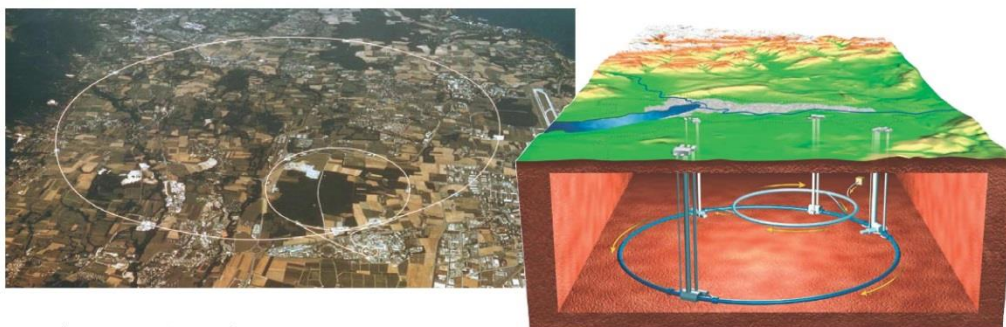
Os ímãs do LHC foram produzidos com fios de liga de cobre, titânio e nióbio (este último metal foi comprado do Brasil, que detém praticamente o monopólio das reservas mundiais). Quando refrigeradas, essas ligas conduzem eletricidade sem praticamente dissipar calor. Se unidos pelas pontas, o comprimento total desses fios (cuja espessura é semelhante à de um fio de cabelo) seria astronômico: o suficiente para cinco viagens de ida e volta ao Sol (correspondendo a cerca de 150 milhões de km cada uma delas). E ainda sobriaria fio suficiente para ir algumas vezes à Lua (aproximadamente 360 mil km da Terra).

BOMBA ÀS AVESSAS

No momento da colisão de um próton com outro, a energia no LHC será suficiente para criar centenas de outras partículas, incluindo outros prótons. Essa transformação de energia em matéria tem como base a famosa equação de Einstein, $E = mc^2$, segundo a qual uma pequena quantidade de matéria (m) pode gerar uma porção descomunal de energia (E). Isso ocorre porque 'm' vem multiplicado por c^2 , que é a velocidade da luz no vácuo ao quadrado (algo como 10^{17} , ou seja, o algarismo 1 seguido de 17 zeros). Uma demonstração dessa fórmula foi dada em um dos acontecimentos mais trágicos da história da humanidade: a explosão de duas bombas atômicas sobre o Japão, na Segunda Guerra Mundial, deixando centenas de milhares de mortos e feridos. Nela, alguns poucos quilos de material radioativo deram origem a um 'cogumelo' atômico com quilômetros de altura, mesmo que esse processo de transformação de matéria em energia tivesse uma eficiência baixíssima (cerca de 1%).

Nos aceleradores, ocorre o inverso: a energia das partículas (no caso do LHC, prótons) transforma-se, por meio das colisões, em matéria.

Figura 2. Com 4,3 km de raio, o anel maior do LHC, que fica a 100 m de profundidade, se estende por parte da Suíça e da França. No destaque, concepção artística mostra a disposição subterrânea dos anéis do LHC



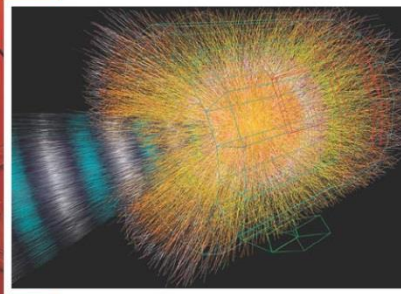
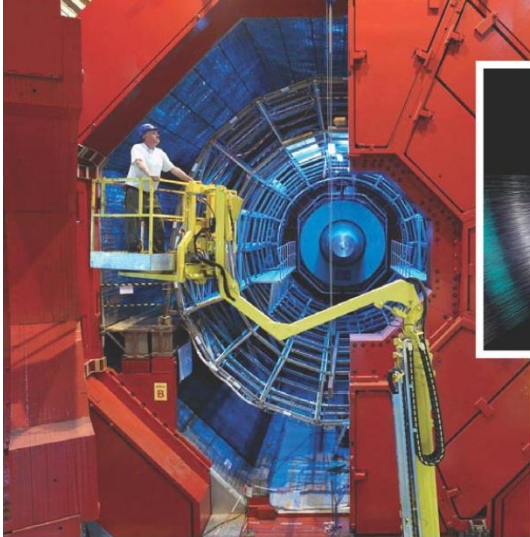


Figura 3. Instalação do detector Alice. No destaque, simulação de colisão de núcleos de chumbo

LIÇÃO DE FÍSICA EM TRÊS PERGUNTAS

O LHC deverá ajudar os cientistas a responder três questões centrais sobre o mundo das partículas elementares e das forças:

i) Existe o bóson de Higgs?

O Modelo Padrão (MP) tem como um de seus fundamentos a unificação de duas forças: a eletromagnética, que tem alcance ilimitado, e a força fraca, cujo raio de ação é inferior a 10^{-15} cm (diâmetro nuclear). Esse modelo foi testado com vigor nas últimas três décadas, e os resultados obtidos nesses experimentos comprovam sua solidez. Entretanto, a unificação entre forças tão dispares só é permitida, segundo o MP, por meio do chamado mecanismo de Higgs. Segundo esse processo, existiria uma partícula (hoje, denominada bóson de Higgs) que faria com que o fóton (que não tem massa e é responsável por 'carregar' a força eletromagnética) possa ser considerado um 'irmão' dos bósons Z^0 e W^+ (que são os 'carregadores' da força fraca, mas cujas massas são cerca de 90 vezes maiores que a do próton).

Os físicos têm muita convicção de que o bóson de Higgs (ele próprio cerca de 100 vezes mais pesado que o próton) seja a partícula responsável por gerar a massa nos bósons Z^0 e W^+ . Há uma alta expectativa de que o Higgs será detectado no LHC.

ii) Os físicos têm uma teoria adequada para explicar o que aconteceu com a antimatéria do universo?

Toda partícula de matéria tem sua antipartícula. Assim, o elétron (negativo) tem o pósitron (positivo). Quando matéria e antimatéria se encontram, elas se desintegram, transformando-se em energia, que, por sua vez, dá origem a outros pares de matéria e antimatéria.

No *Big Bang*, 'explosão' que deu início ao universo, deveria ter sido criada a mesma quantidade de matéria e antimatéria. Porém, observações mostram que o universo é majoritariamente dominado pela matéria. Surge assim uma das questões mais fundamentais da física atual: o que teria acontecido com a antimatéria?

Desde a década de 1970, os físicos têm uma teoria (conhecida como matriz CKM) para explicar, em parte, por que há essa assimetria entre matéria e antimatéria. Essas idéias mostraram estar no caminho certo quando, a partir dessa teoria, foi prevista a existência de dois novos *quarks*, o *top* e o *bottom*, detectados mais tarde. Porém, há evidências de que a matriz CKM não seja suficiente para explicar a esmagadora superioridade da matéria em nosso universo.

No mínimo, o LHC deverá determinar se essa teoria é exata ou não, o que já será uma grande contribuição dessa máquina. Mas ainda é possível que o LHC, ao investigar essa questão, encontre novos fenômenos que ajudem no entendimento do privilégio que a natureza deu à matéria em detrimento da antimatéria.

iii) Existe a 'sopa' quentíssima de *quarks* e glúons?

Na criação do universo, há 13,7 bilhões de anos, houve um momento em que a matéria não era constituída nem por prótons, nem por nêutrons. O que reinava era o plasma (um tipo de gás quentíssimo) formado pelos constituintes básicos daquelas partículas nucleares, os *quarks* e os glúons (estes últimos funcionam como uma 'cola' para manter os *quarks* unidos).

O LHC vai tentar reproduzir esse estado primordial do universo, previsto pela cromodinâmica quântica. Essa teoria é a parte do Modelo Padrão que lida com a força forte, que é cerca de 10^{39} vezes mais intensa que a gravitacional, mas só atua nas dimensões nucleares (10^{-15} m).

Para reproduzir o plasma de *quark*-glúons, será necessário gerar colisões cujas temperaturas serão cerca de 100 mil vezes superiores àquelas no centro do Sol, algo como 10^{20} graus Celsius. Para isso, segundo os planos do LHC, deverá haver um período de tomada de dados no qual, em vez de prótons colidindo contra prótons, os choques serão feitos entre núcleos de chumbo, elevando a densidade de energia (e, portanto, de temperatura) aos valores desejados (ver detalhe da figura 3).

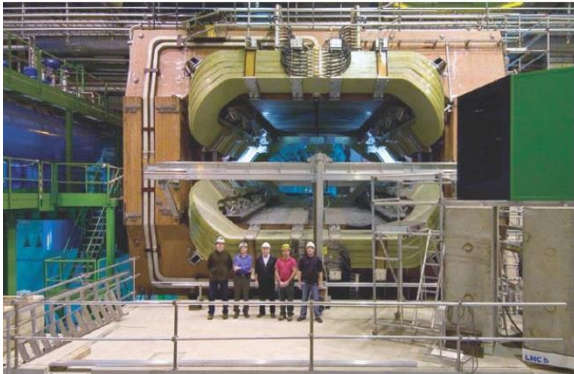


Figura 4. Ímã central do LHCb

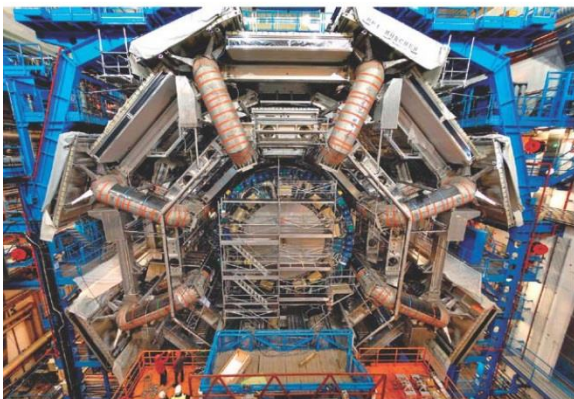


Figura 5. Montagem do Atlas



Figura 6. Parte central do CMS

OS DETECTORES DE ESTILHAÇOS

Acelerar partículas a energias extremamente altas é apenas parte da tarefa de um acelerador. A outra, igualmente importante, é detectar um sem-número de estilhaços criados pelas colisões. Com a reconstrução desses fragmentos, procura-se entender qual foi o mecanismo (ou força) que participou na transformação da energia em matéria. Esse é o trabalho dos detectores, máquinas igualmente sofisticadas e gigantescas.

O LHC terá quatro detectores principais, posicionados em pontos diferentes de seu anel. Dois deles, o Alice e o LHCb, estão sendo construídos com objetivos bem específicos. O Brasil estará presente em cada um desses detectores (ver 'Presença brasileira')

Alice • O Experimento do Grande Colisor de Íons (que, na sigla em inglês, levou nome de mulher) é uma colaboração envolvendo mais de mil físicos e técnicos, de 30 países. Esse cilindro, com 5 m de diâmetro e outros 5 m de comprimento (figura 3), é o único detector dedicado praticamente ao estudo do plasma de *quark-glúons* no LHC. Se esse fenômeno existir, tudo indica que ele deva ser detectado no Alice.

LHCb • O objetivo principal é o de estudar o comportamento da matéria e da antimatéria, com base nas propriedades dos mésons do tipo B (beleza ou *beauty*). Essa máquina (figura 4) vai verificar se, no momento da criação desse tipo de méson, a natureza privilegia a matéria em detrimento da antimatéria (ou vice-versa). A colaboração LHCb conta com mais de 600 colaboradores (entre eles, o autor deste artigo), de 13 países diferentes.

Atlas • O nome revela muito de seu perfil: é o maior dos quatro detectores do LHC. Na caverna, no subsolo que o abriga, caberia a catedral de Notre Dame (figura 5). Não é por menos que ele leva o nome do titã que, segundo a mitologia grega, foi condenado a carregar o céu nas costas. Foi desenhado para determinar a existência (ou não) do Higgs, embora vá desempenhar outras tarefas. A equipe em torno desse colosso reunirá 1,8 mil colaboradores, de 34 países diferentes.

CMS • Assim como o gigante Atlas, é um detector com objetivos mais gerais, embora também esteja estruturado para caçar o bóson de Higgs (figura 6). A colaboração 'Solenoíde Compacto para Múons' é a maior entre as quatro. Em sua equipe, estão cerca de 2,5 mil participantes, de 37 diferentes países.

GRADE DE COMPUTADORES

O CERN revolucionou a informação com a criação da famosa 'www', que permite o acesso, neste início de século, a um número incontável de páginas eletrônicas. Só isso certamente já valeria todo o investimento feito nesse laboratório europeu, que acumulou, desde sua

fundação, em 1954, uma longa lista de bons serviços prestados à ciência e à humanidade. Hoje, 20 países são membros desse centro. Outros nove têm o *status* de observador. Mais 27 (entre eles, o Brasil) participam das atividades. Isso faz do LHC uma Babel ao contrário, onde todos se entendem.

Os experimentos que serão realizados no LHC irão gerar mais de 10 milhões de gigabytes de informação, o que equivale a uma pilha de 20 km de altura de CDs, com a capacidade máxima de armazenamento esgotada. Para analisar, gerenciar e armazenar essa quantidade astronômica de dados, o LHC criou uma rede (ou grade) de computadores interligados, com centenas de pequenos e grandes centros de computação (figura 7). Essa rede está baseada no mesmo conceito distributivo da *www*, com a diferença de esta última distribuir informação, enquanto a rede do LHC distribui potência computacional e capacidade de armazenamento de dados.

Essa malha gigantesca e hiperveloz de computadores, por meio do projeto EGEE (sigla inglesa para algo como 'Possibilitando uma Rede de Computadores para a Ciência'), liderado pelo CERN, já está prestando serviços de utilidade pública: recentemente, os cerca de 300 mil componentes químicos do vírus da gripe aviária foram analisados por 2 mil computadores dessa grade. Objetivo: buscar potenciais medicamentos contra a doença. Outro exemplo: a infra-estrutura do EGEE fez simulações computacionais que permitiram avaliar mais de 40 milhões de candidatas a medicamentos contra a malária.

Em resumo: o LHC tem o apoio de um devorador de cálculos longos e complexos.

PRESEÇA BRASILEIRA

O Brasil está presente nos quatro detectores do LHC. Do LHCb, participam pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). No Alice, estão a Universidade de São Paulo e a Universidade Estadual de Campinas (SP). A UFRJ está no Atlas, e da equipe do CMS fazem parte o CBPF, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) e a Universidade Estadual Paulista (Unesp).

O autor deste artigo tem interesse especial pela assimetria entre matéria e antimatéria e, portanto, está trabalhando no LHCb, que poderá dar uma resposta para uma pergunta intrigante: por que há mais matéria do que antimatéria no universo?



FOTO MAXMILLEN BRICE/CERN GENEBRA

RESPOSTAS PARA AS PERGUNTAS

Desde sua fundação, o CERN tem se mostrado uma organização internacional no sentido amplo, um local onde o conhecimento é disseminado extensivamente, com a participação de todos, de forma aberta e democrática. Essa experiência de convivência e de esforço conjunto mostrou ser tão eficaz que tem servido de modelo para outros grandes projetos científicos, nas áreas de fusão nuclear, seqüenciamento de genomas e astronomia. Organizações como o CERN estão mudando o velho paradigma do cientista isolado e que fazia grandes descobertas em pequenos laboratórios. Artigos científicos das equipes que trabalham nos detectores do CERN chegam a ter centenas de assinaturas.

Uma rede de TV norte-americana ofereceu a seus telespectadores uma lista com sete opções para que, a partir dela, fossem escolhidas as maiores realizações humanas recentes. Em primeiro lugar, ficou a *www*; em segundo, o LHC; em terceiro, a invenção de braços biônicos. Os outros concorrentes eram façanhas igualmente respeitáveis: o desenvolvimento de Dubai (Emirados Árabes), a hidrelétrica de Três Gargantas (China), o túnel sob o canal da Mancha (que liga a o continente europeu à Grã-Bretanha) e o viaduto de Milau (França).

Dá para perceber que pesam sobre os ombros desse gigante criador (e esmagador) de matéria inúmeras responsabilidades. Os físicos, no entanto, apostam que essa 'rainha' das máquinas, supra-sumo do que há de mais moderno na tecnologia deste início de século, irá cumprir seu papel e responder, com um sim ou não, às perguntas feitas à natureza pela comunidade mundial de física de altas energias.

E, talvez, até apareça com respostas para perguntas que nem mesmo tenham ainda sido formuladas. ■

Figura 7. Visão de um dos bancos de computadores do LHC

SUGESTÕES PARA LEITURA

BEDIAGA, I. LHC – o gigante criador de matéria. Folder da série *Desafios da Física*. Rio de Janeiro: CBPF (2008).

Em breve, disponível em formato PDF em <http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/>

ANJOS, J. C. e NATALE, A. A. Partículas elementares – (des)construção da matéria pelo homem. Folder da série *Desafios da Física*. Rio de Janeiro: CBPF (2005).

Disponível em formato PDF em <http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/symmetry>. (Especial sobre o LHC). v. 3, n. 6, agosto de 2006. Disponível (em inglês) em <http://www.symmetrymagazine.org/cms/>

NATURE. (Especial sobre o LHC), v. 448, pp. 169-312 (2007)

Na internet: AVENTURA DAS PARTÍCULAS. <http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/> (em português)

CERN. The Large Hadron Collider. Disponível (em inglês) em <http://public.web.cern.ch/Public/en/LHC/LHC-en.html>

ECONOMIA & NEGÓCIOS / Economia

Quanto custou a 'partícula de Deus'?

US\$ 10,3 bilhões estão por trás de uma das maiores descobertas da física nas últimas décadas, mas crise na zona do euro pode atrapalhar continuidade dos estudos

06 de julho de 2012 | 18h 14



O equipamento que comprovou a existência da partícula teorizada por Peter Higgs custou US\$ 10,3 bilhões

Na quarta-feira, o Centro Europeu para a Pesquisa Nuclear (Cern) anunciou a descoberta da apelidada "partícula de Deus", ou bóson de Higgs, que pode ajudar a comunidade científica - e a humanidade - a entender por que existe massa no universo. Ou, em outras palavras, por que todos os objetos existem, de um átomo a um cachorro.

A comprovação prática do bóson de Higgs só foi possível com a construção do maior acelerador de partículas do mundo. Inaugurado em 2008, o LHC (Large Hadron Collider, da sigla em inglês) custou US\$ 10,3 bilhões para ser construído. Esse equipamento - gigantesco - tem 27 km de circunferência e está localizado na fronteira da Suíça com a França.

Em tempos de crise econômica, a *The Economist* comentou o valor da descoberta. Para a revista, a quantia de mais de US\$ 10 bilhões gasta no acelerador de partículas é relativamente pequena, considerando a importância do conhecimento gerado sobre como o universo realmente funciona.

O artigo da *The Economist* diz que já passou o tempo em que os cientistas estavam próximos do poder e que o dinheiro era farto - como na época da bomba atômica. Hoje, a comunidade científica suplica o reconhecimento da importância das pesquisas, em um

mundo em que o dinheiro está curto.

Crise?

O Cern, que abriga o acelerador de partículas, tem 20 países-membros mantenedores. Os cinco principais financiadores são Alemanha, França, Reino Unido, Itália e Espanha.

A crise abala toda a zona do euro, mas Itália e Espanha, por exemplo, são alguns dos países mais atingidos. Juntas, essas duas nações respondem por quase 20% de todo o financiamento do Cern.

Sozinha, a Alemanha financia 20% do centro de pesquisas, enquanto a França, 15%, e o Reino Unido, 13%.

Neste ano, o orçamento para o Cern manter suas atividades é de US\$ 1,2 bilhão. Para 2013, o financiamento já está aprovado, mas os valores ainda não foram divulgados. Depois do ano que vem ainda não há garantias de continuidade.

"É claro que o Cern está sujeito à condição econômica dos países-membros", disse a assessoria do centro de pesquisas. Também segundo o departamento de imprensa do Cern, para entender completamente os desdobramentos dos estudos, o programa tem expectativa de durar pelo menos mais 20 anos.

Além do financiamento via países-membros, alguns experimentos, como o Atlas e o CMS, de onde partiram as descobertas sobre o bóson de Higgs, também recebem dinheiro de institutos e universidades que participam do programa de pesquisa.

São 629 universidades e institutos de pesquisa participantes das atividades do Cern, sendo que 300 estão localizadas em países-membros.

A partícula

O físico teórico escocês Peter Higgs previu, somente em teoria, a existência de uma partícula capaz de dar massa a todas as outras. Isso foi em 1964. Agora, quase 50 anos depois, a teoria foi comprovada na prática.

Mas não foi simples. Foram 500 trilhões de colisões geradas no acelerador de partículas, o LHC, em três anos de operação. O bóson de Higgs foi visto somente em algumas dezenas delas.

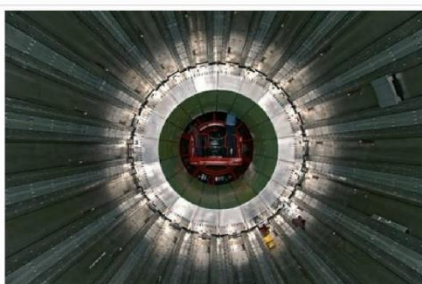
A pesquisa continua. Segundo o Cern, a descoberta anunciada nesta semana faz parte de um trabalho mais amplo. A tentativa é de se entender por que a antimatéria parece não existir e saber como a matéria se comportou no início do universo. Também entender o invisível, já que somente 4% da matéria do universo é que pode ser vista, segundo os pesquisadores.

Um grande bóson para a humanidade

Físicos brasileiros repercutem a descoberta da nova partícula candidata ao bóson de Higgs, feito "mais impressionante e emblemático do que a chegada do homem à Lua".

Por: Marcelo Garcia

Publicado em 09/07/2012 | Atualizado em 09/07/2012



Dados do Cern podem ajudar a entender o universo além do modelo padrão e colocam a física de partículas em clima de final de campeonato. (foto: CMS ECAL Barrel/ Cern)

Parecia uma mesa-redonda após a final de um importante – e longo – campeonato. Físicos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) reuniram-se na sexta-feira passada (6/7) para discutir os principais lances de uma partida decisiva, que culminou com o anúncio da descoberta de um provável bóson de Higgs, dois dias antes (4/7).

Os pesquisadores resgataram os momentos mais marcantes dos quase 80 anos de história por traz do empreendimento, além de avaliarem sua importância e possíveis consequências para a física de partículas e para a ciência de forma mais ampla. O balanço é de que, seja o Higgs ou não, nem uma nem outra serão as mesmas.

O físico de altas energias Ignacio Bediaga, colaborador de um dos experimentos do LHC, o famoso acelerador de partículas por trás do feito, abriu o encontro reavaliando os dados apresentados pelo Atlas e pelo CMS. Bediaga chamou atenção para o recente aumento de rendimento do Cern. "Nos últimos meses, os experimentos realizados no LHC provocaram mais colisões do que em todo o ano passado", explicou. "Houve uma intensificação na busca pelo bóson e a superação definitiva dos problemas de 2008, que atrasaram os trabalhos."

Helayel: o Modelo Padrão segue invicto, tornando-se a teoria mais bem estabelecida da física

A campanha dos 'times' de físicos teóricos e experimentais também ganhou destaque. Com vitórias e derrotas, fato é que eles trabalharam juntos nos últimos 80 anos para estabelecer o chamado Modelo Padrão – a base teórica usada para explicar a constituição de grande parte do universo visível.

Seu maior feito é seguir invicto, tornando-se a teoria mais bem estabelecida da física, segundo o físico teórico José Helayel. "Confirmamos todas as suas previsões e as descobertas experimentais encaixaram-se em suas lacunas", afirmou. "O bóson de Higgs é a única peça desse quebra-cabeça ainda não comprovada experimentalmente."

Um cemitério de teorias pelo caminho

Helayel relembrou parte dessa história de pequenas partículas e grandes ideias. "No início, isso era 'coisa de maluco', tanto que a revista *Nature* rejeitou, em 1933, um importante artigo de Enrico Fermi sobre interação fraca por considerá-lo 'fora da realidade'", destacou o físico. "As descobertas nos anos seguintes, no entanto, deram força à nova teoria."

Embora acredite que o bóson encontrado no Cern é mesmo o previsto por Higgs, o físico citou uma história da década de 1940 para defender que é preciso cuidado antes de dar o apito final no caso. "Houve certa decepção e surpresa quando, acreditando que haviam encontrado o hipotético méson pi, os cientistas acabaram por fazer o primeiro registro de outra partícula, não prevista, o múon", lembrou Helayel.



Time de pesquisadores brasileiros do CBPF que com andou a mesa-redonda: Ignacio Bediaga e Ronald Shellard, especialistas em altas energias, e José Helayel, físico teórico especializado no estudo da supersimetria. (foto: CBPF)

Para o especialista em altas energias Ronald Shellard, o episódio é só um exemplo de que a trajetória da física de partículas não é nem um pouco linear. “Pelo caminho, existe um enorme cemitério de teorias que se mostraram erradas”, afirmou. “Essa é a marca do processo científico e é isso que concede solidez ao Modelo Padrão.”

Helayel comparou a situação atual com a que outros físicos experimentaram na primeira metade do século 20. Em 1913, Niels Bohr previu seu modelo atômico, que só foi confirmado na década seguinte a partir de outras descobertas sobre a estrutura do átomo. Em seguida, a física quântica começou a ganhar destaque. “Se esse bóson for mesmo o de Higgs, assentamos nosso ‘modelo atômico’ e agora precisamos ‘inventar’ uma nova física. Mas se não for, a situação será igualmente rica”, argumentou.

Para ele, os dois cenários alimentam uma física que vai além do Modelo Padrão. “Podemos ter pistas sobre novas partículas hipotéticas mais elementares, subcomponentes de outras partículas, como quarks”, avaliou. “Além disso, podemos intensificar a busca por teorias que contemplem a gravitação, excluída do Modelo Padrão, ou mesmo pensar em uma quinta força fundamental, que explique o que confere massa ao Higgs”, cogitou.

Empreendimento coletivo

Para os pesquisadores do CBPF, a importância da descoberta do novo bóson ultrapassa os limites da física de partículas. Ela representa o primeiro resultado realmente impressionante de um grande empreendimento, o próprio LHC. Para Shellard, uma vitória do ‘jogo de equipe’ mais impressionante e emblemático do que a chegada do homem à Lua.

“Um único país chegou à Lua. Mas você não constrói um empreendimento como o LHC sozinho”, explicou. “Foram necessários 28 anos para chegar até esse ponto, já que a discussão sobre um acelerador como o LHC começou na década de 1980, e isso só foi possível pela extensa cooperação internacional”, lembrou o físico, que integra um grupo de trabalho para estudar a associação do Brasil ao CERN.

Shellard: “Um único país chegou à Lua. Mas você não constrói um empreendimento como o LHC sozinho”

Shellard lembrou ainda que o bóson de Higgs não foi o único motivo que levou a elaboração do LHC. O acelerador é uma ferramenta de exploração da natureza, que continuará a gerar conhecimento – e tecnologia – por décadas. “Quando o projeto começou, não havia tecnologia ou computadores para construí-lo, foi preciso inventar tudo”, argumentou. “É por causa desse retorno que, apesar de associar-se ao Cern exigir um enorme investimento, existe um grande interesse internacional nessa questão.”

Ele destacou que, mesmo com a crise na Europa, países como Portugal e Grécia não ameaçam deixar o consórcio – a Áustria chegou a anunciar essa intenção, mas voltou atrás pela grande pressão. “Certamente isso acontece porque os setores industriais e econômicos sabem como o empreendimento gera retorno em desenvolvimento de novas tecnologias”, afirmou. “O Brasil tem ganhado mais destaque na pesquisa internacional e sem dúvida deve participar desse tipo de empreendimento”, concluiu.

Confira mais detalhes sobre a possível associação do Brasil ao Cern.

Marcelo Garcia
Ciência Hoje On-line



Notícias / 2012

A poucos passos

Brasil caminha para se tornar membro do Cern, instituição que anunciou a possível descoberta do bóson de Higgs. Técnicos do centro de pesquisa virão ao país ainda este ano para avaliar o pedido de adesão brasileiro, que não é bem visto por todos.

Por: Sofia Moutinho

Publicado em 09/07/2012 | Atualizado em 09/07/2012



Brasil está a poucas etapas de se tornar membro associado do Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (Cern), instituição que acaba de anunciar a provável descoberta do bóson de Higgs. (Imagem: Cern | montagem: Sofia Moutinho)

O Brasil está cada vez mais perto de se tornar membro associado do Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (Cern), responsável, entre outras pesquisas de ponta, pelos recentes experimentos conduzidos no LHC, o Grande Colisor de Hádrons, que apontaram a existência de uma partícula que pode ser o tão procurado bóson de Higgs.

A possível participação do Brasil como país associado à instituição começou a ser discutida oficialmente em 2009 e desde então tem se mantido na pauta do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). No início do ano, o ministério anunciou a abertura de negociações diretas com o Cern. Na ocasião, o ministro Marco Antonio Raupp afirmou que, da parte brasileira, só dependia de um bom plano financeiro para conseguir a aprovação do investimento necessário para o projeto.

Em março, o Brasil enviou ao Cern sua aplicação oficial, um documento que descreve o estado da ciência brasileira. O relatório está em fase de análise pelo Cern, que agora no segundo semestre vai enviar um grupo técnico para visitar e avaliar as condições dos principais institutos de pesquisa, indústrias e agências de fomento nacionais. Se a avaliação for positiva, se inicia a negociação financeira para a adesão brasileira, que vai ser decidida, em última instância, pelo Congresso Nacional.

Participação brasileira custaria em torno de R\$ 30 milhões anuais

Normalmente, a cota anual paga por países associados é calculada com base em seus respectivos PIBs. No caso do Brasil, segundo estimativa do grupo de trabalho que organiza o processo, o valor deve ficar em torno de R\$ 30 milhões ao ano. Pode parecer muito dinheiro, mas a quantia está de acordo com a política adotada recentemente pelo MCTI.

O ministério tem chamado atenção pelo apoio a grandes projetos científicos, como a entrada do Brasil no consórcio de países que participam do Observatório Europeu do Sul (ESO), uma jogada que, se aprovada pelo Congresso, deve custar mais de R\$ 500 milhões em dez anos.

Vantagens

Hoje o Brasil tem cerca de 100 pesquisadores trabalhando em cinco experimentos do Cern por meio de financiamento de agências nacionais ou bolsas em universidades europeias. Também já fornecemos equipamentos para a instituição, como o *chip* Carioca (CERN And RIO Current-mode Amplifier) usado no LHC.



Imagem mostra a área ocupada pelo Cern, entre a Suíça e França, vista de cima. Brasil já tem pesquisadores em todos os experimentos sinalizados na foto. (foto: Cern)

Se o país se associar ao Cern, terá mais vantagens. Cientistas poderão concorrer a bolsas de emprego e pesquisa na instituição e terão direito a voz (mas não voto) nas reuniões do Conselho Superior.

Indústrias nacionais também terão a chance de concorrer em licitações para prover material e participar da montagem de equipamentos dos laboratórios do centro. Um dos possíveis nichos de atuação da indústria seria a venda de nióbio, mineral resistente usado nos instrumentos do Cern, cujo maior exportador mundial é o Brasil.

Shellard: “O Brasil deixou de ser um país ‘em desenvolvimento’ e temos que pensar e agir como adultos científicos, protagonistas da nossa agenda de pesquisa”

O físico Ronald Shellard, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), que coordena o grupo de trabalho do MCTI para adesão ao Cern, acredita que o projeto vai dar gás à ciência nacional e destaca que é também um importante movimento político.

“O Brasil deixou de ser um país ‘em desenvolvimento’ e temos que pensar e agir como adultos científicos, protagonistas da nossa agenda de pesquisa”, afirma. “A agenda dos grandes problemas científicos é determinada em fóruns que exigem colaboração internacional onde tenhamos presença ativa e a participação no Cern é um passo importante nessa direção.”

‘Poréns’

Apesar dos potenciais benefícios, há quem seja contra a adesão do Brasil à instituição. O físico Alair Chaves, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é um dos maiores críticos do projeto. Em texto publicado no *Jornal da Ciência*, Chaves defende que o Brasil precisa desenvolver pesquisa e tecnologia internamente antes de participar de consórcios internacionais tão dispendiosos.

“Argumenta-se que como membro associado poderemos competir em licitações do Cern, mas competir é uma coisa, ser competitivo é outra”, afirma. “O Brasil precisa formar muito mais pesquisadores do que tem formado e mais bem preparados. Temos de formular nossa própria agenda científica. Quando estivermos preparados para disputar o campeonato da primeira divisão em ciência, aí sim a concessão de quantias vultosas a projetos internacionais poderá servir aos interesses do país.”

Chaves: “Argumenta-se que como membro associado poderemos competir em licitações do Cern, mas competir é uma coisa, ser competitivo é outra”

Shellard rebate a crítica e defende que o ingresso brasileiro é uma grande oportunidade para o crescimento da ciência nacional. “Dizer que o Brasil não tem competência para participar de competição por demandas do Cern reflete a visão de que devemos ser apenas um exportador de *commodities*”, diz. “Será mais caro não tomar uma oportunidade como esta do que o custo que a ela é atribuído.”

O físico Alberto Santoro, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), que lidera uma equipe de brasileiros no Cern, no experimento CMS (que contribuiu com dados para o anúncio do bóson), também é favorável à entrada do Brasil na instituição. Mas pondera que o processo deve ser bem pensado administrativamente.

“O Brasil já deveria ter se associado ao Cern há muito tempo, só perdemos em tardar a fazer isto”, afirma. “No entanto, devem ser tomadas medidas administrativas e burocráticas como a criação de comitês compostos e dirigidos por quem trabalha na área de física de altas energias. Há mais de 30 anos lutamos com a dificuldade de sermos dirigidos por colegas que nunca fizeram uma experiência na área; isso dificulta e desgasta a nossa atividade.”

Os financiamentos de projetos na área da física de altas energias no Brasil são coordenados pela Rede Nacional de Física de Altas Energias (Renafae), composta por representantes da comunidade científica. Alguns físicos se queixam que já hoje a rede prioriza as pesquisas desenvolvidas no Cern. Essa é uma das ressalvas do físico João dos Anjos, do CBPF, ao ingresso brasileiro.

“Não se deve apostar tudo na colaboração com o Cern”, diz. “Há muitas outras pesquisas de altas energias feitas fora do Cern, como o estudo dos neutrinos, que não devem ser deixados para trás.”

Ainda assim, dos Anjos torce para que o projeto vá para frente: “Fora essas questões de conjuntura, acho que o acordo é um passo importante para uma atuação ‘global’ e a internacionalização da ciência no Brasil, pelo menos nessa área.”

Sofia Moutinho
Ciência Hoje On-line

