

**UNESP**  
**Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá**

**FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE DE  
MATERIAIS PARA APOIO DIDÁTICO**

Felipe Gabriel Fonseca de Souza

**Guaratinguetá**  
**2011**

FELIPE GABRIEL FONSECA DE SOUZA

FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE DE  
MATERIAIS PARA APOIO DIDÁTICO

Trabalho de Graduação  
apresentado ao Conselho de Curso  
de Graduação em Física da  
Faculdade de Engenharia do  
Campus de Guaratinguetá,  
Universidade Estadual Paulista,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do diploma de Graduação  
em Licenciatura em Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valéria Silva Dias

Guaratinguetá

2011

S729f

Souza, Felipe Gabriel Fonseca de

Física de partículas no ensino médio: uma análise de materiais para apoio didático / Felipe Gabriel Fonseca de Souza. – Guaratinguetá : [s.n.], 2011

117 f.: il.

Bibliografia: f. 93-96

Trabalho de Graduação em Licenciatura em Física – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011

Orientador: Profa. Dra. Valéria Silva Dias


1. Partículas (Física nuclear) 2. Ensino médio I. Título

CDU 539.12

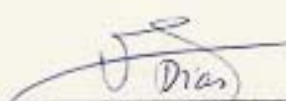
FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE DE  
MATERIAIS PARA APOIO DIDÁTICO

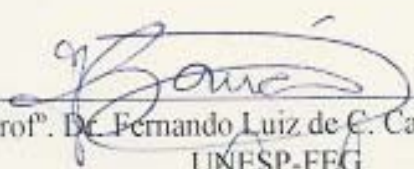
FELIPE GABRIEL FONSECA DE SOUZA


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO  
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**GRADUADO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**  
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO  
DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA.

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Cristina de C. Carvalho  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valéria Silva Dias  
Orientadora/UNESP-FEG

  
Prof.<sup>o</sup> Dr. Fernando Luiz de C. Carvalho  
UNESP-FEG

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Cristina de C. Monteiro  
UNESP-FEG

Aos meus pais Adailton Gabriel e Dilza

## AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a Deus por me conceder a saúde do corpo e da alma. Agradeço pela minha vida, minha família e pelas pessoas que se importam comigo.

À minha orientadora professora Valéria Silva Dias, pois esta me ensinou o mais importante, o que realmente fazer com o meu diploma.

Devo toda gratidão e respeito, pois sempre estive disposta a sanar minhas dúvidas e a me dar conselhos sobre rumos da minha vida acadêmica. Admiro sua brilhante postura diante da profissão, pois exerce com muito entusiasmo e garra. Agradeço a sua dedicação para minha formação e crescimento como cidadão.

Aos professores da banca, Fernando, Isabel, Júlio e Marco Aurélio, por lerem o trabalho e contribuírem com suas análises e críticas.

À professora Maria Cecília agradeço pelas suas excelentes aulas e à professora Marisa à sua imensa paciência e dedicação.

Agradeço muito aos meus pais e à minha irmã, pois sempre me deram forças e incentivo para que eu continuasse e concluísse o curso.

Aos meus amigos Ana Paula e Fábio Lúcio que estiveram sempre presentes.

Realmente estou muito alegre e contente por concluir o curso e poder compartilhar minha felicidade com as pessoas as quais eu admiro.

“Não sei como o mundo me vê.  
Mas vejo-me como um menino  
que brinca à beira do mar,  
encontrando aqui uma concha mais bonita,  
ali uma pedra mais arredondada,  
enquanto o vasto oceano da verdade  
permanece inexplorado à minha frente”

(atribuído a Isaac Newton, 1643 – 1727)

**SOUZA, F. G. F. Física de Partículas no Ensino Médio: uma análise de materiais para apoio didático.** 2011. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Física) – Faculdade de Engenharia de Guatinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guatinguetá, 2011.

### **RESUMO**

Este trabalho consistiu em analisar cinco materiais que tratam de assuntos relacionados à Física de Partículas, visando explorar suas potencialidades para uso no Ensino Médio, particularmente por professores de Física. Nessa perspectiva, buscamos descrever os conteúdos de cada material e indicar suas potencialidades enquanto material de apoio didático. Os materiais são: 1. A proposta da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, apresentada no Caderno do Professor do Programa “São Paulo faz escola”; 2. O jogo “Sprace Game”, elaborado pelo Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN); 3. O livro “O discreto charme das partículas elementares”, de autoria da professora Maria Cristina Abdalla; 4. O vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, baseado no livro da professora Maria Cristina Abdalla que foi produzido pela TV Cultura em parceria com o Ministério da Educação (MEC); 5. O livro “Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC”, de autoria dos professores Wagner Franklin Balthazar e Alexandre Lopes de Oliveira, da coleção CBPF – Tópicos de Física. O trabalho foi construído em uma perspectiva qualitativa, ou seja, não procurou quantificar a ajuda que cada material pode oferecer ao ensino de Física, buscou-se descrever e analisar, a partir de diferentes referenciais teóricos, sua potencialidade para uso no Ensino Médio. Os resultados indicam que todos os materiais analisados podem contribuir para o ensino de Física e, como possuem formatos e abordagens distintas do assunto, podem ser usados na totalidade ou em partes, em conjunto ou separadamente, dependendo dos objetivos a serem alcançados e do perfil do público alvo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Material de apoio didático. Física de partículas. Ensino Médio.



SOUZA, F. G. F. **Particle Physics in the High School levels: analysing materials for didactic support.** 2011. Completion of Course Paper (Physics Teaching Course) – Faculdade de Engenharia de Guatinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guatinguetá, 2011.

### **ABSTRACT**

This work consisted in analysing five materials which mean respect to subjects related to Particle Physics, aiming to explore their potentialities for the use in the "High School" levels, particularly by physics teachers. On this perspective, we sought to describe the contents of each material and point out their potentialities as material of didactic support. They are: 1. The purpose of "Secretaria da Educação do Estado de São Paulo", presented in the Teacher's Guide of the Program "São Paulo faz escola"; 2. The Game "Sprace Game", elaborated by the European Organization for Nuclear Research (CERN); 3. The book "O discreto charme das partículas elementares", written by the professor Maria Cristina Abdalla; 4. The video "O discreto charme das partículas elementares", based on the book of Professor Maria Cristina Abdalla which was produced by "TV Cultura" in association with the "Ministério da Educação e Cultura" (MEC). The book "Partículas elementares no ensino médio: uma abordagem a partir do LHC" written by Wagner Franklin Balthazar and Alexandre Lopes de Oliveira, from the collection "CBPF - Tópicos de Física". The work was constructed on a qualitative perspective, that is, it did not attempt to quantify the help that each material could offer to Physics teaching. One sought to describe and analyse, from different theoretical frames, their potentialities for the use in the "High School" level. The results indicate that all the materials analysed can contribute to the Physics teaching, and beyond, as they own format and approaches distinct from the subject, they can be used as a whole or in parts, together or separately, depending on the objectives to be reached and on the profile of the target public.

**KEYWORDS:** Materials for didactic support. Particle Physics. "High School" level.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Sumário do caderno da 3ª série - volume 4 – 2009 .....	18
FIGURA 2 - Quadro síntese da atividade.....	19
FIGURA 3 - Roteiro destinado aos alunos.....	20
FIGURA 4 - Proposta de recuperação.....	21
FIGURA 5 - Partículas de referência, conjunto de seis trajetórias.....	35
FIGURA 6 - Imagens das trajetórias das partículas desconhecidas .....	36
FIGURA 7 - Os quarks e suas características .....	39
FIGURA 8 - Os hádrons.....	40
FIGURA 9 - Número Leptônico.....	41
FIGURA 10 - O Modelo Padrão .....	42
FIGURA 11 - Revista VEJA edição 2066 – Matéria: A busca da “partícula de Deus.....	49
FIGURA 12 - Matéria da Revista VEJA 25/06/2008, explicando a teoria do Big-Bang....	49
FIGURA 13 - Revista VEJA edição 2066, 25/06/2008 – Matéria: Do micro ao macro .....	50
FIGURA 14 - Sprace Game.....	53
FIGURA 15 - Capa do livro “O discreto charme das partículas elementares” .....	66
FIGURA 16 - Representação pictórica do elétron.....	67
FIGURA 17 - Representação pictórica do tau.....	67
FIGURA 18 - Representação pictórica do neutrino do múon .....	67
FIGURA 19 - Representação pictórica do glúon.....	67
FIGURA 20 - Modelo Padrão das partículas elementares .....	68
FIGURA 21 - Interação entre dois elétrons intermediada por um fóton.....	70
FIGURA 22 - Interação fraca, Interação forte e Interação gravitacional, intermediadas por um W, por um glúon e por um gráviton respectivamente .....	71
FIGURA 23 - Capa do vídeo “O discreto charme das partículas elementares” .....	75
FIGURA 24 - Atores. Da esquerda para direita: Giovanni Delgado, Sheyla Coelho Marcelo Tas e professora Maria Cristina Abdalla .....	76
FIGURA 25 - Atriz Gabriela França .....	77
FIGURA 26 - Cena do vídeo.....	77
FIGURA 27 - Cena do vídeo com apresentador Marcelo Tas .....	77
FIGURA 28 - Capa do livro: “Partículas elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC” .....	81

FIGURA 29 - Mapa conceitual sobre a proposta do livro: do LHC e modelo padrão ao bóson de Higgs.....	83
FIGURA 30 - Partículas do Modelo Padrão.....	84
FIGURA 31 – Modelo Padrão.....	99

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Conteúdo do 1º bimestre .....	22
TABELA 2 - Conteúdo do 2º bimestre .....	23
TABELA 3 - Conteúdo do 3º bimestre .....	24
TABELA 4 - Conteúdo do 4º bimestre .....	24
TABELA 5 - Conteúdo do 1º bimestre .....	25
TABELA 6 - Conteúdo do 2º bimestre .....	26
TABELA 7 - Conteúdo do 3º bimestre .....	26
TABELA 8 - Conteúdo do 4º bimestre .....	27
TABELA 9 - Conteúdo do 1º bimestre .....	27
TABELA 10 - Conteúdo do 2º bimestre .....	28
TABELA 11 - Conteúdo do 3º bimestre .....	28
TABELA 12 - Conteúdo do 4º bimestre .....	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

CERN - European Organization for Nuclear Research

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

EM - Ensino Médio

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FEG - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

HFC - História e Filosofia da Ciência

IBM - International Business Machines

LHC - Large Hadron Collider

n.p. - não paginado

NTIC - Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

SPRACE - São Paulo Research and Analysis Center

SARESP – Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

UNESP – Universidade Estadual Paulista

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 A PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO “SÃO PAULO FAZ ESCOLA”</b> .....	17
2.1 CADERNOS DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO .....	21
2.2 CADERNOS DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO .....	24
2.3 CADERNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO .....	27
2.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA PROPOSTA .....	42
<b>3 SPRACE GAME - O JOGO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES</b> .....	53
3.1 O JOGO .....	54
3.2 DISCUSSÃO SOBRE O USO DOS JOGOS EM SALA DE AULA .....	60
<b>4.O DISCRETO CHARME DASPARTÍCULAS ELEMENTARES</b> .....	<b>66</b>
4.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO LIVRO .....	71
<b>5. VÍDEO O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES</b> .....	75
5.1 DISCUSSÃO SOBRE O USO DO VÍDEO NO ENSINO DE FÍSICA .....	77
<b>6. PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO LHC</b> .....	81
6.1 DISCUSSÃO SOBRE O LIVRO .....	86
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	90
<b>REFERÊNCIASBIBLIOGRÁFICAS</b> .....	93
<b>APENDICE</b> .....	97

## 1. INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre o ensino de Física desenvolvidas no país (PEREIRA e OSTERMANN, 2009) têm apontado a bastante tempo a necessidade de modificação dos currículos, principalmente, no que se refere à necessidade de inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea em todos os níveis de ensino.

No Ensino Médio a situação é bastante preocupante, pois as pesquisas apontam, freqüentemente, que as aulas de física não têm relações com outras áreas do conhecimento e tampouco com a tecnologia desenvolvida nos últimos anos (LOZADA e ARAÚJO, 2007). Esse descompasso entre o conhecimento que estamos produzindo e o que estamos ensinando colabora para que o aluno não perceba a relação entre o que ele vivencia e o que ele aprende na escola.

Dentre os tópicos de Física Contemporânea, o Modelo Padrão das Partículas Elementares se apresenta como potencialmente interessante para inserção no Ensino Médio. De um lado porque existe uma curiosidade natural da humanidade sobre a constituição da matéria, sobre a origem do universo e, de outro lado, porque estamos vivendo a era dos grandes aceleradores de partículas, capazes de produzir energia da ordem de grandeza comparável com aquela que acreditamos ser a energia do início do universo.

Recentemente, vários materiais sobre Física de Partículas foram produzidos, alguns com a intencionalidade explícita de darem suporte ao ensino de Física de nível médio, outros com objetivo apenas de ampliar a divulgação científica.

Entender o que são as partículas elementares e suas interações com a matéria nos permite saber que tudo que temos a nossa volta é feito de partículas e, conseqüentemente, nos permite conhecer melhor o mundo em que vivemos. Em outras palavras, trata-se de estar capacitado para entender as novas e modernas tecnologias, como a televisão de plasma, as telas sensíveis ao toque, os notebooks, os lasers, a ressonância magnética nuclear, ou ainda, conhecer a origem da World Wide Web, mais conhecida como www.

Verifica-se que desde a antiguidade o homem se questiona sobre os possíveis “tijolos fundamentais” que constituem a matéria. Por volta de 600 a.C, Tales de Mileto

tentou explicar que tudo era constituído de água, o elemento primordial. Para Anaximandro, tudo era constituído pelo *apeíron*, substância que segundo ele preenchia todo o universo. Anaxímenes, outro filósofo grego, acreditava que a *arché* (elemento primordial) era o ar.

Além destes, outros filósofos também propuseram explicações para os constituintes da matéria, como Heráclito, Parmênides e Empédocles. Este último, por volta de 450 a.C. propunha que todas as coisas eram formadas por quatro elementos básicos: terra, água, fogo e ar, somados à existência de duas forças fundamentais: o amor (uma força atrativa) e o ódio (força repulsiva).

Em 1808, Dalton retoma a ideia de átomo, proposta primeiramente por Leucipo e Demócrito no século V a.C., como sendo a menor porção da matéria. Essa ideia perdurou até Thomson “quebrar” o átomo e descobrir, em 1898, a primeira partícula realmente elementar, o elétron.

A partir daí os cientistas propuseram modelos cada vez melhores que explicassem a estrutura do átomo. Modelos mais consistentes que outros, como por exemplo, o modelo de Rutherford que explicava alguns fenômenos que o modelo de Thomson não dava conta de explicar. O mesmo aconteceu com Bohr, que elaborou um modelo que prevaleceu sobre o de Rutherford.

Percebe-se, portanto, que para compreender a natureza, o homem sempre questionou e continua questionando sobre “do que tudo é feito”? Desde a descoberta da primeira partícula elementar os cientistas exploram a matéria em busca de novas partículas. Em 1905 descobriram o fóton, outra partícula elementar, assim como descobriram outras partículas consideradas não elementares. A partir da década de 1950, com o avanço tecnológico dos aceleradores de partículas, outras centenas de partículas foram descobertas, permitindo aos cientistas compreenderem cada vez mais a estrutura da matéria e suas interações no mundo subatômico.

Entre as décadas de 1960 e 1970, foi construído um modelo que abrigou todas as partículas elementares conhecidas. Esse modelo, chamado de Modelo Padrão das Partículas Elementares, é constituído por 61 partículas, das quais 60 já foram detectadas.

O LHC (Grande Colisor Hádrons), acelerador de partículas do CERN (European Organization for Nuclear Research), é mais uma importante etapa dessa história, que permitirá aos cientistas entender fenômenos que ocorreram a bilhões de anos atrás,



como o início do universo. É nele que físicos pretendem detectar a única partícula prevista pelo modelo padrão ainda não detectada: o bóson de Higgs.

O LHC é considerado o maior experimento já construído pelo homem. Foram necessários grandes investimentos e mobilização de muitas pessoas do mundo todo para criação de novas e sofisticadas tecnologias para seu funcionamento, a exemplo da *www*, citada anteriormente, criada para possibilitar aos pesquisadores se comunicarem de maneira rápida e eficiente.

A divulgação deste empreendimento na mídia foi grande, a tal ponto de ser manchete nos principais veículos de comunicação, como as revistas e os telejornais. O assunto também começou a fazer parte das discussões nas escolas, por meio de questionamentos sobre a possibilidade de criação de buracos negros que poriam fim ao universo, sobre a recriação do Big Bang, etc.

Para que o professor estivesse preparado para lidar com o assunto em questão, fez-se necessário a produção de materiais de apoio. Um deles foi desenvolvido por meio do projeto “Estrutura Elementar da Matéria: um cartaz em cada escola”, que tinha como objetivo a distribuição, em 2005, de cópias de um cartaz (acompanhado de um folheto explicativo e instruções para participação em chats de discussão) para as 24.131 escolas de Ensino Médio brasileiras cadastradas no MEC/INEP na ocasião.

Nesse trabalho analisamos cinco materiais distintos que tratam de Física de Partículas, buscando oferecer uma descrição dos mesmos e discutir, a partir de referenciais teóricos que dão suporte às pesquisas sobre materiais para o ensino de Física, sua potencialidade como material de apoio didático.

Não tendo a intenção de comparar os materiais entre si, optamos por selecionar materiais que abordassem a Física de Partículas sob diferentes aspectos e possuíssem diferentes formatos de apresentação. Foram selecionados dois livros impressos em papel, um vídeo (disponível em DVD e também na internet), um jogo para computador (disponível na internet) e uma proposta curricular (implantada no estado de São Paulo, com material impresso na forma de cadernos para os professores e para os alunos).

O trabalho foi construído em uma perspectiva qualitativa e buscou-se suporte teórico em pesquisas que tratam da inserção de FMC (Física Moderna e Contemporânea) no Ensino Médio e em estudos sobre os papéis dos materiais didáticos como apoio ao ensino de ciências.

No capítulo 1 tratamos da proposta curricular do estado de São Paulo, chamada “São Paulo faz escola”. Primeiramente, apresentamos a descrição do material e, posteriormente, analisamos a proposta à luz dos PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio) mostrando a compatibilidade entre os documentos.

No segundo capítulo analisamos o SPRACE GAME. Descrevemos o jogo em detalhes, apresentando os textos, as tabelas e objetivos a serem atingidos. Em seguida, apoiados em resultados de pesquisas, tentamos mostrar a potencialidade dessa ferramenta para o ensino de física de partículas.

No capítulo seguinte, tratamos de descrever de forma geral o conteúdo do livro “O discreto charme das partículas elementares”. Após apresentarmos a estrutura básica do livro e os conteúdos abordados no mesmo, discutimos algumas das formas como o professor poderia utilizá-lo como material de apoio.

No quarto capítulo fizemos a descrição do vídeo intitulado “O discreto charme das partículas elementares”, baseado no livro da professora Maria Cristina Abdalla. Discutimos brevemente sobre o uso de vídeos em sala de aula e analisamos possibilidades para utilização desse vídeo em particular.

Finalmente descrevemos a estrutura do livro “Partículas elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC” e mostramos que o livro também pode ser utilizado como material de apoio didático, principalmente, se o professor quiser enfatizar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, também conhecida como abordagem CTS.

Acreditamos que esses materiais, dentre outros possíveis, podem ser utilizados como fontes de informações para os professores e alunos de Física. Eles podem proporcionar o conhecimento de alguns processos de desenvolvimento da ciência atual nessa área e sobre como as tecnologias advindas da produção científica impactam no seu dia-a-dia, diminuindo a distância entre o conhecimento que se produz e o que ensina nas escolas.

Esperamos que, assim como contribuiu para nossa formação como professor, esse trabalho possa contribuir na formação/atuação de professores interessados em escolher materiais para tratar assuntos ligados à Física de Partículas no Ensino Médio.

## 2. A PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO - “SÃO PAULO FAZ ESCOLA”

Com o intuito de melhorar a qualidade do ensino da rede pública do estado de São Paulo, professores e profissionais da secretaria da educação se mobilizaram a fim de consolidar um projeto que fosse colocado em prática nas escolas. A ideia de fazer uma proposta curricular teve início após a análise dos resultados das provas SAEB (hoje conhecida como Prova Brasil), do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e de outras avaliações que ocorreram no ano de 2007. A partir de então, o Governo do Estado de São Paulo decidiu criar 10 metas para a educação paulista a serem atingidas até o ano de 2010. O objetivo era organizar melhor o sistema educacional do estado. Um dos resultados foi a base curricular atualmente utilizada em todas as escolas do estado de São Paulo.

Em se tratando especificamente dos **Cadernos dos Professores**, objetos de nossa análise, podem-se citar algumas características comuns a todos eles. No início de todos os **Cadernos**, ex-secretários da Educação, tais como, Maria Helena Guimarães de Castro e Paulo Renato Souza, apresentam uma breve motivação aos professores que usarão os Cadernos como material didático em suas aulas. Ressaltam a importância do professor como profissional, do trabalho em equipe, assim como de um ensino de qualidade, destacando sempre a preocupação em relação à aprendizagem dos alunos.

Todos os Cadernos possuem uma seção destinada a orientar os professores sobre os conteúdos trabalhados em cada bimestre, deixando explícito o objetivo central de cada **Situação de Aprendizagem**. No total são quatro cadernos por série, um para cada bimestre do ano. Todos eles estão divididos por **Temas** que por sua vez contêm Situações de Aprendizagem, com atividades a serem desenvolvidas em sala de aula.

Apresentamos, a seguir, um exemplo de como está estruturado o Sumário apresentado nos Cadernos dos Professores.

SUMÁRIO	
São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do Caderno	8
Tema 1 – Partículas elementares	10
Situação de Aprendizagem 1 – A matéria em uma perspectiva histórica	10
Situação de Aprendizagem 2 – A Ciência no Brasil	14
Situação de Aprendizagem 3 – Novas partículas no cenário da física	17
Situação de Aprendizagem 4 – Transformações de partículas	24
Situação de Aprendizagem 5 – O modelo dos <i>quarks</i>	27
Situação de Aprendizagem 6 – Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento	32
Tema 2 – Microeletrônica e informática	35
Situação de Aprendizagem 7 – Os meios de comunicação	35
Situação de Aprendizagem 8 – Transistores: o ouvido eletrônico	38
Situação de Aprendizagem 9 – A informação e a tecnologia na vida atual	42
Grade de Avaliação	44
Propostas de Situações de Recuperação	46
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	47

Figura 1 – Sumário do caderno de Física para 3ª série do E.M., volume 4, 2009.

No início de cada Tema é apresentado um resumo geral daquilo que se pretende trabalhar nas Situações de Aprendizagem.

Por sua vez, em cada Situação de Aprendizagem é explicitada, de forma sucinta, uma visão geral do que será trabalhado em um quadro-síntese. Neste quadro-síntese é apresentado o tempo previsto da atividade, os conteúdos a serem desenvolvidos na aula, as competências e habilidades a serem desenvolvidas, as estratégias utilizadas para desenvolver as competências desejadas, o recurso utilizado, assim como os principais pontos a serem avaliados pelo professor.

Segue abaixo um exemplo de **quadro-síntese** apresentado no Caderno do Professor.

<p>Tempo Previsto: 3 aulas.</p> <p>Conteúdos e temas: as concepções da matéria em diferentes períodos históricos.</p> <p>Competências e habilidades: compreender os processos de construção da ciência em uma perspectiva histórica de longa duração.</p> <p>Estratégias: pesquisa prévia e organização coletiva.</p> <p>Recursos: roteiro de pesquisa e acesso à internet e outras fontes de pesquisa, fora do ambiente escolar.</p> <p>Avaliação: avaliar a habilidade em obter informações sobre um tema predeterminado e capacidade de sistematização e organização em forma de um painel.</p>
--

Figura 2 – Quadro-síntese da 2ª Situação de Aprendizagem do Caderno do 4º bim. da 3ª série do E. M., cujo tema é “A Ciência no Brasil”.

Após o quadro-síntese um texto é apresentado de forma a motivar/desafiar e nortear os trabalhos. Isso é feito por meio de perguntas desafiadoras, pela retomada de conceitos utilizados em aulas anteriores ou através da demonstração de uma experiência. No Caderno do Professor essa motivação se apresenta na seção chamada de “**Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem**”.

Em seguida é apresentado um **Roteiro** com perguntas e problemas que se destina aos alunos. No Caderno se sugere que, após as discussões sobre o assunto de cada aula, o professor distribua estes roteiros para os alunos.

<p><b>Roteiro 6 – Novas descobertas em aceleradores de partículas</b></p> <p>A Física já respondeu todas as questões sobre como a matéria se comporta? A resposta, claramente, é não. Muitos cientistas buscam respostas às questões que ainda estão em aberto. Você sabe quais são essas questões? Você sabe como os cientistas têm trabalhado para resolvê-las? Nesta Situação de Aprendizagem, iremos descobrir isso por meio da pesquisa e leitura de notícias recentes sobre os desenvolvimentos da ciência.</p> <p><b>Mãos à obra</b></p> <p>Depois da leitura do texto pesquisado sobre os novos experimentos em acelera-</p>	<p>dores de partículas, responda às seguintes questões:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Você reconheceu alguma das ideias discutidas neste Caderno em uma destas reportagens? Quais?</li> <li>2. O que é um acelerador de partículas? Quais os tipos de aceleradores que existem?</li> <li>3. Quais são as questões que os cientistas que trabalham nestes aceleradores buscam responder?</li> <li>4. Quantas vezes o LHC é mais energético que o ciclotron descrito na Situação de Aprendizagem 2?</li> </ol>
--	--

Figura 3 - Roteiro destinado aos alunos, retirado da 6ª Situação de Aprendizagem cujo tema é


“Aceleradores de Partículas: novas perspectivas para o conhecimento”.

Na seqüência do Caderno do Professor há um item chamado “Encaminhando a ação”, este por sua vez explicita como o professor poderá conduzir a Situação de Aprendizagem.

Vale lembrar que em todos os Cadernos há uma proposta de questões para serem utilizadas como uma forma de avaliação. Para aqueles alunos que não conseguirem atingir as competências e as habilidades de forma adequada, há uma proposta de recuperação ao final de cada Caderno. Ali o professor encontra um guia que o ajudará na elaboração da avaliação, assim como dicas de livros texto, exercícios e sites a serem pesquisados para a elaboração da avaliação.

Abaixo mostramos as **Propostas de Situações de Recuperação**, extraído de uma Situação de Aprendizagem do Caderno do 4º bimestre, da 3ª série do E. M.





## PROPOSTAS DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

Para retomar a discussão sobre a descoberta do méson  $\pi$  por César Lattes, é possível abordar com os alunos a leitura de artigos de divulgação científica sobre este tema. Muitos textos já foram publicados e você pode selecionar algum que seja de seu interesse. Contudo, sugerimos os artigos 1947 – O ano do méson  $\pi$ , publicado eletronicamente (disponível em: <<http://www.cbpf.br/meson/meson.html>>. Acesso em: 30 jul. 2009.), e Lattes, nosso herói na era nuclear, publicado no volume 6, nº 2, da revista Física na Escola, em outubro de 2005. (disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num2/a16.pdf>> Acesso em: 30 jul. 2009.).

Para a discussão sobre os tipos de partícula existentes e suas características, o professor pode solicitar aos alunos que façam um mapa conceitual. Nele, devem organizar as partículas em grandes categorias como bósons e férmions, bárions e mésons, hádrons e léptons. Podem utilizar uma cartolina e fazer uma representação esquemática delas.

O conceito de partícula elementar pode ser trabalhado por meio de uma pesquisa. Os alunos podem consultar diferentes livros, enciclopédias e dicionários buscando definições para as palavras partícula e elementar. Em uma aula coletiva, podem discutir sobre as definições encontradas e, individualmente, podem redigir sua definição pessoal.

A discussão sobre *quarks* e modelo padrão pode ser trabalhada com o apoio de livros de divulgação científica que apresentem este tema em linguagem simples. Entre eles, destacamos o livro *Alice no país do quantum*, de Robert Gilmore. O professor pode selecionar trechos que considere importantes para a discussão com os alunos.

O debate sobre os sistemas analógico e digital pode ser retomado sob a forma de um projeto, no qual os alunos devem criar um sistema de comunicação baseado em uma linguagem binária. Pode-se realizar, por exemplo, uma comunicação baseada em sinais de luz, com o auxílio de uma lanterna. Ao acender e apagar a lanterna, é possível ter dois tipos de sinais distintos para a transmissão de informação.

Figura 4 – Proposta de recuperação.

Todas as características citadas e a estrutura descrita acima estão presentes nos doze cadernos destinados aos professores de Física.

A seguir, daremos início à descrição de cada Caderno separadamente. Começaremos pelos Cadernos destinados à 1ª série do E.M., em seguida descreveremos os Cadernos da 2ª série do E. M. e, finalmente, os Cadernos de maior interesse para nosso trabalho, os destinados à 3ª série do E. M.

O Caderno do quarto bimestre da 3ª série, cujo tema é “Partículas Elementares”, será descrito de forma minuciosa.

## 2.1 CADERNOS DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

O Caderno do primeiro bimestre está dividido em três partes: a primeira, com o Tema: **Grandezas do movimento - identificação, caracterização e estimativa de**

**valores**, é composta de três Situações de Aprendizagem; a segunda, com o tema **Quantidade de movimento linear: variação e conservação**, é desenvolvida em cinco Situações de Aprendizagem; e a terceira, com o tema **Leis de Newton**, é desenvolvida em duas Situações de Aprendizagem.

O Caderno do segundo bimestre está dividido em duas partes: a primeira, com o tema **Trabalho e energia mecânica**, é composta por três Situações de Aprendizagem, e a segunda, com o tema **Equilíbrio estático e dinâmico**, é desenvolvida em quatro Situações de Aprendizagem.

Já o Caderno do terceiro bimestre tem como objetivo desenvolver noções básicas sobre o Universo. E para isso, o caderno foi dividido em duas partes: a primeira, com o tema **Universo: elementos que o compõem**, é composta por cinco Situações de Aprendizagem; e a segunda, com o tema **Interação gravitacional**, é desenvolvida em apenas uma Situação de Aprendizagem.

Finalmente, no quarto e último Caderno da 1ª série, propõe-se uma continuidade dos conteúdos trabalhados no caderno anterior. O caderno está dividido também em duas partes: a primeira, com o tema **Universo, Terra e vida: Sistema Solar**, é composta por três Situações de Aprendizagem e a segunda, com o tema **Universo, Terra e vida: origem do Universo e compreensão humana**, é desenvolvida em duas Situações de Aprendizagem.

Os conteúdos podem ser melhores visualizados nos quadros que seguem abaixo.

#### 1º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores</b>	1. Levantamento e classificação dos movimentos do cotidiano
	2. Identificando as variáveis relevantes de um movimento
	3. Estimando valores de grandezas dos movimentos
	4. Alterando os movimentos
	5. A força de uma interação



<b>Tema 2 – Quantidade de movimento linear: variação e conservação</b>	6. Compensando os movimentos na ação de forças internas
	7. A conservação do movimento linear
	8. Conhecimento físico ajuda a julgar ações do nosso dia-a-dia
<b>Tema 3 – Leis de Newton</b>	9. Análise das partes de um sistema de corpos
	10. Comparando as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento

Tabela 1 - Conteúdo do 1º bimestre

## 2º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Trabalho e energia mecânica</b>	1. Formas de energia envolvidas em movimento do cotidiano
	2. Conservação de energia em sistemas do cotidiano
	3. Riscos da alta velocidade em veículos
<b>Tema 2 – Equilíbrio estático e dinâmico</b>	4. A evolução das máquinas mecânicas
	5. Avaliando situações de equilíbrio estático
	6. O torque em situações de equilíbrio
	7. Ampliação de forças: Aumentando o deslocamento nas realizações de trabalho

Tabela 2 – Conteúdo do 2º bimestre

## 3º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Universo: elementos que o compõem</b>	1. Um passeio pela galáxia
	2. O que tem lá em cima?
	3. A Terra é uma bolinha
	4. O Sistema Solar
	5. Um pulinho a Alfa do Centauro
<b>Tema 2 – Interação gravitacional</b>	6. As aventuras de Selene

Tabela 3 – Conteúdo do 3º bimestre

## 4º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Universo, Terra e vida: Sistema Solar</b>	1. Matéria, movimento e Universo
	2. 2001: o futuro que já passou
	3. As leis de Kepler
<b>Tema 2 – Universo, Terra e vida: origem do Universo e compreensão humana</b>	4. Dimensões do espaço e do tempo
	5. A enciclopédia galáctica

Tabela 4 – Conteúdo do 4º bimestre

## 2.2 CADERNOS DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

O primeiro Caderno da 2ª série está dividido em três partes: a primeira trata do tema **Fenomenologia: calor, temperatura e fontes**, desenvolvida em quatro Situações de Aprendizagem; a segunda, com tema: **Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria**, é desenvolvida também em quatro Situações de Aprendizagem e a terceira, com o tema: **Aquecimento e clima**, é desenvolvida em três Situações de Aprendizagem.

O Caderno do segundo bimestre é dividido num total de três temas. O primeiro, **Calor como energia**, é composto de duas Situações de Aprendizagem. O segundo tema

**Máquinas térmicas**, é desenvolvido em quatro Situações de Aprendizagem. O terceiro e último tópico do caderno traz como tema **Entropia e degradação da energia**, e é composto por duas Situações Problemas.

Os conteúdos trabalhados no Caderno do terceiro bimestre são divididos em dois temas. O primeiro tema é **Som: fontes, características físicas e usos**, cujo desenvolvimento propõe cinco Situações de Aprendizagem. O segundo tema **Luz: fontes e características físicas** está dividido em quatro Situações de Aprendizagem.

O quarto e último Caderno da 2ª série é dividido em duas partes. A primeira traz como tema **Luz e cor**, e possui quatro Situações de Aprendizagem. Já o segundo tema, **Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas**, é composto por três Situações de Aprendizagem.

#### 1º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Fenomenologia: calor, temperatura e fontes</b>	1. Problematizando e classificando: Cadê o calor?
	2. Estimando temperaturas
	3. Construindo um termômetro
	4. Regulando a temperatura
	5. Reconhecendo e procurando o calor: cadê o frio?
	6. Conduzindo, “convectando”, irradiando: é o calor em trânsito!
	7. Quem libera calor?
<b>Tema 3 – Aquecimento e clima</b>	8. O mais energético.
	9. As brisas
	10. Temperaturas muito, muito baixas
	11. Multinacionais x ONGs: um confronto... de ideias!

Tabela 5 – Conteúdo do 1º bimestre

## 2º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 - Calor como energia</b>	1. O equivalente mecânico do calor
	2. A máquina de Heron
<b>Tema 2 – Máquinas térmicas</b>	3. Revolução Industrial e as máquinas térmicas
	4. Entrevista com um mecânico
	5. Entrevista com um técnico em refrigeração
<b>Tema 3 - Entropia e degradação da energia</b>	6. Pesquisando a potência e o rendimento
	7. Uma pergunta intrigante: Por que termos que economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?
	8. O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na Terra

Tabela 6 - Conteúdo do 2º bimestre

## 3º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Som: fontes, características físicas e usos</b>	1. Isso é barulho ou música?
	2. Uma entrevista musical
	3. Uma aula do barulho
	4. Fazendo um som
	5. Uma entrevista do barulho
<b>Tema 2 – Luz: fontes e características físicas</b>	6. Vendo o mundo
	7. A câmara escura
	8. Refletindo
	9. Refratando

Tabela 7- Conteúdo do 3º bimestre

## 4º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Luz e cor</b>	1. A caixa de cores
	2. Decompondo e misturando luzes e cores
	3. Sombras de várias cores
	4. Qual a lâmpada se usa?
<b>Tema 2 – Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas</b>	5. Fazendo onda... Bloqueando onda
	6. O espectro eletromagnético
	7. Evoluindo cada vez mais...

Tabela 8 – Conteúdo do 4º bimestre

### 2.3 CADERNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Os conteúdos a serem trabalhados na 3ª série do E. M. estão dispostos na forma apresentada nas tabelas a seguir. O Caderno que se refere ao conteúdo do quarto bimestre da terceira série do Ensino Médio, de agora em diante será chamado por nós de 4º Caderno da 3ª série. Este Caderno será analisado minuciosamente, uma vez que trata da temática principal desse trabalho.

## 1º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Circuitos elétricos</b>	1. Reconhecendo a eletricidade no dia-a-dia
	2. Entendendo as especificações dos aparelhos
	3. Analisando um circuito elétrico
	4. Choques elétricos
	5. Dimensionando o circuito doméstico

	6. Energia elétrica e a conta de luz mensal
<b>Tema 2 – Campos e forças eletromagnéticas</b>	7. Percepção dos campos e sua natureza
	8. Estimando grandezas

Tabela 9 – Conteúdo do 1º bimestre

## 2º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Campos e forças eletromagnéticas</b>	1. Conhecendo as linhas de campo do ímã
	2. Campo magnético de uma corrente elétrica
	3. Gerando eletricidade com um ímã
<b>Tema 2 – Motores e geradores (produção de movimento)</b>	4. Construindo um motor elétrico
	5. Entendendo os geradores elétricos
<b>Tema 3 – Produção e consumo de energia elétrica</b>	6. Compreendendo o funcionamento das usinas elétricas
	7. Compreendendo uma rede de transmissão
	8. Energia elétrica e uso social

Tabela 10 – Conteúdo do 2º bimestre

## 3º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Matéria, suas propriedades e</b>	1. Objetos que compõem o nosso mundo: semelhanças e diferenças
	2. Como podemos “ver” um átomo
	3. Dados quânticos

<b>organização. Átomo: emissão e absorção</b>	4. Identificando os elementos químicos dos materiais
	5. Um equipamento astronômico
	6. Astrônomo amador
	7. O poderoso <i>laser</i>
<b>Tema 2 – Fenômenos nucleares</b>	8. Formação nuclear
	9. Decaimentos nucleares: uma família muito estranha
	10. Desvendando o que há por dentro da “caixa-preta”

Tabela 11 – Conteúdo do 3º bimestre

## 4º Bimestre

	<b>Situação de Aprendizagem</b>
<b>Tema 1 – Partículas elementares</b>	1. A matéria em uma perspectiva histórica
	2. A Ciência no Brasil
	3. Novas partículas no cenário da física
	4. Transformações de partículas
	5. O modelo dos <i>quarks</i>
	6. Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento
<b>Tema 2 – Microeletrônica e informática</b>	7. Os meios de comunicação
	8. Transistores: o ouvindo eletrônico
	9. A informação e a tecnologia na vida atual

Tabela 12 – Conteúdo do 4º bimestre

Com o intuito de dar continuidade aos temas “Matéria” e “Radiação”, discutidos no Caderno anterior, o 4º Caderno do 3º ano foi dividido em dois temas: Partículas Elementares e Microeletrônica/Informática.

Partindo da ideia que os alunos já tiveram um contato com o estudo de fenômenos e modelos da escala atômica, o Caderno propõe o estudo de outras partículas não estudadas até então, tal como os quarks, e mostra que essas partículas podem ser tomadas como elementares na compreensão atual da Ciência.

O Caderno expõe os conceitos físicos, e os processos experimentais que possibilitam o estudo dessas partículas. Seguindo esta linha, se discutem os métodos de detecção destas partículas e os atuais experimentos realizados com aceleradores.

Para o estudo desse tema, são propostas seis Situações de Aprendizagem. A primeira consiste em uma pesquisa histórica sobre a concepção de matéria, que os alunos deverão realizar fora do horário de aula. A segunda busca problematizar o papel da Ciência no Brasil por meio de reportagens da época que relatam a relevância do trabalho de César Lattes na descoberta do méson  $\pi$ . Na terceira, propõe-se uma atividade prática para discutir os métodos de análise de partículas em câmeras de bolhas. A quarta trabalha as possíveis reações nas quais uma partícula pode se transformar em outra. A quinta discute de uma maneira analítica a formação de outras partículas, a partir de um conjunto de partículas fundamentais, os quarks. A sexta Situação de Aprendizagem discute, a partir de reportagens atuais, os experimentos que vêm sendo realizados para o estudo das partículas, em aceleradores.

A seguir, vamos descrever as seis Situações de Aprendizagem propostas no Caderno, destacando os principais pontos de cada atividade.

### **Situação de Aprendizagem 1 – A matéria em uma perspectiva histórica**

Na primeira atividade o aluno deverá ser capaz de compreender os processos de construção da ciência em uma perspectiva histórica e para tal são previstas três aulas no total. A pesquisa prévia e a organização coletiva são estratégias propostas nessa Situação de Aprendizagem. Os recursos usados serão um roteiro de pesquisa distribuído aos alunos, acesso à Internet e outras fontes de pesquisa, fora do ambiente escolar.

Nessa atividade irá se discutir como a matéria foi pensada ao longo da história da humanidade. Os alunos deverão pesquisar alguns marcos importantes da história



sobre o conhecimento do homem em relação aos constituintes da matéria e como se desenvolveu esse processo. Cada grupo deverá pesquisar um período histórico definido pelo professor, buscando compreender os seguintes aspectos:

1. Quais foram os mais importantes acontecimentos históricos da época.
2. Quem são os principais filósofos, pensadores ou cientistas do período.
3. Quais eram suas concepções sobre a matéria que compõem o Universo.

Para a realização desse trabalho, os alunos deverão selecionar imagens que representem o tema pesquisado relativamente ao período determinado para cada grupo. As imagens deverão ser levadas para a sala de aula e com elas os alunos irão construir uma linha do tempo que consistirá em um grande mural ilustrado representando todas as épocas.

É importante que as imagens selecionadas pelos alunos representem bem o que eles pesquisarão e que estudem bem o período histórico selecionado, pois em conjunto com o resto da classe eles poderão construir um grande mural.

O caderno do professor sugere que os grupos sejam organizados de acordo com quatro períodos históricos: a Antiguidade (4000 a.C. – 476 d.C.), a Idade Média (476 d.C. – 1453 d.C.), a Idade Moderna (1453 d.C. – 1789 d.C.) e a Idade Contemporânea (1789 d.C. – dias atuais).

Sugere-se que na primeira aula o professor apresente a atividade e discuta o quão antigas podem ser as ideias que buscam explicar os constituintes da matéria. O professor pode começar a atividade fazendo a seguinte pergunta: Quais foram os principais acontecimentos de cada período histórico selecionado? Para este debate é interessante que os alunos apresentem suas ideias prévias em relação à época escolhida para estudo.

Como o tema é amplo, o professor pode sugerir o nome de alguns filósofos ou cientistas considerados relevantes para facilitar as pesquisas realizadas pelos alunos. É papel do professor também alertar os alunos para o tipo de pesquisa que deve ser feita, a ideia central da pesquisa é que eles estudem sobre o que os filósofos pensavam sobre a composição da matéria, e não levantar simplesmente uma biografia.

Numa segunda aula o professor deve orientar os alunos a fim de que estes montem a linha do tempo com as gravuras, desenho, fotos e acontecimentos históricos

pesquisados em livros e websites. A ideia é construir um grande mural de maneira cronológica. Ao final da montagem do mural, os alunos ainda poderão destacar as principais características de cada período estudado tais como: costumes, religião, música, meios de transporte, vestuário entre outros.

Na terceira e última aula dessa Situação de Aprendizagem, os alunos poderão explorar as concepções em relação à matéria constituinte do Universo. Os alunos devem perceber que a ideia de átomo já é discutida entre os filósofos desde a Antiguidade e que o entendimento sobre a constituição da matéria se transformou ao longo dos séculos.

Ao final desta atividade o professor pode citar a existência de partículas instáveis, ou seja, que podem se transformar em outras por meio de um decaimento natural ou em uma interação que envolva energia disponível. Essa discussão irá nortear todas as outras atividades do caderno.

### Situação de Aprendizagem 2 – A Ciência no Brasil

Nesta Situação de Aprendizagem procura-se mostrar a importância que o trabalho de César Lattes teve para a compreensão da estrutura da matéria em meados do século XX, quando a estrutura do núcleo atômico era um dos temas de pesquisa mais importantes na área de Física de Partículas.

Com essa atividade espera-se que o aluno seja capaz de compreender a participação da ciência brasileira no cenário mundial e de aprimorar a competência de leitura. Para atingir tais objetivos é prevista uma aula.

O conteúdo central dessa aula é a importância da descoberta do méson  $\pi$  e o papel do Brasil na ciência mundial. Como estratégia é proposta uma atividade de leitura e interpretação de uma notícia, publicada em mídia impressa, sobre a descoberta da referida partícula.

A atividade tenta esclarecer por que, ao longo da formação escolar, ouvimos pouco sobre cientistas brasileiros e suas contribuições para a ciência. Uma das explicações para isso está no fato de que a ciência brasileira é muito recente se comparada à européia, da mesma forma que o Brasil é um país muito mais “jovem” que os países europeus. Como os temas clássicos de Física fazem parte, em sua maioria, do desenvolvimento da ciência anterior ao século XX, é raro que a contribuição brasileira

possa aparecer. Uma consequência disso é a formação da ideia de que no Brasil não se desenvolve ciência, portanto, os alunos não enxergam sentido no estudo da Física.

Um roteiro deve ser entregue aos alunos com a reprodução de uma reportagem publicada em 10 de março de 1948, no Correio Paulistano, um importante jornal da época. Após os alunos lerem a reportagem, como desafio, deverão criar um título para a mesma.

O título original da reportagem é “*Descoberta de um cientista brasileiro: trata-se do méson, importante componente nuclear*”. O objetivo principal da primeira parte da atividade não é que os alunos descubram o título original do texto. A estratégia de pedir para que eles dêem seu próprio título é a de fazer que leiam o texto com cuidado e manifestem a compreensão que tenham dele por meio do título proposto. Uma ideia interessante também é o professor anotar na lousa os vários títulos sugeridos e pedir aos alunos que os justifiquem. Ao final, apresenta-se o título original para que comentem e confrontem com aqueles sugeridos por eles.

Para dar continuidade à atividade, a proposta sugere que o professor trabalhe profundamente o significado da descoberta de Lattes. O professor pode esclarecer ou reforçar a ideia de que Lattes não fez a descoberta sozinho, mas juntamente com o italiano Giuseppe Occhialini e o inglês Cecil Powels. Para aprofundamento das discussões sugere-se estudar a interação de próton – próton ou de nêutron – nêutron em um núcleo atômico, ou seja, como um núcleo se tornaria coeso por meio da força nuclear forte, um dos assuntos mais importantes e discutidos nos anos de 1930 e 1940.

O caderno ainda traz um breve comentário a respeito da ideia proposta pelo físico japonês Hideki Yukawa, na década de 1930, sobre uma terceira partícula nuclear, denominada por ele de méson, que faria a comunicação entre os prótons e nêutrons no núcleo, mantendo assim a estabilidade nuclear. Este pequeno texto tem por objetivo auxiliar o professor e os alunos no estudo do tema.

### Situação de Aprendizagem 3 – Novas partículas no cenário da Física

Esta atividade trata do processo de detecção de partículas em câmaras de bolhas, um procedimento muito utilizado no início das pesquisas em física de partículas. A câmara de bolhas ou câmara de nuvens é um recipiente fechado com um fluido instável

– nuvem de vapor e gás, no qual a simples passagem de uma partícula carregada basta para produzir bolhas que marcam a trajetória da partícula.

Com essa atividade, o aluno deverá ser capaz de analisar dados experimentais e compreender que a câmara de bolhas é um processo de detecção de partículas, dentre outros possíveis.

Roteiro de pesquisa e imagens semelhantes às obtidas em câmaras de bolhas são propostas como recursos. Para atingir o objetivo desta Situação de Aprendizagem são sugeridas duas aulas. No início da primeira aula o professor pode lançar uma pergunta do tipo: “*De que modo os físicos “descobrem” ou detectam a existência dessas partículas tão diminutas?*”

O roteiro da 3ª Situação de Aprendizagem sugere que os alunos façam três exercícios, antes de realizar o estudo da detecção de partículas.

O primeiro exercício mostra um desenho contendo duas imagens sobrepostas, uma com as pegadas de um animal e outra com as pegadas de um segundo animal. A ideia do exercício é que o aluno “invente” e relate para a classe uma história que explique o que ele observa no desenho. Como segundo exercício pede-se que os alunos tirem conclusões a partir das várias histórias ou explicações dadas a respeito das figuras. A ideia é deixar claro para os alunos que, por meio das pegadas (rastros), é possível criar uma explicação para o comportamento de algo que não se conhece.

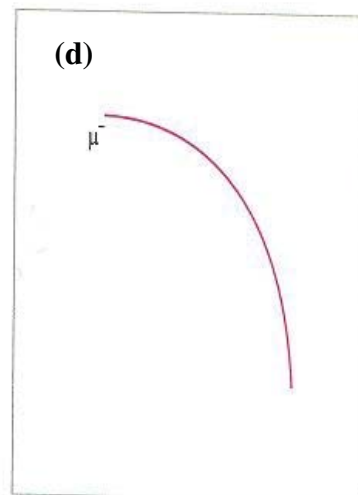
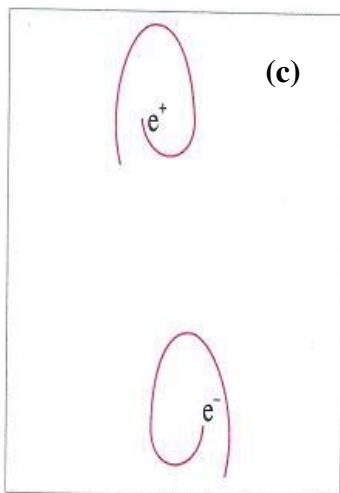
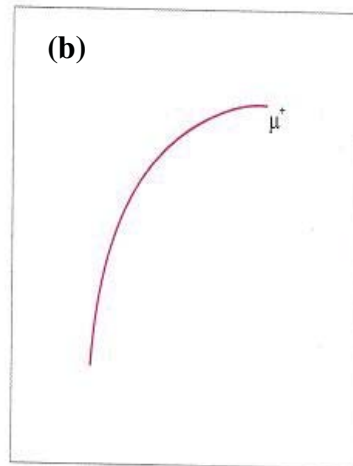
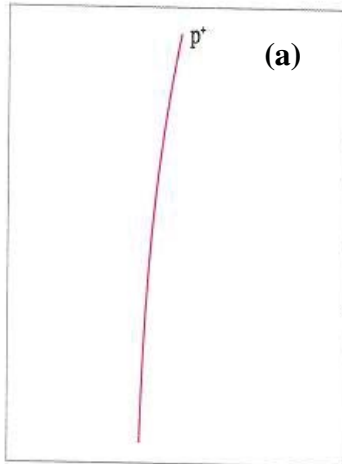
A próxima etapa da atividade é entender como é possível obter informações sobre partículas quando estas passam por uma câmara de bolhas e deixam seu “rastro” nela. São apresentadas três figuras que mostram os rastros deixados por partículas. As figuras mostram os rastros deixados por um kaon positivo e por um pión negativo.

Para que os alunos possam entender como analisar tais imagens, são apresentados, de forma sucinta, alguns aspectos teóricos sobre a curvatura da trajetória das partículas na presença de um campo magnético, sobre o sinal da carga elétrica das partículas em virtude do sentido da força magnética aplicada sobre ela, e sobre a relação entre o valor da massa das partículas e o raio da curvatura da mesma dentro da câmara de bolha.

O interessante do estudo em câmaras de bolha não é apenas observar uma partícula passando, mas poder “pegá-la em flagrante” se transformando em outras partículas, assim como é discutido na atividade. Essa transformação pode ocorrer

espontaneamente (decaimento) ou por intermédio de uma colisão (interação entre partículas).

As seis trajetórias abaixo são apresentadas como referências para análise dos alunos:



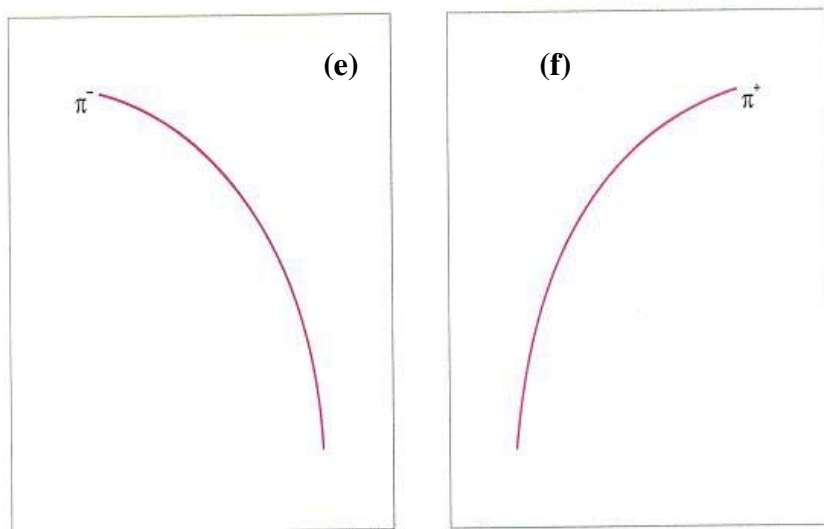
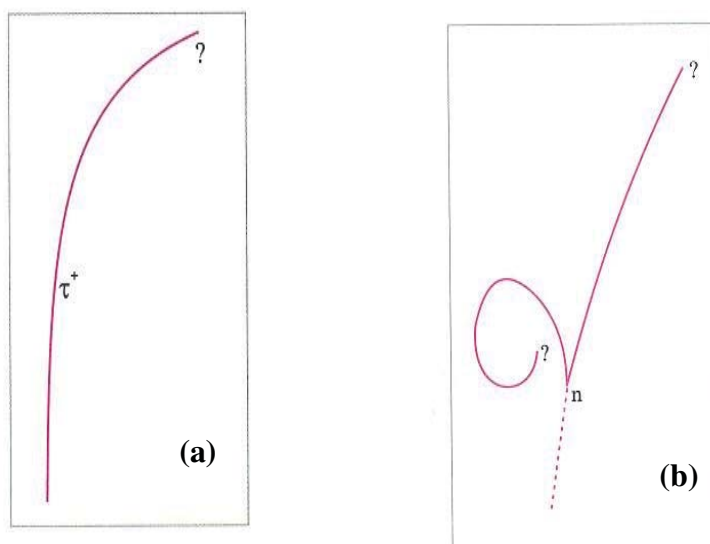


Figura 5 – Partículas de referência, conjunto de seis trajetórias (a), (b), (c), (d), (e) e (f).

Depois de observadas essas imagens, os alunos deverão descobrir quais transformações ocorreram com o conjunto de partículas mostrado nos casos abaixo:



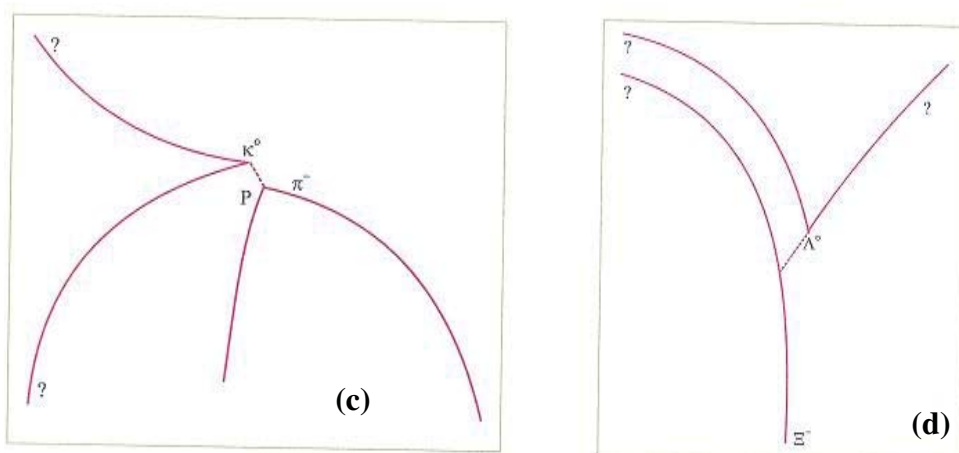


Figura 6 – Imagens das trajetórias das partículas desconhecidas (a), (b), (c) e (d).

Os alunos devem comparar as trajetórias das partículas desconhecidas com as trajetórias das partículas previamente conhecidas. Para tornar a comparação mais fácil, é interessante que os alunos sobreponham as figuras das partículas de referência e as figuras das reações, olhando contra a luz.

Os alunos devem verificar que na primeira reação figura 6 (a) a partícula tau ( $\tau$ ) se transforma, isto é, decai em múon ( $\mu$ ), sendo ambas positivas. Isto pode ser verificado pela mudança de curvatura na trajetória da partícula. Na segunda reação figura 6 (b), um nêutron ( $n$ ), indicado pela linha tracejada na figura, decai em próton ( $p$ ) e elétron ( $e^-$ ). Vale comentar que o elétron, de massa bem menor, tem a trajetória mais curvada pelo campo magnético e logo para, devido à perda da energia na interação com o meio. Na terceira reação apresentada na figura 6 (c), um próton ( $p$ ) e um pión negativo ( $\pi^-$ ) interagem entre si, transformando-se em um kaon neutro ( $K$ ) que, por sua vez decai em um pión positivo ( $\pi^+$ ) e em um pión negativo ( $\pi^-$ ). Na quarta e última reação figura 6 (d), ocorrem dois decaimentos em seqüência. Um xi negativo ( $\xi^-$ ) decai em um pión negativo ( $\pi^-$ ) e em um lambda neutro ( $\lambda$ ), que, por sua vez, decai em próton ( $p$ ) e em outro pión negativo ( $\pi^-$ ).

Para aprofundar a discussão, o professor pode apresentar algumas características dessas novas partículas que serão reveladas na atividade. A maior parte delas foi prevista e descoberta na década de 1950.

Em seguida, no caderno do professor, é apresentada uma tabela com algumas dessas “novas” partículas. É interessante notar que a maior parte delas tem massa relativamente grande, principalmente quando comparada à massa do elétron, e sua “vida” é muitíssimo curta. Nesta tabela, além da massa, vida média e carga elétrica das partículas são mostrados também seus modos de decaimento.

A finalidade dessa tabela é dar ao professor mais informações para sistematizar a discussão anterior. No entanto, existe um alerta no Caderno que: deve-se tomar cuidado para que esta discussão não se torne demasiadamente exaustiva, pois de maneira alguma é necessário que os alunos decorem os dados fornecidos nas tabelas.

#### Situação de Aprendizagem 4 – Transformações de Partículas

Nesta Situação de Aprendizagem busca-se trabalhar as transformações de partículas de uma forma sistemática. Para isso, apresenta-se a linguagem que é adotada para demonstrar reações de partículas e discutem-se as leis de conservação vinculadas a estas transformações.

O aluno deverá desenvolver a competência e habilidade de analisar por meio de linguagem científica os processos de transformação de partículas. Transformações de partículas e leis de conservação são conteúdos primordiais nesta atividade. Como recurso para o desenvolvimento desta atividade são usados os roteiros, contendo textos e exercícios. O tempo estimado para tal atividade é de apenas uma aula.

A aula pode ser iniciada com uma questão semelhante à apresentada no roteiro: *As transformações estudadas na atividade anterior seguem alguma regra ou podem ser consideradas aleatórias?* Por meio dessa questão, pode-se discutir a noção de lei e a regularidade dos fenômenos. Este é um bom momento para o professor retomar as leis de conservação já estudadas: a conservação dos momentos linear e angular trabalhada no primeiro ano, bem como a conservação da energia, trabalhada no segundo.

No roteiro destinado aos alunos, antes que se proponha um exercício é explicitada a ideia de conservação na Física, ressaltando a importância da conservação da carga elétrica para o caso estudado. Como exercício, o aluno deve analisar várias reações (por exemplo,  $\pi^- + p \rightarrow \lambda + K$ ) para avaliar se elas seriam possíveis sem violar o princípio de conservação da carga elétrica.



### Situação de Aprendizagem 5 – O Modelo dos Quarks

Nesta atividade espera-se dar ao aluno algumas informações sobre os quarks, partículas elementares que interagem via força forte no núcleo atômico. Os alunos poderão distinguir as partículas formadas por quarks, obedecendo ao princípio da conservação da cor. Ao final da atividade os alunos deverão perceber que todos os hádrons (que é uma classe de partículas) são formados por três quarks ou por um quark e um antiquark.

O tempo previsto para essa atividade é de duas aulas. O conteúdo central é a concepção atual das partículas elementares e do Modelo Padrão. Pretende-se também desenvolver o hábito da leitura e avaliar a capacidade do aluno em extrair informações de um texto.

Para que a atividade se concretize, os alunos, primeiramente, devem entender o significado e a dinâmica da carga cor que está associada aos quarks e glúons (carga associada às interações fortes). Para isso, há um roteiro que sintetiza os nomes das partículas da família dos quarks e suas principais características: carga elétrica e carga cor.

Características dos quarks					
Nome	Carga Elétrica	Carga de Cor	Nome	Carga Elétrica	Carga de Cor
<i>Up</i>	+2/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antiup</i>	-2/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Charmed</i>	+2/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Anticharmed</i>	-2/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Top</i>	+2/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antitop</i>	-2/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Down</i>	-1/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antidown</i>	+1/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Strange</i>	-1/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antistrange</i>	+1/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Botton</i>	-1/3e	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antibotton</i>	+1/3e	Ciano ou Magenta ou Amarelo

Figura 7- Os quarks e suas características

O roteiro para os alunos apresenta perguntas como: “É possível formarmos uma partícula de quatro quarks?” Para responder a essa pergunta os alunos poderão aprender a usar as regras das cores para combinação dos quarks. As partículas formadas por quarks e antiquarks, devem obedecer à combinação das cores primárias: vermelho, azul e verde (3 quarks), resultando branco; ou combinação de uma cor secundária com uma cor primária (1 quark e 1 antiquark), desde que a combinação resulte branco.

Outra tarefa que os alunos devem realizar nessa atividade é a determinação da carga elétrica dos bárions e mésons da tabela mostrada na Figura 8. As cargas devem ser múltiplos inteiros da carga do elétron.

Partículas formadas por quarks hádrons			
Bárions	Quarks	Mésons	Quarks
Próton (p)	uud	Pion ( $\pi^+$ )	$\bar{d}u$
Nêutron (n)	udd	Pion ( $\pi^-$ )	$\bar{u}d$
Lambda ( $\Lambda^0$ )	uds	Kaon ( $K^+$ )	$\bar{s}u$
Delta ( $\Delta^{++}$ )	uuu	Kaon ( $K^0$ )	$\bar{s}d$
Sigma ( $\Sigma^+$ )	uus	Kaon ( $\bar{K}^0$ )	$\bar{d}s$
Sigma ( $\Sigma^0$ )	uds	Kaon ( $K^-$ )	$\bar{u}s$
Sigma ( $\Sigma^-$ )	dds	J/ $\psi$	$\bar{c}c$
Xi ( $\Xi^0$ )	uss	D <sup>+</sup>	$\bar{d}c$
Xi ( $\Xi^-$ )	dss	D <sub>0</sub>	$\bar{u}c$
Ômega ( $\Omega^-$ )	sss	D <sub>s</sub> <sup>+</sup>	$\bar{s}c$
Lambda ( $\Lambda_c^0$ )	udc	B <sup>+</sup>	$\bar{b}u$
Sigma ( $\Sigma_c^{++}$ )	uuc	$\bar{B}^0$	$\bar{d}b$
Sigma ( $\Sigma_c^+$ )	udc	B <sup>0</sup>	$\bar{b}d$
Xi ( $\Xi_c^+$ )	usc	B <sup>-</sup>	$\bar{u}b$

Figura 8 – Os hádrons

Ainda no caderno do professor existe o alerta de que o professor deixe claro que um hádron não é um tipo diferente de partícula. Hádron é o nome dado para o conjunto de partículas formadas por quarks e/ou antiquarks. Todos os bárions (formados por 3 quarks ou 3 antiquarks) e os mésons (formados por 1 quark e 1 antiquark) são hádrons.

Na seqüência o professor pode discutir a família dos léptons, composta por seis partículas (elétron e neutrino do elétron, tau e neutrino do tau, múon e neutrino do múon - partículas leves, que não sentem a força forte) e apresentar as leis de conservação do número quântico bariônico e leptônico.

A tabela do número leptônico é apresentada, conforme a figura 9.

Lépton	$L_e$	$L_\mu$	$L_\tau$
elétron ( $e^-$ )	+ 1	0	0
neutrino do elétron ( $\nu_e$ )	+ 1	0	0
múon ( $\mu^-$ )	0	+1	0
neutrino do múon ( $\nu_\mu$ )	0	+1	0
tau ( $\tau^-$ )	0	0	+1
neutrino do tau ( $\nu_\tau$ )	0	0	+1

Figura 9 – Número Leptônico

Para fechar a atividade é sugerido ao professor apresentar o Modelo Padrão das Partículas Elementares, formado pelos férmions (quarks e léptons) e pelos bósons (partículas intermediadoras das forças fundamentais, indicadas como transportador de força na figura abaixo).

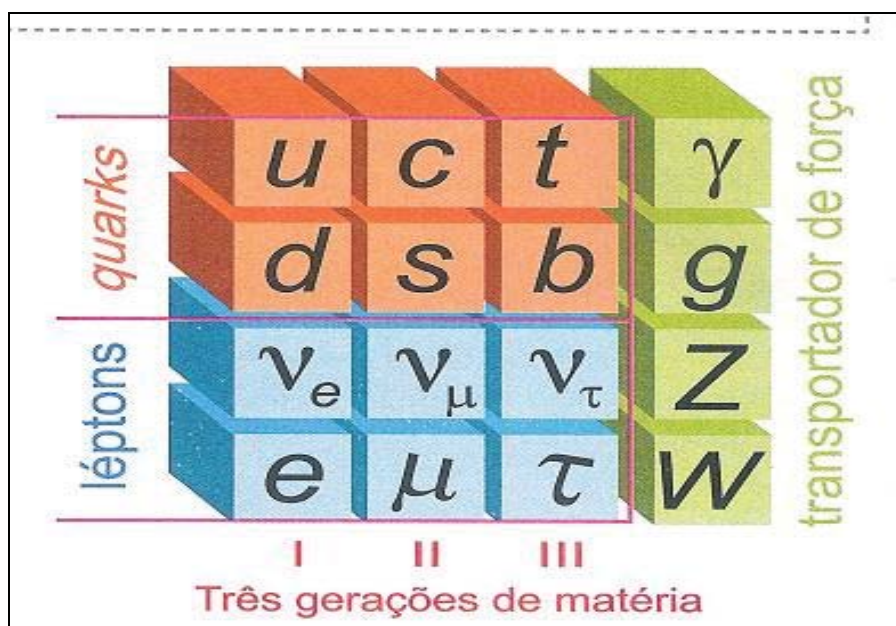


Figura 10 - O Modelo Padrão

### Situação de Aprendizagem 6 – Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento

A última atividade proposta nesse caderno trata dos aceleradores de partículas. O tempo previsto para essa aula é de 50 minutos. O objetivo é apresentar/discutir alguns dos procedimentos atuais de pesquisa em laboratórios destinados ao estudo das partículas elementares.

Um questionário com quatro questões deve ser respondido pelos alunos. Para isso eles devem realizar pesquisas para obter as informações necessárias. No caderno do professor são sugeridos alguns sites e textos.

Para enriquecer ainda mais a aula, o professor é incentivado a mostrar como funciona um acelerador de partículas e indicar a existência de alguns, como o LHC, mantido pelo CERN.

#### 2.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA PROPOSTA

Tendo descrito a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, vamos agora ressaltar aqueles que nos parecem ser os pontos relevantes da mesma e avaliar sua

potencialidade, enquanto material a ser usado dentro da sala de aula para ensinar Física de Partículas. Além disso, vamos analisar sua compatibilidade com os PCNs.

Assim como tudo que é inovador, provavelmente há os que apóiam a iniciativa do governo do estado de São Paulo de estabelecer uma proposta curricular para as escolas do estado, como devem existir aqueles que se sentem insatisfeitos com a nova ideia apresentada.

Ao que nos parece, a rejeição da proposta por alguns professores e outros setores da educação poderia ser justificada pelo fato dessa proposta ser bastante radical, pois rompe com a seqüência e com os conteúdos normalmente apresentados nos livros didáticos e apostilas.

A proposta parece ter sido criada para inovar e dar outro sentido à educação, objetivando uma aprendizagem mais significativa para os alunos. O novo currículo visa a uma física numa perspectiva de sua construção histórica, deixando claro que o conhecimento científico é fruto de construções humanas e que está em constantes transformações.

A física “formulística” frequentemente apresentada em apostilas e livros didáticos, é deixada de lado pela nova proposta curricular, os exercícios e problemas envolvidos nas atividades não requerem que os alunos decorem fórmulas e as apliquem mecanicamente, mas que eles encarem os problemas de maneira a levantar hipóteses, escolher caminhos para a solução, além de analisar os resultados com a realidade que eles conhecem.

Tomando esses aspectos como referências, a proposta ressoa o desejo expresso nos PCNs de apresentar ao jovem a Física para que ele, não seja simplesmente informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. Segundo consta no PCNEM (2010, p.59), “trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”.

Essa possibilidade do estudo da Física propiciar uma leitura e ação mais concreta e consciente do aluno sobre a própria realidade se revela nas atividades propostas através das Situações de Aprendizagem que retratam questões essencialmente do cotidiano, sempre valorizando as ideias prévias dos alunos a respeito do conteúdo trabalhado.

A Situação de Aprendizagem 1 do 4º caderno da 3ª série, intitulada “A matéria em uma perspectiva histórica” evidencia alguns desses aspectos da proposta. É sugerido ao professor que inicie a aula com uma discussão acerca dos aspectos históricos das ideias científicas. O professor pode questionar os alunos se as ideias relacionadas a conceitos já estudados por eles como calor, moléculas, cargas elétricas sempre existiram durante a história. O professor ainda pode questioná-los quão antigas podem ser as ideias que tentam explicar a estrutura da matéria.

Ainda nessa atividade, na sessão “Encaminhando a ação”, consta que: “Para este debate é interessante que os alunos, organizados em grupo, exponham livremente as informações e concepções que trazem a respeito da época escolhida” (SEE, 2009, p.11).

De acordo com os PCNEM as ideias prévias dos alunos devem ser sempre respeitadas e utilizadas como ponto de partida para o planejamento do ensino.

Para que ocorra um efeito diálogo pedagógico, é necessário estar atento ao reconhecimento dessas formas de pensar dos alunos, respeitando-as, pois são elas que possibilitam traçar estratégias de ensino que permitem a construção da visão científica, através da confrontação do poder explicativo de seus modelos intuitivos com aqueles elaborados pela ciência (PCNEM, 2010, p. 84).

Vê-se que na maior parte das Situações de Aprendizagem é sugerido que o professor inicie sua aula gerando discussões e debates em relação ao problema proposto, propõe-se também a formação de grupos de alunos (como exemplificado acima). Estas orientações estão apresentadas no caderno como “Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem”. Vemos nessas sugestões que, embora esteja claro que o professor possui total liberdade de trabalhar a proposta como bem entender, existe uma preocupação que as aulas sejam dirigidas com espaço para discussões e desenvolvimento de espírito crítico dos alunos. Assim como ressaltam os PCNEM (2010):

Utilizar como eixo organizador do trabalho pedagógico as competências desejadas é manter sempre presente a explicitação



de objetivos da educação, mas também se transforma em uma estratégia para a ação dos professores. Assim, por exemplo, para desenvolver competências que requerem o sentido crítico, será necessário privilegiar espaços de discussão, tanto na escola como na sala de aula (p. 61).

E mais

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado por meio de um diálogo constante entre alunos e professores, mediado pelo conhecimento. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas [...]. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo (p.83).

As atividades e conteúdos propostos nos cadernos não precisam ser rigorosamente seguidos pelo professor. De acordo com o ritmo de trabalho de cada classe, o professor tem o livre arbítrio de aprofundar e guiar suas atividades de acordo com a realidade de cada turma. Há uma sugestão nos cadernos, por exemplo, em relação ao tempo de aula para cada atividade proposta, porém o professor tem a liberdade de optar por outra divisão do tempo. O professor pode inclusive escolher trabalhar somente o conteúdo que julgar mais importante, de acordo com a realidade da própria escola, conforme indicado aos professores nos próprios Cadernos (SEE, 2009[a], p.9)<sup>1</sup>.

Ao lermos as Situações de Aprendizagem, percebemos que realmente há uma preocupação voltada não para a quantidade de matéria a ser estudada e sim para a escolha de importantes assuntos da física que podem desenvolver as habilidades, competências, atitudes e valores desejados.

---

<sup>1</sup> Utilizaremos a nomenclatura SEE (2009), para nos referir aos cadernos. Nas referências bibliográficas aparecerá SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DE EDUCAÇÃO (2009).

As próximas Situações de Aprendizagem analisadas são todas do 4º caderno da 3ª série relacionadas ao ensino de física de partículas que já foram descritas anteriormente.

A segunda “Situação de Aprendizagem”, A Ciência no Brasil, é muito interessante, visto que com a leitura de uma reportagem de época os alunos poderão desconstruir a ideia equivocada de que no Brasil não se faz ciência. A atividade mostra a importância que um físico brasileiro - César Lattes - teve para o desenvolvimento da física no trabalho que levou à descoberta da partícula méson  $\pi$ .

Na atividade é sugerido que o professor inicie sua aula questionando os alunos se existem cientistas brasileiros, onde eles trabalham e se algum deles já realizou algum trabalho que contribuiu para desenvolvimento da Física.

Ao sugerir a leitura da reportagem e a proposição de um título, espera-se que os alunos reconheçam que o méson  $\pi$  é apresentado como um constituinte (partícula nuclear) que, até então, não era conhecido. Nesse ponto vemos a importância de uma leitura atenta pelos alunos, para que de fato interpretem corretamente o texto e sugiram um título coerente.

Nessa atividade o professor ainda pode ressaltar que a descoberta dessa partícula foi feita por um grupo de cientistas e que César Lattes não estava sozinho nessa empreitada. Com isso, o aluno toma consciência de que a construção de conhecimento científico, normalmente, acontece com parceria de grupos, de equipes trabalhando com um mesmo propósito. Espera-se, portanto, que os alunos enxerguem a importância de trabalhar em grupo e discutir suas ideias em espaços coletivos.

Na terceira “Situação de Aprendizagem” intitulada “Novas partículas no cenário da física”, o professor pode começar questionando sobre o processo pelo qual o méson  $\pi$  foi descoberto por César Lattes e sua equipe, para discutir um dos métodos que os cientistas utilizavam para detectar partículas, as câmaras de bolha.

Assim como em toda a atividade, na primeira parte procura-se explorar o espírito investigativo dos alunos, quando é pedido a eles que relatem uma história sobre as pegadas observadas no desenho.

A atividade mostra aos alunos a existência de diferentes partículas e como elas são detectadas e o que é uma partícula instável.

Aproveitando a atividade, o professor ainda pode comentar com os alunos sobre a evolução que se deu na década de 1950 em termos de sofisticação dos aceleradores de



partículas, ou seja, ele pode discutir como se deu o desenvolvimento da Física experimental nessa área, podendo falar inclusive do LHC.

Com essa atividade, o aluno pode verificar que a física não é construída por um “passe de mágica” e que um cientista não descobre uma partícula simplesmente do dia para noite e que é preciso grandes esforços de um grupo de cientistas trabalhando constantemente para que novos conhecimentos sejam construídos.

A quarta atividade “Transformações de partículas” é considerada mais sistemática, uma vez que se espera do aluno o entendimento das leis de conservação aplicado às transformações das partículas. O professor, por meio da questão “*As transformações estudadas na atividade anterior seguem alguma regra ou podem ser consideradas aleatórias*”, pode levar os alunos a refletirem sobre leis e regras que descrevem o Universo e que os fenômenos não são aleatórios, eles podem ser descritos e expressos por leis matemáticas.

O professor ainda pode ressaltar que a lei de conservação da carga elétrica, assim como as outras leis, é um dos artifícios que os cientistas criaram para facilitar o processo para prever a existência de partículas e também os possíveis processos de decaimento. Ainda para complementar a discussão, o professor pode comentar que muitas das partículas descobertas foram antes previstas teoricamente pelos físicos e que só posteriormente foram detectadas. Aqui, nesse momento, há uma ótima oportunidade para o professor falar sobre o bóson de Higgs, ainda não detectado no LHC, porém previsto pela teoria.

Para dar início a quinta atividade intitulada “O modelo dos *quarks*” o professor pode finalizar a “Situação de Aprendizagem” 4 com a seguinte pergunta: “*Será que existe alguma partícula considerada elementar, ou seja, partículas fundamentais cuja as outras sejam formadas por elas?*” Com essa pergunta o professor pode começar a discutir sobre os quarks e o modelo padrão, tema da penúltima atividade.

Esta atividade é um pouco mais elaborada que as anteriores, pois pode ser considerada bastante abstrata pelos alunos, uma vez que se pretende que eles entendam o significado da carga cor dos quarks, número bariônico e número leptônico, assim como compreendam o que é uma partícula elementar.

Nessa atividade faz-se necessário que o professor tenha o maior cuidado possível e paciência, pois o avanço em termos de abstração, em relação às atividades anteriores, para essa atividade é grande.

A atividade é densa e o professor deve tomar cuidado ao desenvolver a atividade com seus alunos, pois são várias as informações contidas no caderno que devem ser estudadas com muita cautela, para que as definições e os conceitos se tornem compreensíveis para os alunos.

Ao falar o que é uma partícula elementar, o professor deve deixar claro para os alunos que uma partícula instável pode ser considerada elementar, pois ao decair em outras partículas o aluno pode achar que ela é constituída por partes ainda menores, o que não é verdade.

No momento que o professor discutir sobre os números bariônico e leptônico, é de extrema importância que os alunos não se limitem a decorar a tabela apresentada na figura 9 e entendam de fato o sentido de se atribuir um número quântico às partículas. É interessante deixar claro para o aluno que esse número nada mais é que uma invenção, um recurso, para poder classificar as partículas e facilitar o processo de descrição das mesmas. Aqui, o professor ainda pode dizer aos alunos que “não encontramos esses números nas partículas, elas existem independentemente de atribuirmos características a elas ou não”. Esse alerta aos alunos pode ser muito mais frutífero que simplesmente decorar os nomes das partículas do modelo padrão e suas características.

Na última “Situação de Aprendizagem” chamada de “Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento”, o professor pode abordar assuntos da atualidade, como por exemplo, o LHC, as questões em aberto sobre o Modelo Padrão, tal como a unificação das interações, o funcionamento dos detectores etc. Trata-se de um questionário destinado aos alunos, cujas perguntas abordam questões da atualidade como: o que é um acelerador de partículas? O que os cientistas procuram responder trabalhando em aceleradores de partículas?

Esta atividade permite aos alunos um contato maior com a ciência produzida na atualidade. Para facilitar o processo de entendimento desse assunto tão complexo, uma estratégia é usar matérias/reportagens veiculadas na mídia de longo alcance abordando esses assuntos, uma vez que a linguagem utilizada é considerada flexível e acessível aos alunos.

Como sugestão, pode-se utilizar a edição 2066 da Revista VEJA publicada pela Editora Abril em 25 de junho de 2008, que tratava de assuntos como a busca pelo bóson de Higgs, Big Bang, e outros assuntos relacionados à física de partículas.

# A BUSCA DA "PARTÍCULA DE DEUS"

O principal propósito do LHC é encontrar o bóson de Higgs, um dos tijolos fundamentais da constituição do osso, responsável pela existência de massa no universo. Acertar-se aqui, sem o bóson de Higgs, não existiram av, água, terra nem, claro, seres vivos.

### O que é o bóson de Higgs?

Semelhante a uma partícula, o bóson de Higgs é responsável pelo campo de Higgs. É por meio da interação com esse campo que as outras partículas da matéria ganham massa.

### Quem o descobriu?

Por enquanto, essa partícula e o campo que ela representa ficaram somente no papel, formulados pelo físico inglês Peter Higgs (1918-2009) nos anos 60. O bóson de Higgs nunca foi detectado por um cientista. Se for encontrado no LHC, terá ficado conhecido e os cientistas terão uma explicação para a maneira como as partículas ganham massa.

### Por que encontrar essa partícula é vital?

Sem a constituição experimental da existência do bóson de Higgs, não há como explicar a existência da matéria, da vida, da água, da terra e dos seres vivos.

### A natureza da massa

Para entender a teoria do físico inglês, os cientistas sugerem imaginar o campo de Higgs como uma gelatina distribuída por todo o universo.

- 1 Na ausência de campo, essa gelatina estaria no zero absoluto. Por isso, as partículas se movimentariam livremente pelo campo de Higgs.
- 2 À medida que o universo se expande, a gelatina se torna mais densa. Isso dificulta o movimento das partículas e a interação delas com o campo de Higgs.
- 3 À partir do momento em que a gelatina se torna sólida, a força do campo entra em ação para impedir o bóson de Higgs e as partículas ganharem massa. Quanto maior a ação dessa força sobre uma partícula, maior é sua massa.
- 4 Algumas partículas, como os quarks, ficam mais pesadas que outras, passando para estados como neutrão e, por isso, são mais leves.

### O que são bósons?

Os bósons são partículas intermediárias que transmitem as forças fundamentais que regem o universo.

Forças	W e Z	Glúons	Gravitons
Transmitem a força eletromagnética	Regem a força fraca, responsável por alguns tipos de reações nucleares	Empresaram pela força forte, que mantém e coesão das átomos e núcleos	Partículas hipotéticas que transmitem a força da gravidade

Figura 11. Revista VEJA, edição 2066, 25/06/2008 – Matéria: A busca da “partícula de Deus”

# O NASCIMENTO DO UNIVERSO

A teoria de uma grande expansão, o Big Bang, ocorreu há 13,7 bilhões de anos, é a mais aceita para explicar a origem e a evolução do universo. O novo acelerador de partículas subatômicas LHC vai ajudar a entender o fenômeno.

### Antes da expansão...

...deixou existir e as suas equações chamadas de "singularidade", punto em 1 bilionésimo de trilionésimo de um próton. Seria o tudo e o nada na condição das leis da física.

### O Big Bang e suas evidências

Teoria — Se é certo que o universo veio se expandindo e resfriando, está é certo que em algum momento foi pequeno, no tamanho de um grão de arroz.

Experimental — Radiação Cósmica de fundo — prevista por George Lemaitre, foi descoberta acidentalmente em 1965 por Robert Wilson e Arno Penzias.

Universo homogêneo — A matéria é distribuída no mesmo proporcão por todo o cosmos, observação compatível com o modelo de uma "grande expansão" original.

Composição da matéria no universo

Matéria de LHC	Matéria comum
24%	28%
76%	70%

380.000 anos após o Big Bang

1 Composição atual de matéria comum no universo: 4% matéria comum, 24% matéria escura, 72% energia escura.

### Crescimento inflacionário

Nesta época, a expansão do universo ocorreu de maneira exponencial, aumentando o tamanho de uma teoria.

### O início da expansão

Três minutos depois do início da expansão, o universo já estava quente o suficiente para que as partículas se movissem livremente.

### Universo esfriando

Os núcleos se juntaram e as elétrons se uniram para formar os primeiros átomos. A estrutura química da física se tornou mais complexa.

### Nasceram as estrelas

A gravidade começou a agir sobre as nuvens de gás e poeira, formando as primeiras estrelas.

### O sistema solar

O Sol se formou na Via Láctea a partir de uma nuvem gasosa. Logo depois, surgiram os planetas, incluindo a Terra. Depois, os organismos começaram a surgir.

### Surgiu a vida

A primeira vida surgiu na Terra há cerca de 3,8 bilhões de anos. Desde então, a vida evoluiu e se diversificou.

### 2008

Com o início do funcionamento do LHC, a humanidade poderá investigar as condições que regem o universo.

### Detecção do bóson de Higgs

Em 2012, o LHC descobriu o bóson de Higgs, a partícula que dá massa às outras partículas.

Tempo decorrido	0	10 <sup>-37</sup> segundos	10 <sup>-32</sup> segundos	10 <sup>-12</sup> segundos	Três minutos	380.000 anos	250 milhões de anos	8 bilhões de anos	10 bilhões de anos	13,7 bilhões de anos
Temperatura	Infinita	10 <sup>32</sup> graus	10 <sup>27</sup> graus	10 bilhões de graus	100 milhões de graus	2.700 graus	-260 graus	-270 graus	-270 graus	-270 graus

1927 — Georges Lemaitre  
Foi o primeiro teórico do Big Bang.

1929 — Edwin Hubble  
Mostrou que o universo estava se expandindo ao medir a distância entre a Terra e galáxias próximas.

1930 — Georges Lemaître  
Criou o modelo, o fundador da partícula proposta do LHC, para estudar o comportamento da matéria.

1967 — Steven Weinberg  
Teorizou que as quatro forças básicas da natureza, a força fraca e a eletromagnética.

1979 — Alan Guth  
Mostrou que o universo nasceu de uma expansão, mas de uma "explosão" rápida.

\* O universo é muito maior do que o modelo 1. Portanto, o tamanho do universo é muito maior do que o tamanho do modelo 1. Portanto, o tamanho do universo é muito maior do que o tamanho do modelo 1.

Figura 12. Matéria da Revista VEJA, 25/06/2008, explicando a teoria do Big-Bang





Além do desenvolvimento da leitura e da escrita, entre os aspectos valorizados nas atividades, estão a experimentação (trabalho prático) e a resolução de problemas que envolvam situações do dia-a-dia. A respeito da experimentação o PCNEM, diz que

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (PCNEM 2010, p.84).

Parece-nos evidente, como tentamos mostrar ao longo de nossa análise que a proposta curricular do estado de São Paulo, ao menos no que se refere ao ensino de Física, está bastante apoiada nos PCN's e procura contribuir para a diminuição de lacunas do desenvolvimento de competências e habilidades básicas dos alunos brasileiros.

Talvez a maior deficiência da proposta esteja, em nossa opinião, nos problemas propostos. Percebemos que há carência de problemas que exijam um aprofundamento no uso das equações matemáticas, ou seja, que exijam o uso de modelos para estudo dos fenômenos. Talvez essa característica esteja mais acentuada nessa parte do material que foi objetivo de nossa análise, e não seja predominante nas demais. O que não seria estranho, visto que o estudo de física de partículas no Ensino Médio apresentado na proposta é apenas introdutório ou, melhor dizendo, tem mais o objetivo de introdução a essa área de conhecimento, com foco em aspectos mais conceituais.

Outra deficiência que encontramos está na afirmação encontrada na pág. 25 do Caderno do 4º Bim. do 3º ano do E.M., onde se lê: *“As transformações estudadas na atividade anterior seguem alguma regra ou podem ser consideradas aleatórias? Por meio dessa questão, pode-se discutir a noção de lei, que estabelece regras organizadoras do Universo, faz que os fenômenos tenham certas regularidades e não sejam aleatórios”*.

Em nossa visão, existe um grave erro conceitual em afirmar que as leis fazem com que os fenômenos sejam regularidades, ou seja, reforça uma ideia equivocada, e muito comumente difundida, que a natureza se comporta segundo as leis estabelecidas pela ciência. A mais prejudicial consequência disso é a contribuição para formação de uma visão equivocada sobre a ciência e, principalmente, sobre o papel dos modelos (leis) na produção do conhecimento científico.

Contudo, não podemos perder a perspectiva de que não existe material didático perfeito ou mesmo completo, e que sempre caberá ao professor usar sua experiência, sua percepção e sua criatividade para usufruir as potencialidades do material e buscar materiais complementares para suprir suas deficiências.

### 3. SPRACE GAME - O JOGO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES

Neste capítulo iremos descrever o SPRACE GAME (São Paulo Research and Analysis Center), um jogo que “foi desenvolvido no Brasil, patrocinado pelo SPRACE e com o apoio financeiro do CNPq, obtido por meio do edital de ”Apoio a Projetos de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia”<sup>2</sup>. Em seguida iremos analisar e discutir seu possível uso em sala de aula.



Figura 14 – SPRACE GAME: imagem de uma das telas do jogo.

O jogo se passa em um planeta distante, onde, para sustentar a vida, é necessário criar artificialmente núcleos atômicos, a partir de seus componentes elementares. A missão de cada jogador - reduzido à escala atômica - é construir prótons e nêutrons com os conhecimentos atuais sobre a estrutura da matéria. Para isso, cada um terá de usar campos de energia e sistemas de orientação sofisticados e vencer diversos níveis de dificuldade.

Enquanto se diverte cumprindo essas missões, o jogador acaba aprendendo conceitos de partículas elementares, como léptons e quarks, a composição dos hádrons (principalmente prótons e nêutrons), o conceito de carga de cor e a interação forte que ocorre entre mésons e bárions, o decaimento de partículas e noções de escala subatômica.

<sup>2</sup> Informação retirada do site <http://www.sprace.org.br/SPRACE/sprace-game-pt>

Ao passar pelas quatro fases do SPRACE GAME, o jogador tem que capturar, com sua espaçonave, algumas partículas subatômicas. Precisa levá-las a um laboratório para que sejam identificadas, precisa descobrir do que são formadas as partículas, chamadas de hádrons, e recombina-los para formar prótons e nêutrons.

Com eles, o jogador consegue montar núcleos atômicos de hidrogênio e oxigênio, a fim de produzir um recurso fundamental para a colonização do planeta explorado, a água.

Descreveremos em detalhes o jogo, para que possa, posteriormente, ser analisado e avaliado como material de apoio para o ensino de física de partículas.

### 3.1 O JOGO

De maneira geral, o que está escrito em itálico são textos encontrados na tela do jogo e em negrito são textos para guiar e facilitar a compreensão do jogo.

**Nível tutorial – Essa é a primeira etapa, cuja finalidade é aprender a usar os comandos e o banco de dados da nave que serão utilizados no decorrer do jogo.**

**Inicialmente aparecerá na tela.**

*Comandante, você já acordou?*

*Ótimo!*

*Você deve estar confuso, mas isso é normal...*

*Desorientação e perda de memória são efeitos colaterais da miniaturização.*

*Aguarde um momento enquanto nossos sensores confirmam sua redução...*

*Parabéns! Você foi a primeira pessoa a sobreviver à redução sub-atômica!*

*Ops... O último comentário foi transmitido por engano, por favor, ignore-o.*

*Aguarde mais um momento enquanto sua nave é energizada...*

*É hora de testar os controles da nave. Isso deverá refrescar sua memória.*

*Aponte uma direção com o cursor do mouse e acelere pressionando o botão da direita.*

**Nessa etapa o jogador deve apenas acelerar a nave. Logo em seguida aparecerá na tela: objetivo atingido!**

*Agora tente acertar uma partícula sub-atômica com seus disparos de energia.*

*Clique no botão esquerdo do mouse para efetuar um disparo.*



**Para cada missão cumprida pelo jogador a mensagem de “Objetivo atingido” é apresentado na tela:**

*Ok funcionou! Acerte agora com um tiro de máxima intensidade. Para isso, mantenha pressionado o botão esquerdo no mouse, até a carga total antes de soltar.*

*Excelente! Os outros subsistemas da nave já estão sendo ativados. A comunicação com o laboratório deve ser estabelecida a qualquer momento...*

*Enquanto aguarda, aproveite para verificar o estado do banco de dados.*

**Nesse momento o jogador deve pressionar a tecla F1 ou a letra H para examinar as informações presentes em cada página. Usando-se F1 ou H para retornar.**

**Aparecerá então um quadro do tipo:**

Missão	Férmions	Hádrons	Tabela Periódica	Instruções

**Selecionando “Instruções” o jogador encontrará as seguintes informações.**

#### **Comandos da nave**

*Botão esquerdo do mouse: Efetua disparo de energia ou de dispositivo de captura dependendo de qual deles estiver selecionado.*

*Botão direito do mouse: acelera a nave.*

*Rodinha do mouse: alterna entre modo de disparo de energia e de disparo de captura.*

*Tecla Enter: Também pode ser usada para alternar os modos de disparo.*

#### **Comandos na tela de ajuda ou no menu**

*Botão esquerdo do mouse: seleciona itens apontados pelo mouse*

*Teclas de cursor: As teclas de cursor (setas) podem ser usadas para navegação no menu.*

*Tecla Enter: seleciona opção do menu.*

### **Outros Comandos**

*Tecla ESC: Ativa ou desativa o menu. Também desativa o painel de ajuda ou a pausa do jogo.*

*Tecla F ou H: Ativa ou desativa o painel de ajuda;*

*Tecla Pause ou P: Ativa ou desativa pausa do jogo.*

*Ótimo! O banco de dados está operacional.*

*Lembre-se de sempre consultá-lo no início de cada missão para saber seus objetivos.*

*Talvez você tenha notado que a miniaturização causou a perda de parte das informações do banco de dados sobre as partículas.*

*Mas calma, isso não é um problema tão grave!*

*Assim que você começar a identificar partículas desconhecidas no laboratório, as informações perdidas serão gradualmente restauradas.*

*O único problema agora é encontrar o laboratório; pois ainda não conseguimos contato.*

*Mais um ajuste na antena na nave, e quem sabe podemos resolver isso...*

*Deu certo! Agora você já pode contar com um rastreador que indica a direção certa. Siga na direção apontada pela seta vermelha, para encontrar o laboratório!*

**Neste momento deve-se encontrar o laboratório até aparecer a mensagem “Objetivo atingido”.**

*O laboratório ajudará você a identificar partículas desconhecidas e será fundamental em suas próximas missões.*

*Mas primeiro é preciso abduzir partículas com o dispositivo de captura da nave, que será ativado em instantes.*

*Ao ser disparado, o dispositivo se posicionará a uma certa distância da nave. Só então, estará pronto para capturar a partícula que passar por ele.*

*Parece complicado? Então vamos pular para a parte prática.*

*Capture uma partícula qualquer para testar esse dispositivo.*

**Na tela do lado direito aparecerá a seguinte orientação:** Use a rodinha do mouse para alternar entre o disparo de energia e o dispositivo de captura. Se seu mouse não possui rodinha, aperte ENTER para realizar essa função.

#### **Após capturar a partícula...**

*Muito bem! Agora é só conduzir a partícula capturada para um dos três módulos de análise do laboratório, onde ela será atraída e ficará presa.*

**Na tela do lado direito aparecerá a seguinte orientação:** Use disparos de energia para empurrar partículas capturadas ou partículas livres. Você também pode se chocar com elas para empurrá-las, mas isso só é eficaz com partículas de menor energia.

#### **Ao levar a partícula até o módulo de análise...**

*Perfeito! Quando os módulos de análise do laboratório estiverem operacionais, o processo de identificação das partículas se iniciará automaticamente após a aterrissagem*

*Por falar nisso, a pista de aterrissagem acaba de ser ativada!*

*Tente aterrissar, posicionando a sua nave inteiramente sobre a pista.*

#### **Desta feita....**

*Parabéns! Você completou todos os passos do tutorial. Agora prepare-se para iniciar sua primeira missão real.*

### **Nível Tutorial Concluído**

**Nível 1** - Este é o primeiro nível do jogo, deve-se capturar as partículas ainda não identificadas de cores acinzentadas e levá-las até os módulos de captura do laboratório Sprace de Particuloscopia. Em seguida deve-se pousar a nave no heliporto para que as partículas sejam identificadas. A etapa seguinte é liberar as partículas para o espaço e para isso basta clicar em “Descartar conteúdo” com isso dando continuidade ao jogo clicando em “decolar”.

Se o jogador clicar em F1 e em seguida clicar em Missão encontrará a seguinte informação:

**Missão do Nível 1** - Como grande parte do banco de dados foi perdida no processo de miniaturização, sua nave não consegue mais reconhecer nenhuma partícula. Partículas não identificadas aparecem acinzentadas e sem símbolo de identificação.

Felizmente o laboratório é capaz de reter e identificar partículas capturadas, armazenando suas características no banco de dados. Com isso, será possível reconfigurar os sensores da nave, gradualmente restaurando sua capacidade de reconhecer os diversos tipos de partículas.

A sua primeira missão é capturar, em qualquer ordem, um lépton de cada tipo existente, para identificação no laboratório.

### **Objetivos**

- **Identificar neutrino de elétron**
- **Identificar neutrino de múon**
- **Identificar neutrino de tau**
- **Identificar elétron**
- **Identificar múon**
- **Identificar tau**

Deve-se capturar mais 3 partículas não identificadas e seguir o mesmo processo descrito anteriormente, completando-se assim a tabela dos léptons.

<b>Nível 1 Concluído</b>
--------------------------

Observação: Pode acontecer de se capturar anti-partículas também, mas isso não será computado, visto que não consta nos **objetivos**.

**Nível 2** – Clicando em “Missão” o jogador encontra a seguida informação:

**Missão do nível 2** - Sua próxima missão é capturar, em qualquer ordem, 2 tipos de mésons gerados no decaimento da partícula Tau, para calibragem dos sensores da nave. Observe que a partícula Tau tem várias possibilidades de decaimento e que nem sempre mésons são gerados.

Cada vez que uma partícula é identificada no laboratório, suas características são armazenadas no banco de dados. Essas informações permitem que sua nave reconheça automaticamente as partículas já identificadas, assim como suas anti-

*partículas simétricas. Dados sobre os férmions e hádrons já identificados podem ser consultados, a qualquer momento, pressionando F1.*

### **Objetivos**

- **Identificar 2 mésons de tipos diferentes : 0 / 2**

O processo para se dar continuidade ao jogo é o mesmo descrito anteriormente.

<b>Nível 2 Concluído</b>
--------------------------

**Nível 3** – Ao pressionar F1 e clicar em Missões, aparecerá a seguinte mensagem:

***Missão do nível 3** - Com base nos dados obtidos até agora, o módulo de análise do laboratório desenvolveu um desacelerador do tempo que permite estudar a composição dos quarks e anti-quarks das partículas capturadas. Utilize-o para entender a relação entre um hádron e as cores de seus quarks, pois esse conhecimento será muito útil na próxima missão.*

*Enquanto isso, você deve prosseguir com a coleta de partículas. Agora só faltam algumas amostras de bárions para completar a calibragem dos sensores da nave. Capture, em qualquer ordem, 1 próton, 1 nêutron e pelo menos outros 3 tipos de bárions.*

### **Objetivos**

- **Identificar próton**
- **Identificar nêutron**
- **Identificar 3 bárions de tipos diferentes: 0/ 3**

<b>Nível 3 Concluído</b>
--------------------------

### **Nível 4**

***Missão do nível 4** - Muito bem! Você conseguiu restaurar grande parte das informações perdidas do banco de dados, tornando o laboratório capaz de manipular quarks diretamente!*

*Agora chegou a hora de cumprir sua missão principal: gerar os núcleos dos átomos de hidrogênio e de oxigênio.*

*Para criar cada núcleo, você terá que montar os seus próprios prótons e nêutrons, a partir de outras partículas capturadas nos módulos do laboratório.*

*Consulte a tabela de hádrons para saber quais partículas possuem as composições de quarks mais favoráveis. Capture essas partículas no laboratório, depois desacelere o tempo ao normal, para que o módulo de análise produza uma nova partícula a partir dos quarks escolhidos. Lembre-se que podem existir várias partículas com a mesma composição de quarks, por isso pode ser preciso repetir o processo até produzir um próton ou nêutron. Finalmente estoque essa partícula no módulo de armazenamento, até obter a quantidade exata para montar um núcleo do tipo desejado.*

### **Objetivos**

- **Montar o núcleo de um átomo de Hidrogênio**
- **Montar o núcleo de um átomo de Oxigênio**

<b>Nível 4 Concluído</b>
--------------------------

Como conhecimento prévio, o jogador deverá saber que os números que estão indicados na tabela periódica, junto ao símbolo do elemento químico, representam o número atômico do respectivo elemento. Por exemplo, no caso do elemento químico nitrogênio, por ter o número 7, isto indica que o núcleo de seu átomo possui 7 prótons e 7 nêutrons.

Para montar os próprios prótons e nêutrons as melhores partículas para tal finalidade são os bárions,  $\Delta^+$  e  $\Sigma^+$ .

## **3.2 DISCUSSÃO SOBRE O USO DOS JOGOS EM SALA DE AULA**

Devido aos estudos realizados sobre os processos de ensino e aprendizagem que leva em consideração, principalmente, a relação entre professores e alunos, novas demandas foram criadas na área educacional. Rahal (2009) destaca que

A relação entre professores e alunos, segundo as novas teorias, está baseada na troca, e não apenas na transmissão de conhecimento, e o objetivo é não apenas a aquisição de

conhecimentos, por parte do aluno, mas também desenvolver habilidades como o pensamento independente, a criatividade, dentre outras. Assim de acordo com os novos objetivos da educação se faz necessário novos métodos de ensino, novas ferramentas que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem (n.p).

Nessa perspectiva, vemos a grande potencialidade que os jogos didáticos possuem nesse processo, uma vez que possuem caráter lúdico e criativo, tornando as aulas mais interessantes e prazerosas. Sabemos também que o uso de computadores favoreceu a diversificação de métodos de ensino, embora não garantam o sucesso dos mesmos, como afirma Tao (1997)

A utilização de software apropriado, por exemplo, de simulação, para além do apoio computacional na realização de experiências e na apresentação audiovisual, pode facilitar o ensino, não oferecendo todavia garantias de sucesso pleno (TAO apud FIOLHAIS E TRINDADE, 2003, p. 260).

Acreditamos, portanto, que o jogo SPRACE GAME pode ser considerado uma boa ferramenta de apoio didático para se trabalhar conteúdos de física de partículas, uma vez que com ele é possível conhecer e entender, de forma qualitativa, o Modelo Padrão das Partículas Elementares. O jogo é um meio que favorece o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, conforme afirmam Campos, Bartoloto e Felício (2003, p.47) “[...] o jogo didático caracteriza-se como uma importante e viável alternativa para auxiliar em tais processos por favorecer a construção do conhecimento do aluno”. Segundo esses autores há várias vantagens ao se utilizar esse tipo de material em sala de aula.

[...] pode-se preencher muitas lacunas deixadas pelo processo de transmissão-recepção de conhecimentos, favorecendo a construção pelos alunos de seus próprios conhecimentos num trabalho em grupo, a socialização de conhecimentos prévios e

sua utilização para a construção de conhecimentos novos e mais elaborados (2003, p. 47 - 48).

O jogo deve ter uma intenção quando aplicado, assim como os vídeos, os jogos devem ser explorados a fim de que se aprenda algo, e não que seja apenas para preencher tempo livre de aulas. A esse respeito, Cunha (1998 apud Campos, Bortoloto e Felício, 2003, p. 48) diz que “o jogo pedagógico ou didático é aquele fabricado com o objetivo de proporcionar determinadas aprendizagens, diferenciando-se do material pedagógico, por conter o aspecto lúdico” e Gomes et al. (2001, apud Campos, Bortoloto e Felício, 2003, p. 48) afirmam que o jogo deve ser “utilizado para atingir determinados objetos pedagógicos, sendo uma alternativa para se melhorar o desempenho dos estudantes em alguns conteúdos de difícil aprendizagem”.

Seguindo ainda a mesma ideia, o professor deve ser o intermediador do uso do SPRACE GAME na aula e deve planejar sua aplicação, visando os objetivos que deseja alcançar. De outra forma, sua utilização, não poderá contribuir para a aprendizagem da física, como alertam os autores citado por Rahal (2009, n.p):

‘A dimensão lúdica [...] qualifica as tarefas escolares’. (Macedo, 2005), porém isso só acontece quando as atividades forem planejadas, organizadas e direcionadas para esse fim e utilizadas de forma adequada. Zagury (2006) reforça a mesma orientação, com ênfase maior na forma de conduzir as atividades: ‘a ‘melhor das técnicas’ ou o ‘melhor método’ podem ser desvirtuados, anulando-se, por mal conduzidos, todo o benefício que poderia trazer aos alunos’.

O SPRACE GAME pode ser um grande motivador para os alunos, visto que o conteúdo a ser aprendido é apresentado de maneira atraente e divertido, o que por sua vez gera motivação nos alunos e facilita o processo de compreensão do conteúdo. Concordamos com Campos (2003) quando diz

Assim, consideramos que a apropriação e a aprendizagem significativa de conhecimentos são facilitadas quando tomam a



forma aparente de atividade lúdica, pois os alunos ficam entusiasmados quando recebem a proposta de aprender de uma forma mais interativa e divertida, resultando em um aprendizado significativo (p. 48).

O SPRACE GAME, diferente dos jogos de tabuleiro que são muito utilizados na educação de crianças, é um jogo para computador. Isso carrega a possibilidade de inserir o aluno em um ambiente virtual que, segundo Harison e Jaques (apud Fiolhais e Trindade ) é

o conjunto de tecnologias que permite fornecer ao homem a mais convincente ilusão possível de que este está noutra realidade; essa realidade (ambiente virtual) apenas existe no formato digital, na memória de um computador. De facto, a realidade virtual pode ser entendida como uma tecnologia que facilita a interação entre o homem e a máquina e o ambiente virtual, um cenário constituído por modelos tridimensionais [...] (2003, p.274)

Ainda no artigo os autores destacam alguns pontos que são considerados características da realidade virtual e que a torna única como meio de aprendizagem. Eles destacam que “Os ambientes virtuais permitem situações de aprendizagem por tentativa e erro que podem encorajar os alunos a explorar uma larga escolha de possibilidades” (Fiolhais e Trindade , 2003, p.275).

Podemos ver que esta ideia se aplica totalmente ao jogo analisado. Por exemplo, o aluno pode desconhecer que um próton é constituído por dois quarks up e um quark down e que eles devem possuir cargas cor diferentes. Dessa forma, o aluno pode falhar na primeira vez que tentar construir um próton. Mas, por tentativas sucessivas, que a realidade virtual possibilita, o aluno pode casualmente perceber que quando tentar formar um próton ou um nêutron com quarks de mesma cor, este se desfaz, mostrando ser impossível essa formação. O aluno poderá prosseguir até que perceba que três quarks de cores diferentes devem ser reunidos para que formem a partícula desejada.

Essa vantagem de utilização do jogo se soma a outras, como o favorecimento da interação social entre alunos-alunos e alunos-professores, já que os jogos, de forma geral, são passíveis de serem compartilhados. Frequentemente são utilizados por grupos de alunos que, não raramente, estabelecem desafios e disputas em torno dos jogos.

Outro ponto interessante a ser discutido é a postura que os alunos e professores devem ter diante do jogo, para que de fato atinjam os objetivos esperados. Segundo Coll e Martí (2004), ao se usar uma das NTIC (Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação), o indivíduo primeiramente deve tomar consciência de como proceder para realizar a tarefa (no caso do jogo, compreender e executar de maneira certa os comandos) para que de fato a máquina responda. A esse respeito afirmam

[...] há sempre uma “lógica” o dispositivo tecnológico que exige que determinadas ações – acionar uma tecla, mover e acionar uma tecla, mover e acionar o *mouse* quando o cursor está sobre uma imagem, escrever um nome, escolher uma opção de um menu, etc. – sejam realizadas de modo rigoroso e em uma determinada ordem. A lógica pode variar muito conforme o tipo de recurso tecnológico e conforme o programa que se utiliza, mas exige sempre um certo planejamento das ações e um nível mínimo de tomada de consciência do que se está fazendo para que a máquina responda. Essa exigência pode criar frustração em alguns usuários, que se nega a responder se não se faz exatamente o que se tem de fazer (p. 425).

Pela citação acima, pode-se perceber os cuidados que o professor deve ter para conduzir os alunos no momento da aplicação do jogo. Alguns alunos, por exemplo, podem voltar sua atenção para aspectos do jogo que não têm muita relevância ou até mesmo nenhuma importância, o que não conduz ao objetivo do jogo. É importante o professor deixar claro para os alunos o que eles precisam observar e analisar, para que não haja a frustração mencionada por Coll e Martí.

Enfim, são várias as vantagens de se utilizar os jogos em sala de aula. O SPRACE GAME, portanto, pode não apenas facilitar o processo de aprendizagem sobre

física de partículas, como também auxiliar na motivação e na interação social entre alunos e entre os alunos e os professores.

Em se tratando da estrutura geral do jogo, um dos problemas que se pode citar é com relação ao tempo necessário para finalizar o mesmo que é considerado longo. A dificuldade em finalizar o jogo se torna ainda maior, uma vez que o jogo não tem a opção para salvar para ser jogado num momento posterior.

#### 4. O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES

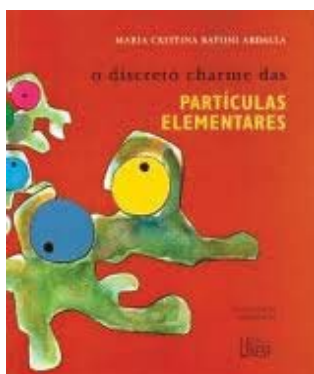


Figura 15 – Capa do livro

O livro “O discreto charme das partículas elementares” é de autoria da professora Maria Cristina Batoni Abdalla que atualmente leciona física no Instituto de Física Teórica da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Além dos trabalhos acadêmicos que realiza, a professora também já escreveu outros dois livros: “*Novas janelas para o Universo*” e “*Bohr, o arquiteto do átomo*”.

O livro *O discreto charme das partículas elementares* foi produzido pela Editora UNESP, em 2006, com o propósito de divulgação científica. Contou com apoio da FAPESP e com a participação de um cartunista profissional, Sergio Kon, para ilustração. O cartunista captou na forma pictórica as principais características e propriedades das partículas.

Os léptons, por exemplo, possuem asas. A característica de serem partículas leves é expressa no fato de serem representadas como figuras aladas.

Podemos ver abaixo algumas figuras que representam os léptons.



Figura 16 - elétron



Figura 17 - tau



Figura 18 - neutrino do múon

múon

O mesmo acontece para os glúons que são representados por um monstinho de dois olhos, já que o glúon quando descrito por uma função de onda é representado por uma matriz que possui dois índices.



Figura 19- Glúon

Nas primeiras páginas do livro o leitor se depara com um breve histórico sobre a constituição da matéria, que vai desde os filósofos gregos, que achavam que tudo provinha de uma, duas ou mais substâncias (por eles chamados de elementos primordiais), até os dias atuais, com o Modelo Padrão das Partículas Elementares. Dessa forma o livro começa com a descoberta do elétron, que se deu em 1897 e percorre 103 anos de história de descoberta de partículas até o ano de 2000, quando a última partícula do modelo padrão foi descoberta, o neutrino do elétron.

São descritos os mecanismos usados nos processos pelos quais as partículas foram descobertas, ressaltando os prêmios Nobel associados aos cientistas. Por exemplo, no caso do elétron, com a experiência que Joseph Thomson realizou com raios catódicos em 1897.

Essa partícula ao passar por um campo magnético tem sua trajetória desviada fazendo um percurso curvo e quando entra numa região onde há campo elétrico essa mesma partícula é acelerada. Essas propriedades observadas nas partículas é que deram

a ideia de construção de aceleradores de partículas, até mesmo os circulares como o LHC (Large Hadron Collider) na Suíça.

Após ser descrito com todas suas características, ter sido contextualizada historicamente sua descoberta, o elétron então é colocado dentro do Modelo Padrão. Dessa forma, é utilizada uma forma fácil e criativa de apresentar o chamado Modelo Padrão das partículas elementares. Após cada partícula ser descrita ela “entra” no Modelo Padrão. É claro que na época das descobertas das partículas ainda não existia modelo padrão, porém, é uma forma didática encontrada para descrever o modelo.

Em uma entrevista dada a revista Pesquisa FAPESP ela diz: “Quando você faz isso ao longo de 103 anos, que seja para uma classe de ensino médio, você consegue dar uma ideia da evolução da descoberta dessas partículas e colocar na cabeça dos estudantes as propriedades mais importantes” (ABDALLA, 2008).

A figura abaixo retirada do livro ilustra o modelo padrão completamente preenchido.

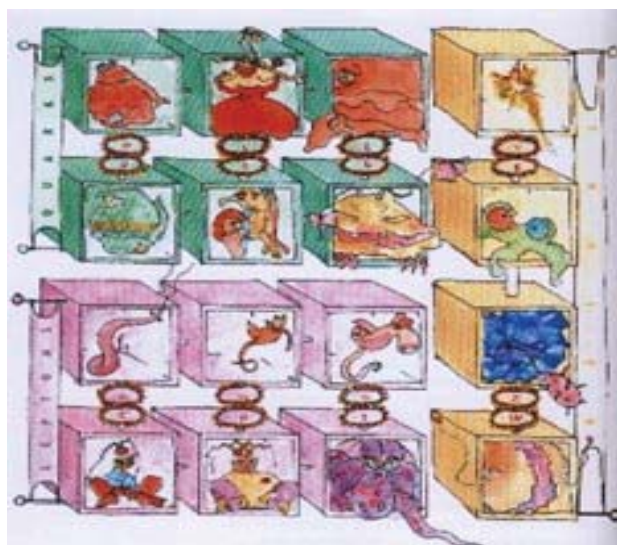


Figura 20 - Modelo Padrão das partículas elementares

Outro exemplo é o fóton, a segunda partícula elementar a ser descoberta. Ele é representado por um floquinho de luz, pois o fóton é um *quantum* de energia. Após ser discutido e apresentado, ele então é colocado numa caixinha que faz parte das partículas intermediadoras, os bósons.

O próton, por sua vez, por não ser considerado uma partícula elementar é representado por um monstinho todo costurado dando a entender que é constituído por partículas ainda menores.

Outro ponto relevante no livro é articulação de diferentes áreas do conhecimento em um mesmo texto. Além de falar das descobertas das partículas, a autora ainda se preocupa em comentar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, desmistificando a ideia de que os cientistas não erram e que são geniais, mostrando como se dá a evolução do conhecimento científico ao longo da história, assim como a tecnologia gerada em função desses avanços.

A dinâmica do livro é praticamente essa. É dito quantas, quais são e onde as partículas entram no modelo padrão, numa perspectiva histórica.

No livro existem comentários a respeito de mecânica quântica e até de relatividade, aparecem termos como função de onda, spin, números quânticos, energia relativística, assim como estão descritas as quatro interações fundamentais da natureza: força gravitacional, força eletromagnética, força fraca e força forte. Há preocupação em evidenciar a importância que as simetrias e as leis de conservação tem no entendimento da física de partículas e na construção do modelo padrão.

Após a leitura sobre as descobertas de todas as partículas é possível compreender de toda a matéria ao nosso redor é formada por apenas duas famílias de partículas: a dos léptons e a dos quarks.

A autora ainda comenta sobre as antipartículas, explicando que para cada partícula existe uma antipartícula, e apresenta a massa das partículas em escala, por meio de desenhos.

Ao final do capítulo 2 é discutida a proposição de uma partícula, o bóson de Higgs, que explicaria o mecanismo da geração de massa de todos os corpos do universo. Detectar esta partícula é um dos maiores desafios dos físicos teóricos e experimentais. Eles esperam conseguir no acelerador de partículas LHC, construído entre a França e a Suíça.

O capítulo 3 é dedicado aos aceleradores de partículas. Todos os aceleradores construídos são apresentados e descritos em detalhes, é explicado como cada um funciona e que tipo de partícula detecta.

O livro aborda desde o primeiro acelerador construído por John D. Cockcroft e Ernest Walton em Cambridge na década de 1930, cujo objetivo era acelerar prótons em

um tubo linear de 2,5 metros de comprimento; até o LHC (Large Hadron Colider). Discutem-se suas consequências e contribuições para a sociedade e no que concerne à tecnologia.

Para facilitar a compreensão do que vem a ser um acelerador de partículas é relatado o princípio básico deste equipamento, ou seja, a importância e a influência que os campos elétricos e magnéticos têm sobre partículas carregadas, tais como prótons e elétrons.

Boa parte do capítulo é dedicado ao LHC. São apresentados dados sobre os custos de investimentos, ordem de grandeza do tamanho dos detectores e comenta sobre a história da construção. Para finalizar o capítulo, é descrito brevemente o objetivo de cada um dos 4 detectores do LHC (ALICE, ATLAS, CMS E LHCb) com figuras ilustrativas.

No capítulo 4 são abordados, principalmente, as quatro forças fundamentais da natureza, bem como as partículas que intermedeiam cada uma das forças. A saber, a força eletromagnética (intermediada pelo fóton), a força nuclear forte (cuja partícula intermediadora é o glúon), a força nuclear fraca (intermediada pelos bósons de gauge,  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ ) e finalmente a força gravitacional (teoricamente o gráviton seria a partícula intermediadora, porém não há comprovação experimental de sua existência).

Estão sintetizadas de maneira fácil e agradável as 4 interações fundamentais através de desenhos com suas partículas intermediadoras, como pode ser observado nas figuras abaixo.



Figura 21 - Interação entre dois elétrons intermediada por um fóton



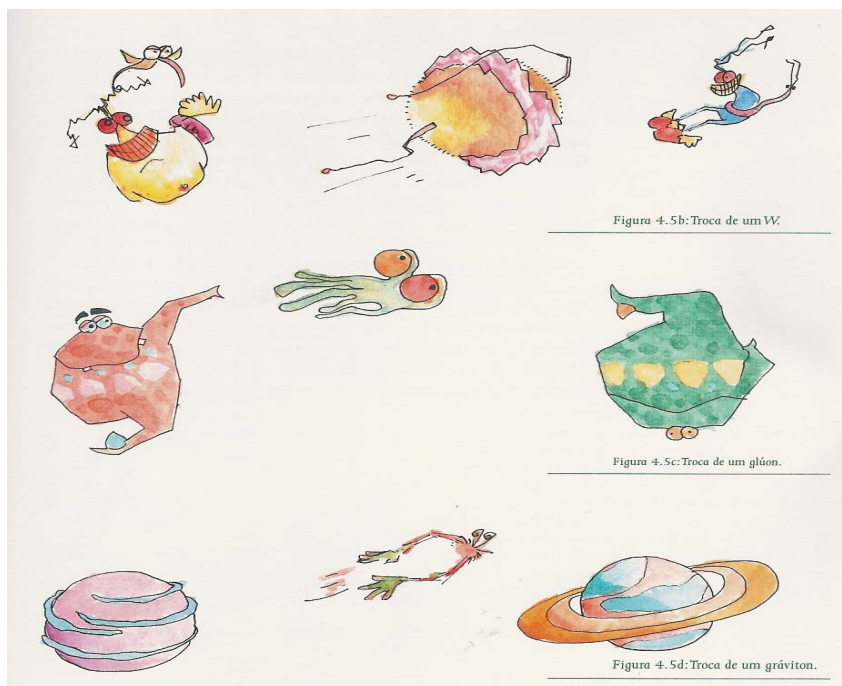


Figura 22 - Interação fraca / Interação forte/ Interação gravitacional Intermediadas por um W, glúon e um gráviton respectivamente.

No quinto e último capítulo são tratados assuntos de astrofísica e cosmologia. É descrito, a evolução do Universo, o seu início (Big Bang) até os dias atuais, assim como é comentado sobre energia escura, seu efeito sobre o universo e sua expansão.

O capítulo inicia com uma breve história das discussões sobre a estrutura do Universo travadas ao longo dos séculos, desde os gregos antigos até a formulação da lei de Newton sobre a gravitação.

É possível ainda encontrar neste capítulo comentários sobre a lei de Hubble, efeito Doppler, linhas espectrais, entre outras evidências do modelo do Big-Bang.

De maneira geral, o capítulo aborda temas modernos de forma qualitativa, sem se preocupar com cálculos e formalismos matemáticos.

#### 4.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO LIVRO

Apresentado o conteúdo do livro, podemos destacar alguns pontos que chamam a atenção quando se pretende analisa-lo como um material de apoio didático para auxiliar o professor nas aulas de física.

Pela leitura e análise do livro, acreditamos que ele possa ser uma boa referência para o professor que pretende trabalhar física de partículas, uma vez que o livro aborda assuntos modernos e contemporâneos de forma bastante simplificada sem a perda de rigor científico, o que o torna como um ótimo material de apoio para o Ensino Médio.

No livro, por exemplo, trabalha-se muito bem o conceito de função de onda, mesmo que de forma qualitativa, de outra forma, seria inadequado o grau de formalismo matemático para os alunos. Em um artigo em que trata do seu livro, a autora afirma:

O critério que define elementar até que não é difícil – é até bastante intuitivo: toda partícula que pode ser quebrada não é elementar, e toda aquela que tem um único constituinte é considerada elementar. No entanto, do ponto de vista experimental e teórico, o conceito não é tão simples assim (...) do ponto de vista teórico, o conceito que define uma partícula elementar é, antes de tudo, de natureza abstrata e matemática. Todas as partículas elementares são descritas por objetos matemáticos denominados funções de onda, a partir dos quais são extraídas informações sobre a dinâmica de tais partículas. A função de onda que descreve uma partícula elementar não pode ser redutível função de onda de outras partículas. Essa linguagem é ditada pela mecânica quântica e, para nossos propósitos, parece um bocado complicada (ABDALLA, 2005, p. 38).

Nos parece que houve uma grande habilidade na transposição didática dos conhecimentos científicos para o livro. Assim como ressalta Chevallard (1998) apud Lozada e Araújo (2007, p.?) “[...] a aprendizagem significativa do conteúdo de Física de Partículas Elementares necessita de elementos de transposição didática que auxiliem na assimilação deste conteúdo pelos alunos”. A transposição didática contribui para a atualização e modernização do saber escolar, pois “[...] a Física de Partículas Elementares traz uma atualização do saber que já se encontra em sala de aula, através de uma nova visão da natureza, feita pelo modelo padrão atual” (Siqueira e Pietrocola, 2006 apud Lozada e Araújo 2007, p.?).

As figuras que representam as partículas elementares são, em nossa opinião, a principal atração do livro. Elas são representadas por monstros caracterizados com as principais características das partículas que representam. Do ponto de vista didático, isso é um ponto positivo do livro, pois ajuda a desconstrução da ideia de que as partículas são “bolinhas”. Além disso, as figuras são criativas, coloridas e muito interessantes, atendendo a crença de Moreira (2004) apud Lozada e Araújo (2007, p.?) de que: “com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos alunos a ideia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, ao invés de difícil e enfadonho”.

No capítulo 2, porém, quando a autora define o conceito quântico de “spin”, usando a analogia com a rotação de um objeto em torno de seu eixo, as figuras ilustrativas, mostram bolinhas e seus eixos de rotação, coincidentes com seus eixos de simetria. Isso pode destruir todo o esforço de transmitir a ideia de que as partículas não são “bolinhas”, o que torna significativa a afirmação de Lozada e Araújo (2007, n.p.) “para a necessidade de tomar o devido cuidado com o uso de analogias ao ensinar-se o modelo padrão, para não incorrer em erros conceituais”.

Ao escolher um material o professor deve estar atento aos seus pontos fortes e fracos, pois, como já afirmamos anteriormente, não existe material perfeito. É importante que o professor atribua valor e seja criterioso ao escolher todos os materiais que utilizará em sala de aula, sejam eles, livros didáticos, vídeos, livros de apoio didático, afinal, “o docente é co-responsável pelo seu uso ou não” Costa et al. (2007, n.p.)

Outro ponto favorável do livro é a forma de contextualização da história das partículas, ou seja, são discutidos os aspectos que envolvem ciência, tecnologia e sociedade nas descobertas, o que pode tornar as aulas de física de partículas mais interessantes.

Nossa análise do livro nos mostra que ele poderia ser um ótimo material complementar para o professor que usa a proposta curricular do Estado de São Paulo, principalmente para trabalhar a Situação de Aprendizagem 2, intitulada “Ciência no Brasil” do 4º caderno da 3ª série. A atividade proposta nos Cadernos sugere que os alunos leiam um texto sobre a descoberta de uma partícula feita por um físico brasileiro, atribuam um título para a reportagem de acordo com suas interpretações e compreendam a importância de um cientista brasileiro numa descoberta científica. O

*dicreto charme das partículas elementares* seria uma boa ferramenta para complementar a atividade, ampliando a oferta de informações sobre o assunto.

O professor que usará o livro como material de apoio deve atentar também para possíveis interpretações equivocadas sobre as “escalas das massas”. Ao ler o texto da pág. 143, pode-se interpretar que o Higgs poderá resolver o problema da hierarquia das massas entre as partículas, o que não é verdade, pois este explicaria o mecanismo da geração de massas e não o porquê das diferentes massas.

O uso didático do livro também requer atenção para outro ponto. Embora o formalismo matemático seja adequado para alunos de Ensino Médio, alguns termos técnicos, como, função de onda e energia relativística, exigirão maior detalhamento do professor.

Por tudo que dissemos acima, acreditamos que este livro é uma excelente ferramenta para o professor utilizar em aulas de física, basta explorá-lo de maneira consciente e atentar para os pontos delicados citados acima. Ressaltamos, por último, que sua utilização, pode ir além de aulas sobre física de partículas, pois, parte de seu conteúdo pode servir para o estudo de gravitação. O professor pode apresentar o texto sobre a força gravitacional apresentada no livro e aproveitar a oportunidade para comentar sobre as outras forças fundamentais existentes na natureza.

## 5. VÍDEO: O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES

Apresentamos uma breve descrição do conteúdo do vídeo “O discreto Charme das Partículas Elementares”. A transcrição integral das cenas pode ser encontrada no Apêndice A.

Em 2006 a professora Maria Cristina Batoni Abdalla lançou o livro “*O discreto charme das partículas elementares*”, analisado no capítulo anterior, na Bienal do livro de São Paulo. Na ocasião a TV Cultura propôs à autora que o livro fosse transformado em vídeo. O vídeo foi apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e pela reitoria da UNESP e estreou na TV Cultura no dia 10 de novembro de 2008, com o mesmo nome do livro.



Figura 23 – Capa do vídeo

O objetivo era transmitir aos jovens do Ensino Médio, numa linguagem flexível, o conteúdo da proposta curricular do Estado de São Paulo no tocante ao ensino das partículas elementares.

Nesse vídeo, o telespectador é convidado a mergulhar numa fascinante aventura que vai desde os conceitos básicos sobre partículas elementares até ao entendimento dos sofisticados aceleradores de partículas.

Inicialmente, o vídeo mostra a importância das partículas elementares assim como a evolução do conhecimento do homem com relação à estrutura da matéria. O Modelo Padrão das Partículas Elementares também é comentado nos momentos iniciais do vídeo e são explicitadas as principais propriedades das partículas que constituem o modelo. Bósons mediadores, força gravitacional, força nuclear forte, força nuclear fraca e força eletromagnética, matéria, anti-matéria são assuntos discutidos em um bate papo entre a professora Helena, interpretada pela atriz Flávia Garrafa, e os alunos Rafa e Marina, interpretados por Giovanni Delgado e Sheyla Coelho, respectivamente.

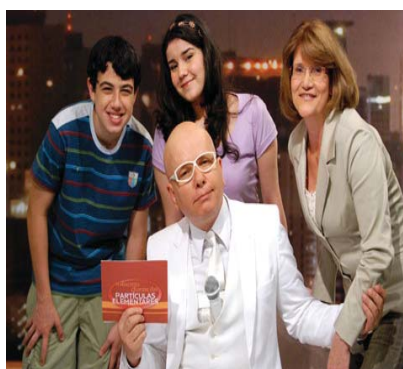


Figura 24 – Atores. Da esquerda para direita: Giovanni Delgado, Sheyla Coelho e a professora Abdalla. Na frente: o apresentador Marcelo Tas.

Em um segundo momento do vídeo, a professora Abdalla resalta a importância e o efeito que os estudos das partículas elementares têm sobre a sociedade moderna e conta também como foi produzir o seu livro.

O vídeo apresenta também uma entrevista com os professores Francisco Caruso Neto e J. A. Helayel Neto, ambos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas do Rio de Janeiro. Eles falam o que é e como funciona um acelerador de partículas, fornecem informações gerais sobre o LHC, tais como, localização, funcionamento dos detectores e objetivos da máquina.

Na seqüência do vídeo, é apresentado um vídeo-clip, na forma de um rap, chamado de “Rap do LHC”.

Para finalizar, é discutido um pouco sobre cosmologia, ressaltando a principal teoria que tenta explicar a origem do Universo, a teoria do Big Bang, passando por

assuntos como anti-matéria, forças unificadas e sobre os impactos que a ciência tem na sociedade.

Seguem algumas imagens mostradas no vídeo.



Figura 25 – Atriz Gabriela França



Figura 26 – Cena do vídeo



Figura 27 – Cena do vídeo com o apresentador Marcelo Tas

## 5.1 DISCUSSÃO SOBRE O USO DO VÍDEO NO ENSINO DE FÍSICA

Filmes e vídeos didáticos têm sido utilizados no ensino de Física como uma ferramenta de apoio didático desde a década de 1950 (Rohling et al., 2002) a fim de auxiliar na motivação dos alunos e na compreensão de conteúdos trabalhados em sala de aula. Conforme aponta Rosa,

Um filme ou um programa multimídia tem um forte apelo emocional e, por isso, motivam a aprendizagem dos conteúdos apresentados pelo professor. Além disso, a quebra de ritmo provocada pela apresentação de um audiovisual é saudável, pois altera a rotina da sala de aula (2000, p.39).

Porém, permanece a carência por trabalhos que discutam formas de usar esses recursos de forma mais efetiva, pois, como afirma Oliveira (2005, p.7), “embora o uso pedagógico de filmes e dos debates que eles propiciam seja bastante disseminado, ainda há poucos estudos sobre esse recurso ou livros que ajudem a incrementá-lo”.

Acreditamos que o vídeo pode ser um recurso didático importante e interessante para o ensino de qualquer disciplina, uma vez que a sociedade moderna faz amplo uso da imagem e do som em suas atividades diárias. Entretanto, é necessário que o professor tome muito cuidado para utilizar um vídeo em sala de aula, pois, se utilizá-lo de maneira equivocada pode-se passar uma imagem de que os vídeos servem para diversão ou simplesmente para passar o tempo. Um perigo que já apontamos anteriormente, quando discutimos o jogo SPRACE GAME.

No artigo intitulado “O vídeo na sala de aula”, Mórán (1995) apresenta várias maneiras inadequadas de se trabalhar com vídeos na sala de aula: vídeo tapa-buraco; vídeo-enrolação; vídeo-deslumbramento; vídeo-perfeição e só vídeo. Ao discutir “só vídeo”, o autor diz que “não é satisfatório didaticamente exibir o vídeo sem discuti-lo, sem integrá-lo com o assunto de aula, sem voltar e mostrar alguns momentos importantes” (p.30). Ou seja, de nada adianta o professor passar o vídeo sem explorá-lo e discuti-lo com seus alunos, pois as chances de ocorrer uma aprendizagem sobre os conteúdos exibidos no vídeo, será pequena.

Uma ideia complementar a essa de Mórán, nos é fornecida por Rosa (2000, p.35) quando aponta que “um erro que se comete nas escolas é o de achar que, por estarem acostumados a ver televisão, os estudantes já sejam capazes de olhar um filme de Ciências e, a partir dele, compreenderem o evento científico mostrado”.

Assim, não basta passar o vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares” e esperar que os alunos aprendam o que é o Modelo Padrão das Partículas Elementares e suas interações fundamentais.



Uma maneira de usar o vídeo seria como abertura dos estudos. Ele poderia ser exibido numa primeira aula e seria solicitado aos alunos que anotassem os pontos que julgassem importantes e os termos desconhecidos. Na aula seguinte, o professor poderia explicar o conteúdo, assistindo novamente o vídeo junto com os alunos (talvez não mais em sua totalidade), de maneira a congelar as cenas e fazer comentários sobre o assunto abordado.

Outra maneira interessante é o professor, tendo utilizado o vídeo como motivador inicial, reapresentá-lo quando tiver terminado o estudo do conteúdo de física de partículas com os alunos – com uso de outras estratégias e recursos. Dessa forma, os alunos poderiam compreender o vídeo por completo e seu conteúdo faria sentido para eles.

Usar este vídeo como motivador inicial para o estudo das partículas elementares nos parece muito apropriado, pois concordamos com Morán (1995, p. 30) que “um bom vídeo é interessantíssimo para introduzir um novo assunto, para despertar a curiosidade, a motivação para novos temas. Isso facilitará o desejo de pesquisa nos alunos para aprofundar o assunto do vídeo e da matéria”.

O vídeo ainda pode ser explorado de maneira a focar apenas pontos que forem relevantes para o contexto trabalhado na sala de aula como, por exemplo, para o estudo do Modelo Padrão ou das quatro Interações Fundamentais.

Em qualquer escolha feita pelo professor sobre a forma como usar o vídeo, é importante que ele seja o moderador entre o conteúdo apresentado no vídeo e a opinião que será formada pelos alunos. Para isso, o professor também precisa se posicionar, mostrando o que sabe, suas opiniões e suas dúvidas.

O professor exhibe as cenas mais importantes e as comenta junto com os alunos, a partir do que estes destacam ou perguntam. É uma conversa sobre o vídeo, com o professor como moderador. O professor não deve ser o primeiro a dar a sua opinião, principalmente em matérias controvertidas, nem monopolizar a discussão, tampouco deve ficar em cima do muro. Deve posicionar-se, depois dos alunos, trabalhando sempre dois planos: o ideal e o real; o que deveria ser (modelo ideal) e o que costuma ser (modelo real) [MORÁN, 1995, p.32].

As palavras de Morán são particularmente importantes quando estamos trabalhando com conhecimentos/saberes ainda em construção, que é o caso de um assunto como o Modelo Padrão. Existem várias questões abertas e/ou controversas: o modelo não está fechado – falta detectar partículas previstas no modelo; existem teorias concorrentes; é necessário um investimento altíssimo da sociedade para construção de aceleradores de partículas – e talvez o maior deles em operação, o LHC, não opere de maneira a atingir seu principal objetivo; o acesso aos dados obtidos nos aceleradores é desigual entre os países que participam do projeto; entre outras. Então, a opinião do professor é muito importante e pode ajudar os alunos para que esses formem as suas próprias opiniões.

Dessa forma, o vídeo em questão nos parece uma boa ferramenta para propiciar debates e auxiliar em aulas sobre física de partículas, “se trata de um formato conveniente para a aprendizagem por o nosso cérebro processar a informação por livre associação de conceitos” (Fiolhais e Trindade, 2003, p. 15). Basta utilizá-lo de maneira coerente para favorecer o processo de ensino e aprendizagem.

## 6. PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO – UMA ABORDAGEM A PARTIR DO LHC

Em julho do ano de 2010, no CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), no Rio de Janeiro, durante a “VIII Escola do CBPF”, foi lançada a “Coleção CBPF - Tópicos de Física” editada pela livraria da Física. Trata-se de uma coleção de livros direcionados ao público de pós-graduação, de graduação e para professores que lecionam Física.

A coleção completa é constituída por 14 volumes que abordam vários temas da física, são eles: 1. Introdução à Física de Partículas; 2. Eletrodinâmica Não Linear: Causalidade e Efeitos Cosmológicos; 3. Correlações Quânticas no Espaço de Fases; 4. Cosmologia; 5. Reflexões Sobre Historiografia e História da Física no Brasil; 7. Introdução à Microscopia de Força Atômica; 8. Teorias e Interpretações da Mecânica Quântica; 9. Magnetismo Molecular; 10. Física em Computadores; 11. Meteoritos: Cofres da Nebulosa Solar; 12. Eletrônica Analógica Essencial: Para Instrumentação Científica; 13. Uma Introdução à Microscopia Eletrônica de Transmissão e 14. Técnicas de Medidas Magnéticas.

Neste capítulo vamos descrever e a analisar o volume 6, intitulado “Partículas Elementares no Ensino Médio: Uma Abordagem a Partir do LHC”, cujos autores são Wagner Franklin Balthazar e Alexandre Lopes de Oliveira.

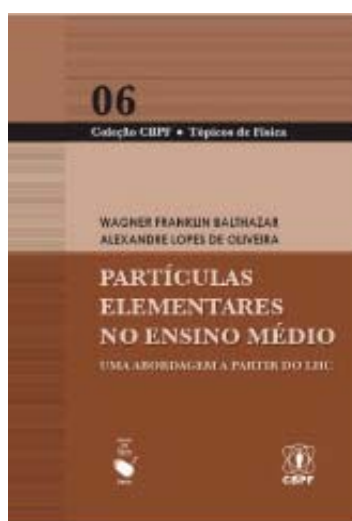


Figura 28 - Capa do Livro

O livro está dividido em duas partes, num total de 6 capítulos. Nos três primeiros capítulos são tratados “Aspectos sobre as abordagens CTS e HFC no ensino de Ciências”. Assuntos sobre o LHC, o Modelo Padrão, as partículas elementares e as interações fundamentais fazem parte dos três últimos capítulos.

O livro começa discutindo sobre a necessidade de atualização dos currículos de física do Ensino Médio, uma vez que temas modernos e contemporâneos da física são deixados de lado, abordando-se apenas temas da física clássica.

A metodologia defendida pelos autores para que o processo de ensino e aprendizagem se torne mais fácil e significativo para os alunos está baseada na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

No primeiro capítulo os autores tratam do movimento criado na década de 1960 chamado de CTS e discutem como a produção da ciência impacta na sociedade. Os autores defendem o uso da abordagem CTS no ensino, justamente pelo fato de trazer a ciência para a realidade do aluno, de maneira que haja uma aprendizagem mais significativa.

O segundo capítulo intitulado “Uma visão sobre História e Filosofia da Ciência (HFC)” trata da importância da discussão da inserção da história e da filosofia da ciência no ensino, especialmente nas aulas de física, a fim de mostrar aos alunos como se dá o desenvolvimento da ciência. Com a inserção da HFC o aluno consegue visualizar que a ciência é algo construído por pessoas que erram, é possível saber como são construídos os modelos e teorias e que, muitas vezes, elas são derrubadas por outras consideradas mais sólidas e consistentes.

O terceiro e último capítulo da primeira parte do livro traz uma proposta para o Ensino Médio baseado em Paulo Freire<sup>3</sup>. Sugere-se debates e discussões dentro da sala de aula a partir de um tema gerador que seja amplo o suficiente para que a partir dele se discuta temas mais específicos.

Os autores propõem como tema gerador o LHC considerando que poderia desencadear várias discussões e debates a respeito das partículas elementares.

Ao escolher o tema LHC, a proposta feita pelos autores permite discutir algumas questões do tipo: como o LHC funciona? Quais conteúdos de física pode-se aprender

---

<sup>3</sup> Paulo Reglus Neves Freire foi um educador e filósofo brasileiro. Destacou-se por seu trabalho na área da educação popular, voltada tanto para a escolarização como para a formação da consciência política. É considerado um dos pensadores mais notáveis na história da Pedagogia mundial, tendo influenciado o movimento chamado pedagogia crítica. [http://pt.wikipedia.org/wiki/Paulo\\_Freire](http://pt.wikipedia.org/wiki/Paulo_Freire)

estudando o LHC? Que tipo de avanço tecnológico se tem a partir das pesquisas realizadas no LHC?

Para facilitar a visualização da proposta, os autores propõem um mapa conceitual, mostrando o que se pode trabalhar a partir do LHC até chegar no Modelo Padrão das partículas elementares.

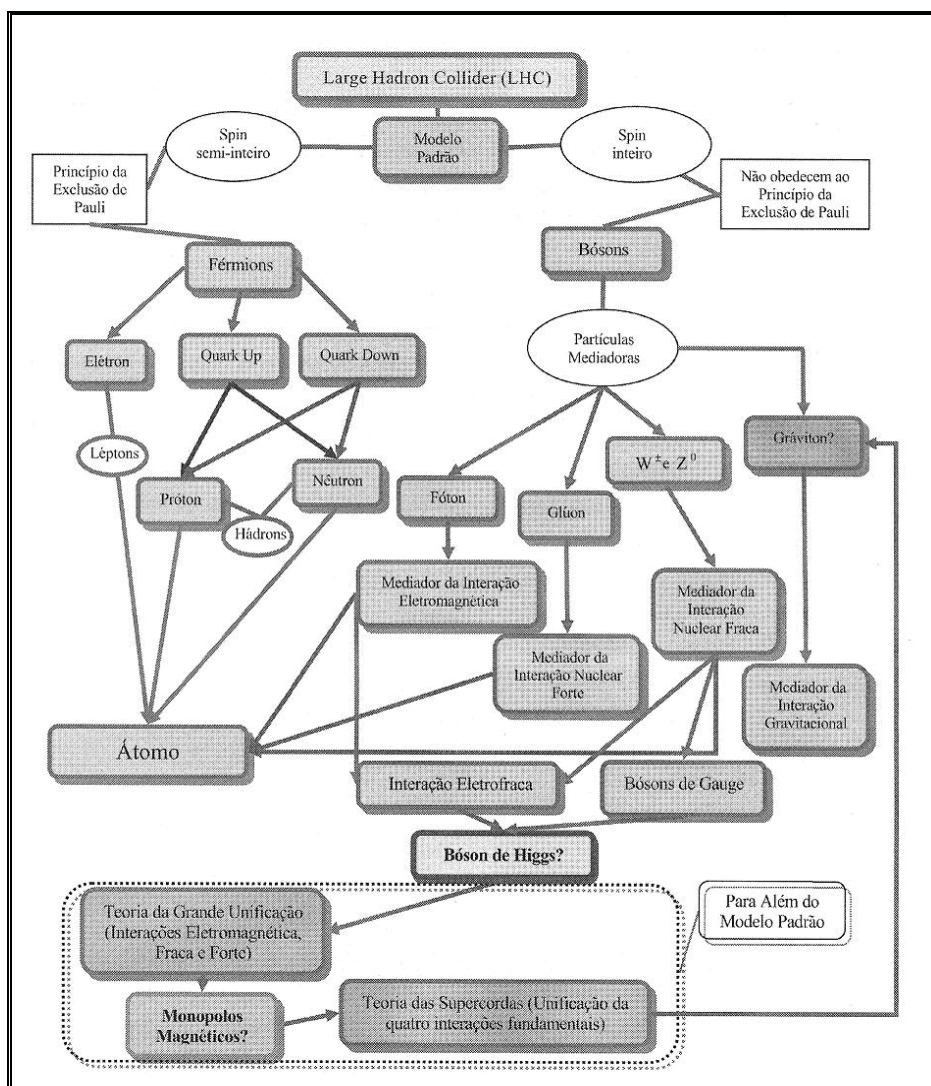


Figura 29 - Mapa conceitual sobre a proposta do livro: do LHC e modelo padrão ao bóson de Higgs.

Essa foi a melhor maneira que os autores acharam para situar os alunos dentro da abordagem escolhida. Segundo eles “Acreditamos que essa seja uma boa forma de situarmos o aluno no conteúdo, permitindo que ele saiba de onde vamos partir e onde vamos chegar” (p.21).

Em seguida, os autores descrevem de forma sucinta o conteúdo que será abordado no restante do livro, como: “Visão geral do LHC, sua construção e seu funcionamento”; “A relação das pesquisas no CERN com desenvolvimento de novas tecnologias, e, conseqüentemente, seu impacto na sociedade”; “Apresentação do modelo padrão de partículas” e “História do desenvolvimento das partículas elementares: do elétron ao bóson de Higgs”.

Nesta etapa finaliza-se a primeira parte do livro. A parte II se inicia com o título “O LHC e o modelo padrão, partículas elementares e interações fundamentais.

O quarto capítulo traz informações e dados gerais sobre o Grande Colisor de Hádrons (LHC). Este capítulo tem por objetivo fazer com que o aluno se familiarize com o LHC respondendo questões simples tais como: Onde o LHC se situa? Qual sua importância? Quais foram os investimentos? Que tipo de tecnologia se produziu a partir dessa máquina? Quanto tempo se levou para construí-lo?

No capítulo seguinte intitulado de “O Modelo Padrão de Partículas Elementares” os autores trazem a ideia do que vem a ser o Modelo Padrão, assim como a ideia de partículas elementares.

Em seguida os autores apresentam as partículas que compõem o Modelo Padrão na forma de um quadro, como segue abaixo.

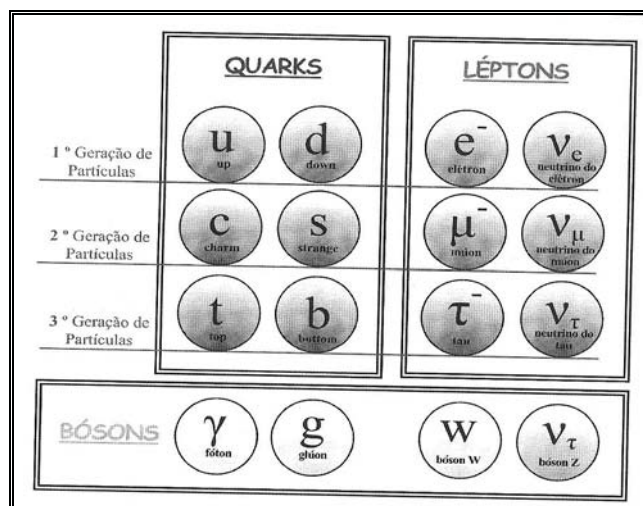


Figura 30 - Partículas do Modelo Padrão.

O sexto capítulo chamado de “Partículas Elementares e Interações Fundamentais” apresenta a história da identificação das partículas elementares e da evolução do conhecimento do homem em relação à estrutura da matéria. A ideia desse

capítulo é mostrar como o conhecimento do homem a respeito das partículas elementares se desenvolveu ao longo da história.

O capítulo inicia relatando as primeiras ideias filosóficas dos gregos antigos em relação aos “tijolos” fundamentais da natureza. Os autores destacam os principais como Tales de Mileto, Anaximandro, Anaxímenes, Heráclito entre outros que tiveram grande importância dentro deste contexto, tais como Empédocles e Heráclito. Em seguida, é comentado as ideias atômica de Demócrito e Leucipo na antiguidade, inclusive o paradoxo do movimento, elaborado pelo filósofo Zenão, de Eléia.

O livro ainda comenta mesmo que brevemente sobre o período (Idade Média) em que as ideias de que tudo era feito de átomos ficou hibernada. É relatado que as ideias que surgiam para explicar a estrutura da matéria eram tímidas e eram de pouca relevância, uma vez que um defensor do atomismo nessa época poderia ser levado à fogueira.

Dando continuidade ao texto os autores apresentam os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr, e sempre que possível apresentam os experimentos envolvidos nas descobertas das partículas.

Para finalizar o capítulo, é apresentado de maneira muito interessante, e fácil de entender, as quatro forças fundamentais existentes no Universo: força forte, força fraca, força gravitacional e força eletromagnética.

A primeira força a ser descrita é a força eletromagnética cujo bóson intermediador é o fóton. Em seguida é explicitada a interação nuclear fraca responsável pelos decaimentos de núcleos instáveis, assim como a interação nuclear forte existente entre os quarks no núcleo mediados pelos bósons glúons. Os autores ainda se preocupam em discutir a interação eletrofraca e o papel do tão procurado bóson de Higgs, uma ferramenta matemática criada para resolver o problema da massa das partículas, assunto muito discutido na mídia como mencionado anteriormente.

[...] um dos problemas é de entender como acontece a geração da massa dos bósons intermediários (W e Z)? A pergunta era natural, uma vez que o fóton não tem massa, e os bósons da interação fraca são muito massivos. Para resolver este problema foi acrescentado ao modelo da interação fraca o mecanismo de Higgs, uma ferramenta matemática, que com a formulação de



novas teorias, foi responsável por interpretar a quebra de simetria, que gerou massa aos bósons mediadores da interação fraca, e até os férmions. Esse mecanismo previu a existência de uma nova partícula de massa muito grande, que ficou conhecida como bóson de Higgs, o único mecanismo capaz de quebrar espontaneamente a simetria de calibre da interação eletrofraca (p.64).

## 6.1 DISCUSSÃO E ANÁLISE DO LIVRO

Muito se tem discutido sobre o enfoque CTS no ensino de ciências, especialmente, a fim de aproximar o aluno da ciência e da tecnologia, assim como das questões éticas e políticas. A ideia é levar o aluno a adquirir uma postura mais crítica e reflexiva acerca do contexto científico-tecnológico e que tenha uma concepção mais abrangente deste contexto da qual faz parte.

A abordagem CTS é o aspecto mais marcante do livro. Os autores defendem a ideia da abordagem CTS, argumentando que esta facilita o processo de ensino e aprendizagem, pois, segundo eles, este enfoque metodológico

[...] considera as relações entre ciência, tecnologia e suas implicações para a sociedade, além do aluno entender que a física é uma construção da sociedade. Dessa forma o aluno pode ter um aprendizado que contemple, além de fórmulas, um entendimento da física como uma construção da sociedade, que tem influência direta em nossas vidas (BALTHAZAR e OLIVEIRA, 2010)<sup>4</sup>.

O livro deixa evidente a importância de o aluno perceber os impactos que os estudos científicos causam no seu dia-a-dia, concordando dessa forma com a afirmação de Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) sobre a importância do enfoque CTS no ensino de ciências.

Dessa forma, a importância de discutir com os alunos os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está

---

<sup>4</sup> Trecho extraído do prefácio do livro.



no fato de que devemos conceber a ciência como fruto da criação humana. Por isso, ela está intimamente ligada à evolução do ser humano, desenvolvendo-se permeada pela ação reflexiva de quem sofre/age as diversas crises inerentes a esse processo de desenvolvimento.

Outro ponto positivo do enfoque CTS abordado no livro, é o de aproximar ainda mais o aluno da realidade em que vive, participando de forma consciente dos problemas sociais, assim como afirmam Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p.77) abaixo.

Nesse encaminhamento, o ensino-aprendizagem passará a ser entendido como a possibilidade de despertar no aluno a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade. Emerge daí a necessidade de buscar elementos para a resolução de problemas que fazem parte do cotidiano do aluno, ampliando-se esse conhecimento para utilizá-lo nas soluções dos problemas coletivos de sua comunidade e sociedade.[...] Professores e alunos passam a descobrir, a pesquisarem juntos, a construir e/ou produzir o conhecimento científico, que deixa de ser considerado algo sagrado e inviolável.

Segundo Solomon (apud Balthazar e Oliveira, 2010, p.4) há algumas características especiais que mostram a importância do enfoque CTS. São elas:

- Um entendimento das ameaças ao meio ambiente, incluindo aquelas em nível global, para a qualidade de vida
- Aspectos econômicos e industriais da tecnologia.
- Entendimento sobre a natureza falível da ciência
- Discussões de opiniões pessoais e valores, para uma boa ação democrática.
- Uma dimensão multicultural

Ainda segundo Solomon, pode-se deixar explícito para os alunos os impactos ambientais que decorrem dos avanços tecnológicos e as implicações sociais, a exemplo das Usinas Nucleares que lida com o problema do lixo atômico. Questões do gênero

podem, portanto, ser discutidas com os alunos numa perspectiva voltada para problemas econômicos, étnicos e ambientais decorrentes da tecnologia e o livro do CBPF pode ser utilizado nessa perspectiva.

Outro aspecto forte do livro é abordagem no campo da História e Filosofia da Ciência (HFC). Os autores Balthazar e Oliveira afirmam a importância da História e Filosofia da Ciência (HFC), ressaltando que essa dá um caráter mais completo para a abordagem CTS. Segundo os autores “A ideia da abordagem histórica e filosófica da ciência é entender como se desenvolveu o conhecimento do homem sobre as partículas elementares, reforçando a ciência como uma construção humana”<sup>5</sup>.

Pode-se constatar também que de acordo com Pinheiro, Silveira e Bazzo

[...] além de ter acesso aos conhecimentos relacionados à ciência e à tecnologia, o educando precisará entender como esses processos formaram em que eles implicam quais suas conseqüências e que tipo de atitudes o cidadão deverá ter diante dos problemas. É necessário que ele possa efetivar sua participação enquanto ente de uma comunidade, buscando informações, aquelas diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão e seu meio, exigindo um posicionamento quanto ao encaminhamento de soluções.

Para formar um cidadão com essas compreensões, é preciso que o Ensino Médio dê ao aluno condições de compreender a natureza do contexto científico-tecnológico e seu papel na sociedade. Isso implica adquirir conhecimentos básicos sobre filosofia e história da ciência, para estar a par das potencialidades e limitações do conhecimento científico, pois, para que o cidadão possa tomar suas decisões, precisa ter evidências e fundamento (p. 79)

A inserção de HFC no ensino, é justificada por Balthazar e Oliveira com dois motivos. Primeiro, porque boa parte do que se conhece atualmente sobre as partículas elementares nasceu, a princípio, da filosofia, ou seja, primeiro vem a teoria e em

---

<sup>5</sup> Texto extraído do prefácio do livro analisado.

seguida os experimentos. Segundo, porque o próprio entendimento das partículas elementares está vinculado com um processo histórico e filosófico. Segundo esses autores com o uso de HFC fica claro a evolução do conhecimento do homem a respeito das partículas elementares e que a ciência é uma construção humana constituído por seres que também erram. Segundo eles, essa é uma boa proposta, visto que une a abordagem CTS com a perspectiva histórico filosófica.

Os autores acreditam que os textos do livro podem contribuir para que professores e alunos possam refletir sobre o ensino e principalmente aprender um pouco sobre as partículas elementares que constituem o Universo, e perceber que a ciência é construída por meio de grandes esforços e que esse processo se concretiza de forma gradativa.

A primeira parte do livro nos parece mais voltada para preparar os professores para lidar com a HFC e a abordagem CTS. Não acreditamos que os textos dessa parte sejam muito adequados para leitura dos alunos. O contrário se mostra na segunda parte do livro, onde cada capítulo trata de um assunto e poderia servir de material de estudo para os alunos de Ensino Médio.

A leitura do livro é bastante agradável, os textos são objetivos e a linguagem é bastante acessível. Como o LHC é o tema gerador para o ensino da Física de Partículas, o funcionamento do acelerador é descrito em detalhes. As informações, no entanto, não são técnicas em excesso, de forma que os alunos não possam entender. Assim, entendemos que o livro pode ser um bom material de apoio para o ensino de Física.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha dos materiais analisados foi guiada, principalmente, pelas experiências vividas durante a graduação. A proposta curricular do estado de São Paulo foi objeto de análises e discussões em mais de uma disciplina, por ser atualmente o material mais utilizado nas escolas estaduais. O jogo SPRACE GAME tornou-se por nós conhecido por ocasião do MasterClass 2010, um evento internacional de divulgação sobre Física de Partículas, do qual participamos como integrantes do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência). Nosso primeiro contato com o livro e o vídeo de autoria da Professora Maria Cristina Abdalla, foi em uma palestra que ela realizou na FEG, em 2009. Utilizamos ambos, em conjunto com o jogo e outros materiais, para elaborar uma apostila que levamos para Manaus – AM, em janeiro deste ano, para oferecer uma oficina sobre Física de Partículas no Simpósio Nacional de Ensino de Física. Por fim, escolhemos o livro da coleção Tópicos de Física do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), localizado no Rio de Janeiro, em um curso que lá fizemos no verão de 2010.

Obviamente, existem outros materiais, além desses que analisamos, que podem auxiliar no ensino de partículas para alunos de Ensino Médio. Dentre os que conhecemos, podemos citar dois livros de divulgação científica: “O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos”, onde o autor, Robert Gilmore, utiliza os personagens de “O mágico de Oz” para explicar conceitos de Física de Partículas; e o também interessante livro chamado “Como ensinar física ao seu cachorro”, no qual o autor, Chad Orzel trava diálogo bem humorado com sua cachorra, Emmy, sobre as principais teorias e os princípios da física quântica. Cartas e memórias são utilizadas para trazer referências de personagens e fatos marcantes da história da ciência.

Com isso, podemos afirmar que a falta de material apropriado não é mais um motivo para não ensinar Física de Partículas nas escolas. Este pode já ter sido um empecilho relevante, evidência disso, é que os materiais analisados e citados são relativamente recentes. Porém, hoje temos vários materiais à disposição do professor, começando pela proposta curricular que é distribuída gratuitamente para professores e alunos do estado de São Paulo.

Outros materiais, como o jogo SPRACE GAME e o vídeo “O discreto charme das partículas elementares” são facilmente acessados pela Internet. Tarefa que pode ficar a cargo dos próprios alunos, dependendo de como o professor decidir organizar suas aulas.

Aliás, as escolhas do professor quanto ao uso do material é o ponto mais importante do resultado da nossa análise. Não adianta ter bons materiais à disposição, se o professor não souber explorá-los.

Todos os materiais analisados podem ser excelentes ferramentas de apoio didático para o professor que queira trabalhar com Física de Partículas no Ensino Médio. Porém, é necessário que o professor cumpra seu papel intermediador do processo de ensino e aprendizagem, orientando o aluno no uso do material, alertando para suas falhas e explorando seu potencial. Por exemplo, materiais como o vídeo e o jogo podem ser mais atraentes, porém, existe o grande risco de serem trabalhados de maneira equivocada e não atingirem os objetivos esperados. O uso desse tipo de material pode, facilmente, ser a causa de dispersão dos alunos, de forma que eles podem não aprender o que de fato é importante.

Cada material tem suas peculiaridades, alguns são de fácil obtenção (como a Proposta Curricular, vídeo e jogo), outros são mais caros (como o livro da professora Abdalla) e talvez não possa chegar às mãos de todos os alunos, o que não significa que não possa ser obtido pelo professor ou pela escola, por exemplo. Alguns são mais adequados quando se quer tratar da Física de Partículas em perspectiva histórica (como o livro da professora Abdalla), outros são mais adequados quando o ponto de interesse são as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (livro do CBPF). A motivação para o estudo pode ser alcançada por meio de alguns materiais (como o jogo e o vídeo) e outros podem ser utilizados para aprofundamento dos estudos (como os livros do CBPF e da Professora Abdalla). Enfim, sempre caberá ao professor analisar quais materiais são mais apropriados para suas turmas, em cada etapa do ensino.

Esse trabalho de graduação contribuiu para nossa formação de diferentes maneiras, no que concerne ao conhecimento de materiais para o ensino de um conteúdo específico que, sem dúvida, é uma contribuição para a atuação como professor, quanto na habilidade para selecionar materiais e selecionar o que interessa ou não em um determinado material.

Pudemos articular os conhecimentos agregados ao longo da graduação para a confecção deste trabalho de conclusão de curso. O hábito da leitura foi aprimorado, devido aos vários artigos científicos e outros materiais que foram lidos para dar suporte para a produção deste trabalho. Aprimoramos também a capacidade de produzir textos e analisá-los criticamente.

Esperamos que esse trabalho possa contribuir como referência de materiais para ensinar Física de Partículas, possa contribuir para o reconhecimento da importância da inserção desse conteúdo na formação científica dos alunos de Ensino Médio, da mesma forma que contribuiu para nossa formação e, com certeza, será uma referência para nossas produções futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. C. B. Sobre o discreto charme das partículas elementares. Revista Física na Escola, v. 6, n.1, 2005.

ABDALLA, M. C. B. O discreto Charme das Partículas Elementares. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

ABDALLA, M. C. B. Entrevista com Maria Cristina Abdalla no dia 29/11/2008. Revista da FAPESP On-line. Acessado em [www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br). Em 15/04/2011.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 5 – 18, set./dez. 2004.

BALTHAZAR, W. F.; OLIVEIRA, A. L. Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Livraria da Física, 2010.

CAMPOS, L. M. L., BORTOLOTO, T. M; FELÍCIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. Caderno dos Núcleos de Ensino - UNESP, 47-60, 2003.

COLL, C.; MARTÍ, E. A educação escolar diante das novas tecnologias da informação e da comunicação. In: Coll et al. Desenvolvimento Psicológico e Educação. Volume 2. Porto Alegre: Artmed, 2004.

COSTA, F. V.; FERREIRA, M. F.; BENEVIDES, V. M.; HOUSOME, Y. O uso do livro didático no desenvolvimento da disciplina Física no Ensino Médio. São Luiz (MA). Atas do XVII SNEF, 2007.

<https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/atas/resumos/T0625-1.pdf>.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Revista Brasileira de Ensino de física. São Paulo, v.25, n.3, 2003.

GILMORE, R. O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

LOZADA C. O.; ARAÚJO M. S. T. Ensino de Física de partículas elementares no ensino médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão. São Luis (MA). Atas do XVII SNEF, 2007.

MÓRAN, J. M. O vídeo na sala de aula. Comunicação e Educação. São Paulo, v.2, p.27 – 35, jan/abr. 1995.

OLIVEIRA, B. J. História da Ciência no Cinema. Belo Horizonte. Editora ARGUMENTUM, v. 4, 2005.

ORZEL, C. Como ensinar física ao seu cachorro. São Paulo: Editora Campus, 2010.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCNEM). Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias – Física. Brasília: MEC/INEP, 2010.  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

PEREIRA A. P; OSTERMANN F.; Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma revisão da produção acadêmica recente. Investigações em Ensino de Ciências. v. 14, p. 393 – 420, 2009.

PINHEIRO, N. A. C.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. Ciência & Educação, Bauru, v.13, n.1. jan/apr. 2007

RAHAL, F. A. S. Jogos didáticos no ensino de física: Um exemplo na termodinâmica. Trabalho apresentado no SNEF XVIII, Vitória –ES, jan/2009.

ROSA, P. R. S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.17, n. 1, p.33 – 49, abr. 2000.



ROHLING, J. H. et al. Produção de Filmes Didáticos de Curta Metragem e CD-ROMs para o Ensino de Física. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. vol.24, n.2, pp. 168-175, 2002.

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 1ª série, volume 1. São Paulo: SEE, 2009.[a].

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 1ª série, volume 2. São Paulo: SEE, 2009.[b]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 1ª série, volume 3. São Paulo: SEE, 2009.[c]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 1ª série, volume 4. São Paulo: SEE, 2009.[d]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 2ª série, volume 1. São Paulo: SEE, 2009.[e]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 2ª série, volume 2. São Paulo: SEE, 2009.[f]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 2ª série, volume 3. São Paulo: SEE, 2009.[g]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 2ª série, volume 4. São Paulo: SEE, 2009.[h]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, volume 1. São Paulo: SEE, 2009.[i]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, volume 2. São Paulo: SEE, 2009.[j]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, volume 3. São Paulo: SEE, 2009.[k]

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: Luis Carlos de Menezes et. al). Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, volume 4. São Paulo: SEE, 2009.[l]

## APÊNDICE A

### TRANSCRIÇÃO DO VÍDEO “O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES”

Olá, eae!!! Tudo bem? Você já ouviu falar com certeza no L.H.C., aquele grande colisor de partículas que foi inaugurado na Suíça. É a maior máquina que já foi construída na Terra que está causando tanta discussão, que disseram até que ele pode provocar o fim do mundo. Os cientistas afastaram totalmente esse risco, mas o que nós sabemos sobre o L.H.C.? E o átomo? E as partículas elementares que constituem o átomo? Se você quer entender melhor o nosso mundo e o Universo, assista agora ao programa “O Discreto Charme das Partículas Elementares”. Acompanhe o Rafa nessa viagem que vai do espaço sideral até o mundo subatômico e fique sabendo o que é L.H.C., o que são partículas elementares e o que há de mais atual na ciência moderna. A física nunca esteve tão na moda! Embarque nessa aventura de conhecimento.

O princípio de tudo estaria condensado em um pontinho denso, muito quente, de radiação e partículas elementares. De sua expansão deu-se a origem do tempo e do espaço, o Big Bang, o Universo.

- Rafa, Rafa, Rafa! Acorda Rafa, aula de física, a gente tem que estudar! (Marina)
- Boa tarde, gente! (Helena)
- Boa tarde! (Turma)
- E aí, prontos pra viagem? (Helena)
- Acabei de voltar do espaço! (Rafa)
- Você dormiu tanto que sonhou, é? (Marina)
- Bom, meu nome é Helena, eu sou física, e eu vim aqui conversar com vocês sobre as partículas elementares e sobre a origem do universo! (Helena)
- Big Bang? (Rafa)
- Como é que é seu nome? (Helena)
- Rafa. (Rafa)
- Pois bem, Rafa! Olha, foram séculos e séculos de estudos, um longo percurso trilhado por astrofísicos, cosmólogos, físicos, até chegarmos à teoria do Big Bang que ainda não foi totalmente comprovada, viu gente! (Helena)

- E parece que na origem de tudo também tinha uma super-força, que ninguém sabe direito o que é. (Marina)
- É, e é justamente isso o que eu estudo. E quem sabe um dia, algum de vocês! (Helena)
- Eu? Você? (Rafa)
- Talita. (Marina)
- Bom gente, mas voltando... Para gente chegar até aqui foi preciso, assim, muita pesquisa científica, tivemos desde Demócrito, o filósofo grego, que propôs a teoria atomista há 400 anos a.C... (Helena)
- Há vinte e cinco séculos... que esperto hein!! (Rafa)
- Até Dalton que publicou a sua teoria atômica moderna em 1808. Mas gente, até o final do séc. XIX os cientistas ainda achavam que o átomo era a menor porção de matéria que existia. (Helena)
- É, átomo em grego quer dizer indivisível! (Marina)
- É, e é justamente por isso que o átomo ganhou esse nome. Como é que você se chama? (Helena)
- Marina... por causa do mar. (Marina)
- Lindo nome! (Helena)
- Bom, gente, mas aí, em 1897 um cientista inglês chamado Joseph Thomson conseguiu quebrar o átomo e observar os elétrons, descobrindo assim a 1ª partícula elementar. (Helena)
- Essa sim, indivisível. (Marina)
- Elementar, minha cara! (Rafa)
- Exatamente, Marina, exatamente. As partículas elementares não são constituídas de partes, elas são sempre compostas por um único elemento. (Helena)
- Mas aí fica mais fácil, né ?! (Rafa)
- Não, as partículas elementares são objetos complexos, viu gente, elas têm uma enorme quantidade e variedade de interações. (Helena)
- Mas pra que elas servem? (Rafa)
- Elas formam a estrutura de toda e qualquer matéria que nós já conseguimos observar no Universo, gente. (Helena)
- Uau! As partículas estão com tudo! (Rafa)

- E para descrever essas partículas os físicos desenvolveram o modelo padrão. (Helena)

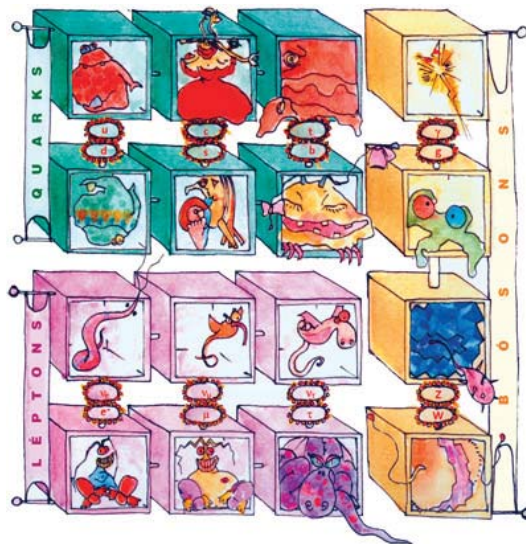


FIGURA 31 - Modelo Padrão

- É maior fácil o modelo padrão! Vamos subir pra aula que o professor Maxwell falou que vai explicar de novo! Vamos! (Marina)
- Vamos! (Rafa)
- O modelo padrão descreve as partículas elementares e as suas interações, com ele a gente pode classificar as partículas elementares em quarks, léptons e bósons mediadores. Os quarks e o léptons pertencem a essas três famílias. Aqui na 1ª família nós temos o quark up e o quark down. (Maxwell)
- Parece nome de sucrilhos... (Rafa)
- Aqui no setor dos léptons nós temos o elétron e o seu neutrino, o neutrino do elétron. Essa primeira família é a família que mais nos interessa. Alguém sabe por que? (Maxwell)
- São as partículas que podem ser encontradas na matéria ao nosso redor? (Talita)
- Muito bem, Talita! Essas partículas podem ser encontradas tanto na matéria que nos cerca como na que nos constitui. O neutrino do elétron é muito difícil de ser observado. Alguém sabe por quê? (Maxwell)
- Ah! Porque ele interage pouco com a matéria? (Talita)
- Isso mesmo Talita, muito bem! Ele interage de uma forma tão fraca com a matéria que nesse exato momento, milhões e milhões de neutrinos atravessam a Terra e...

nada. Alguém sabe me dizer de que partículas são formados os prótons e os nêutrons? (Maxwell)

- Quarks up e down? (Talita)
- Muito bem! O nêutron é formado por 2 quarks down e 1 quark up. Já os prótons são formados por 2 quarks up e 1 quark down. Mas muita atenção, isso só no começo, na formação do Universo, quando os quarks up e down, eles eram grudados por uma espécie de cola chamada glúon. O glúon, nós classificamos como um bóson mediador. Ele fica aqui na coluna dos bósons mediadores. O glúon é um bóson mediador porque ele é responsável por mediar a interação entre os quarks. Então esse aqui é o glúon, na coluna dos bósons mediadores. Bom, agora que vocês já sabem que os prótons são formados por quarks up e down e conhecem o elétron, a gente pode falar do átomo de hidrogênio. Alguém sabe dizer porque que o elétron fica nessa região chamada eletrosfera, como se estivesse preso? (Maxwell)
- Será que é porque tem alguma coisa que une o elétron ao próton? (Marina)
- Isso mesmo, Marina, muito bem! Assim como o glúon faz a interação entre os quarks, o elétron e o próton também têm a interação feita por um bóson mediador. Alguém saberia me dizer que bóson é esse? (Maxwell)
- É o fóton. (Marina)
- Caramba! Você viu isso? (Rafa)
- Viu o que? (Marina)
- O fóton é o bóson mediador da força eletromagnética. Estudem então o próximo capítulo para a aula que vem! Combinado?! (Maxwell)

*“... para entender a origem do universo , antes você precisa conhecer duas coisinhas, o modelo padrão das partículas elementares e a interação que existe entre elas...”*

(Marcelo Tas)

- Modelo padrão até na TV? (Rafa)

*“... é ... modelo padrão ...”* (Marcelo Tas)

*“... o acelerador de partículas elementares L.H.C...”* (Marcelo Tas)

*“... é um projeto que exigiu uma infraestrutura enorme...”* (Marcelo Tas)

*“... gigantesca, inédita na nossa história. Os cientistas tiveram que criar novas tecnologias para poder processar a imensa quantidade de dados gerados pelo L.H.C... A European Data Grid é a maior rede que já existiu, conectando centenas de milhares*

*de computadores pelo mundo com uma velocidade da ordem de 10 gigabytes por segundo...*” (Marcelo Tas)

- Tem alguém aqui? (Rafa)
- Ssshhhh...fala mais baixo! Assim eu não consigo me concentrar! (Marina)
- Marina, você tá aqui! (Rafa)
- É o que parece! (Marina)
- Mas, cadê você? (Rafa)
- Rafa, que é que te deu? (Marina)
- Marina! Você viu isso? (Rafa)
- Viu o que? O fóton? (Marina)
- O fóton? Essa coisinha que me trouxe ate aqui é o fóton? (Rafa)
- É, o fóton é um quantum de luz. Ele é uma partícula elementar. Você não lembra que o professor explicou que o fóton é o bóson mediador da interação eletromagnética? (Marina)
- Mais ou menos... ah eu sei, foi naquela aula que o fóton saiu do meu caderno e foi parar no modelo padrão, na lousa, não foi? (Rafa)
- É por causa do fóton que a gente enxerga as coisas. (Marina)
- Como assim? (Rafa)
- O fóton é um quantum de energia de luz, quer dizer, um pacotinho de energia e é por causa da luz que a gente vê as coisas. (Marina)
- Será que o fóton queria que eu te visse? Ele que apontou o caminho...Que é que é aquilo ali? (Rafa)
- É o átomo de hidrogênio. Rafa, átomo de hidrogênio! Átomo de hidrogênio, o Rafa. O átomo de hidrogênio, Rafa, é o mais simples e o mais abundante no universo, o mais simples porque ele só tem um próton no núcleo e um elétron na eletrosfera. (Marina)
- Oi, átomo de hidrogênio! (Rafa)
- Os átomos mais complexos como o carbono, o fósforo, o nitrogênio eles tem mais prótons e mais nêutrons formando o núcleo e mais elétrons na eletrosfera. (Marina)
- Não me diga! (Rafa)
- O núcleo pode ter vários prótons e como eles tem a carga positiva. Você sabe o que acontece quando eles se encontram? (Marina)
- Eles se repelem? (Rafa)

- Isso, mas você sabe porque eles não se repelem dentro do núcleo do átomo? (Marina)
- Não. (Rafa)
- Na verdade pela carga elétrica os prótons se repelem sim, mas também existe a força nuclear forte mediada pelos glúons. A força forte é muito mais intensa do que a força eletromagnética. (Marina)
- E eles ficam lá “brigando”? (Rafa)
- Isso. E como resultado dessa competição entre as duas forças, os prótons acabam “se acomodando dentro do núcleo a uma certa distância”, o que dá a impressão de que eles se repelem. Entendeu? (Marina)
- Mais ou menos. (Rafa)
- Ah! Mas o elétron não é sensível à força forte, aliás, não só os elétrons, nenhum lépton é sensível à força forte. (Marina)
- O modelo padrão!!! (Rafa)
- Oh! O elétron é uma partícula elementar que tá do modelo padrão, tá vendo? (Marina)
- Óbvio! (Rafa)
- Óbvio! Óbvio! Já que você é tão sabido assim me diz aí: o que é o neutrino do elétron? (Marina)
- Hmm? (Rafa)
- Professor Maxwell!!! (Marina)
- Tudo bom? (Maxwell)
- Tudo! Que bom que você tá aqui! A gente tá com uma dúvida! (Marina)
- Diga! (Maxwell)
- O que é neutrino do elétron? (Rafa)
- O neutrino do elétron é a partícula elementar que acompanha o elétron na família dos léptons do modelo padrão. (Maxwell)
- E os léptons são os que não são sensíveis à força forte, não é? (Rafa)
- É isso aí, Rafa! (Maxwell)
- E os outros léptons? (Rafa)
- Existem seis léptons. O elétron e o seu neutrino formam a primeira família. O múon, que nem o elétron, também tem o seu neutrino. O múon e seu neutrino formam a segunda família dos léptons. (Maxwell)



- E a terceira? (Marina)
- A terceira família é formada pelo tau e.... (Maxwell)
- O neutrino do tau? (Rafa)
- É isso aí, Rafa! Assim como o elétron tem o seu neutrino, o múon também tem o dele, nada mais natural que o tau ter o seu neutrino. Física também é simetria. (Maxwell)
- Ô professor, mas as partículas não se parecem nada com as figuras aí. (Marina)
- Não, claro que não. As partículas são de natureza abstrata e a gente faz a representação através de equações muito complicadas, uma linguagem matemática bem sofisticada. (Maxwell)
- Ai, ai... (Rafa)
- Mas aí, eu gostei dessas coisinhas aí que representam a diversidade do mundo das partículas. Que nem no livro, né? (Marina)
- É! (Maxwell)
- Que livro? (Rafa)
- O discreto charme das partículas elementares, que a professora Maria Cristina escreveu e que o Sérgio Kon ilustrou. (Marina)
- Olha ela aí! (Maxwell)

**“É importante conhecer, entender e dominar as partículas elementares. O conhecimento delas é importante, porque tudo que nós temos à nossa volta é feito de partículas elementares. Somos constituídos de partículas elementares. O mundo moderno está imerso num conhecimento que usa as partículas elementares. O laser, a televisão, o celular, até as esteiras de supermercados, utilizam algum aspecto que veio do conhecimento das partículas elementares. Isso é um sem fim, porque hoje em dia nós temos o *itouch* que tem a tela funcionando apenas com um toque e esse conhecimento só foi possível dominando a Mecânica Quântica, por exemplo, e o conhecimento todo que está envolvido com as partículas elementares.**

**A ideia do livro surgiu depois de anos de projeto para tentar explicar aos estudantes como é que nós podemos representar essas partículas elementares que são tão importantes nos fenômenos físicos. Passei horas com o desenhista e ele conseguiu captar todas as propriedades que eu queria colocar nesses desenhos. O**

**Sérgio fez um trabalho magnífico que como resultado conseguiu chamar atenção de muita gente com uma ilustração que arrebatou a atenção dos adolescentes.”**

**(Professora Maria Cristina Abdalla)**

- Depois você pode pedir um autógrafo no seu livro pra ela, né? (Rafa)
- Mas Professor, as partículas são meio tremidas, não é? (Marina)
- É que no mundo subatômico, você tem que levar em conta o princípio da incerteza. (Maxwell)
- É, eu tô meio incerto quanto a isso. (Rafa)
- O mundo microscópico tem leis muito diferentes do mundo macroscópico. O princípio da incerteza diz que é impossível saber com precisão absoluta a posição e a velocidade das partículas. (Maxwell)
- Por isso que quando a gente tenta localizar uma partícula a gente não consegue saber exatamente a velocidade dela. (Marina)
- É isso aí Marina, muito bem! (Maxwell)
- Bom, o setor dos léptons já tá completo! Vamos completar o dos quarks? (Rafa)
- Vamos lá! Esse é quark up e esse é o quark down. (Maxwell)
- São eles que formam o próton e o nêutron, não é? (Rafa)
- É isso aí, Rafa! Os prótons são formados por dois quarks up e um quark down. (Maxwell)
- E o nêutron? (Marina)
- O nêutron é formado de dois quarks down e um quark up. É por isso que existe uma pequena diferença de massa entre o próton e o nêutron. Eles fazem parte da primeira família dos quarks. Além do quarks up e down que formam a primeira família, nós temos o quark estranho e o quark charmoso, que formam a segunda família dos quarks. (Maxwell)
- Estranho e charmoso, que nem eu, né Marina ?! (Rafa)
- E na terceira família: quark bottom. (Maxwell)
- E o ...? (Rafa)
- Quark top, a partícula elementar que tem a maior massa, sua massa é tão grande que só houve condições propícias para que ele existisse no início do Universo. (Maxwell)
- Mas se ele só existiu lá, como é que a gente sabe aqui? (Rafa)

- Por causa dos experimentos dos cientistas, né, dargh! (Marina)
  - O quark estranho, o charmoso, o bottom e o top são partículas muito instáveis que tem uma vida muito curta, eles só podem ser reproduzidos em laboratórios em condições muito específicas. (Maxwell)
  - Que legal! Agora a gente tem todos os quarks e os léptons do modelo padrão. Profes... Cadê o professor? Ué, cadê a Marina? (Rafa)
  - Rafael Nunes Medeiros! (Marcelo Tas)
  - Sou eu. Quem é você? E cadê a Marina? (Rafa)
  - Você quer ver ela de novo? (Marcelo Tas)
  - Claro! Cadê ela? (Rafa)
  - Só há uma maneira de você reencontrar a Marina. Você terá que passar por um teste! Se você falhar, fica aqui neste lugar me fazendo companhia! (Marcelo Tas)
  - Mas, que tipo de teste? (Rafa)
  - Um teste de três perguntas, mas você não pode falhar em nenhuma! Preparado? (Marcelo Tas)
  - Acho que sim! (Rafa)
  - Primeira pergunta: Quais são os oito léptons do modelo padrão das partículas elementares? Valendo! (Marcelo Tas)
  - Os léptons são: elétron, o neutrino do elétron, o múon, o neutrino do múon, o tau, o neutrino do tau. Mas são só seis! (Rafa)
  - A resposta está e-e-exata! (Marcelo Tas)
  - Segunda pergunta! Quais são os quarks e suas respectivas famílias do modelo padrão. Valendo! (Marcelo Tas)
  - Os quarks são seis também: A primeira família o quark up e o quark down. Na segunda família o quark estranho e o quark charmoso. E na terceira família tem o... quark bottom e o quark top. (Rafa)
  - A resposta está e-e-exata! Terceira e última pergunta: Em que família se encontram o próton e o nêutron no modelo padrão? Valendo! (Marcelo Tas)
  - O próton e nêutron não são partículas elementares. Então eles não podem estar no modelo padrão. Mas eles são formados por quark up e quark down. Que eles sim estão no modelo padrão. (Rafa)
  - A resposta está e-e-e-exata! (Marcelo Tas)
- Aplausos...

- Lembrou Rafa! (Marina)
- Marina! (Rafa)
- Quais são os bósons mediadores que faltam? (Marina)
- Eu nem sei o que é bóson mediador. (Rafa)
- Como é que você não sabe o que é um bóson mediador, Rafa? (Helena)
- Ah! Desenhar ele sabe! (Marina)
- Oi, professora! (Rafa)
- Oi! (Helena)
- Gente, os bósons mediadores promovem interações entre as partículas. Por exemplo, se vocês estivessem num mundo microscópico, o bóson mediador seria essa bolinha. É ela que faz a interação entre vocês. Um dos bósons mediadores que existe é o glúon, é como se os glúons fossem uma espécie de cola. Os glúons são eles que unem os quarks up e os quarks down para formar os prótons e os nêutrons. (Helena)
- E eles formam a matéria? (Marina)
- É, os prótons e os neutros formam os núcleos dos átomos e os átomos formam a matéria ao nosso redor. Os glúons são as partículas intermediadoras da força nuclear forte. (Helena)
- E chama forte porque é forte mesmo? (Rafa)
- É! Essa força que une os quarks é muito poderosa, tanto que ainda nenhum quark isolado foi observado, eles só existiram assim livres, no Universo primordial. (Helena)
- Que louco isso! (Rafa)
- Olha! Os quarks fazem parte da matéria e os anti-quarks da antimatéria. (Helena)
- Como assim? (Rafa)
- Olha, no início do Universo, a matéria e a antimatéria foram formadas na mesma proporção, aí não se sabe bem porque, mas com a evolução do Universo, a antimatéria foi suprimida. (Helena)
- Ah! Agora entendi! (Rafa)
- E hoje o nosso mundo, ele é formado essencialmente de matéria, mas a antimatéria permeia o mundo nas reações subatômicas. (Helena)
- É incrível tudo isso, professora! (Marina)
- É, não é! Olha, a formação de um quark com um antiquark se chama méson. (Helena)

- Méson? (Rafa)
- Existem vários tipos de mésons, um deles é o méson pi e um dos responsáveis pelo descobrimento desse méson pi, foi um físico brasileiro chamado César Lattes. (Helena)
- Que orgulho, hein!?! (Marina)
- E quais são os outros bósons mediadores? Ah...esse aí é o fóton. (Rafa)
- O fóton é a partícula intermediadora da força eletromagnética, que é a força que existe entre as partículas carregadas eletricamente como o próton e o elétron no átomo de hidrogênio. (Helena)
- O que aconteceu? (Rafa)
- Os fótons! (Marina)
- Ó gente, não se esqueçam: os fótons são os bósons mediadores da força eletromagnética. (Helena)
- O glúon é o bóson mediador da força forte. Mas tem também a força gravitacional. Não tem? (Marina)
- Claro que tem! (Helena)
- E tem mais alguma? (Rafa)
- Tem a força fraca! Olha, todos os fenômenos da natureza são regidos por essas quatro forças: a força forte, a força fraca, a força eletromagnética e a força gravitacional. (Helena)
- E o que que é a força fraca? (Rafa)
- A força fraca é responsável pelos fenômenos radioativos. (Helena)
- E qual é o bóson mediador da força fraca? (Marina)
- Na verdade são 3: é o bóson  $W^-$ , o bóson  $W^+$  e o bóson  $Z^0$ . (Helena)
- Agora todas as caixinhas estão cheias! (Rafa)
- Mas e a força da gravidade, professora? (Marina)
- É a força de atração entre duas porções de matéria. (Helena)
- É por causa dela que a gente não sai voando por aí Rafa, porque “rola” uma força de atração da Terra pra gente e da gente pra Terra. (Marina)
- Olha, Marina, eu preciso te falar uma coisa: também rola uma força de atração entre eu e você. (Rafa)
- Professora, mas rola uma força de atração do sol pra terra? (Marina)
- É, a força gravitacional existe entre o sol e a terra, e entre a terra e o sol. (Helena)

- Viu gata? (Rafa)
- Rafa!! (Marina)
- Bom, gente, voltando às partículas... Além do glúon do fóton e dos bósons mediadores  $W^+$ ,
- $W^-$ ,  $Z^0$ , existe um outro bóson, só que ele não é mediador. É o bóson de Higgs. Que é o tesouro que os cientistas precisam descobrir. (Helena)
- Por quê? (Marina)
- Porque segundo a proposta desse cientista inglês o Peter Higgs, essa partícula seria responsável por dar massa a todas as outras partículas. (Helena)
- Como assim? (Rafa)
- Acredita-se que nos primeiros instantes da criação do Universo as forças estavam todas unificadas e as partículas não tinham massa. (Helena)
- Não tinham massa? Mas massa não é aquilo que a gente pesa? (Rafa)
- Não. Massa é a quantidade de matéria e energia e o que nos interessa é saber a origem da massa. Mas voltando a origem do Universo. Quando a força fraca se separou das outras, os seus bósons mediadores entraram num campo, o chamado, campos de Higgs e aí ganharam massa. (Helena)
- Nossa interessante! (Marina)
- Mas o fóton, por alguma sutileza, permaneceu sem massa. (Helena)
- O modelo padrão agora está completo! (Marina)
- É, a parte das partículas sim, agora falta a parte das anti-partículas. Gente, assim como existem os léptons existem os antiléptons, por exemplo, um dos tipos de lépton que existe é o elétron e a carga dele é negativa, certo? (Helena)
- Certo! (Rafa)
- Então, a anti-partícula do elétron é o anti-elétron ou conhecido também como pósitron, ele é igualzinho ao elétron, só que a carga dele é positiva. (Helena)
- Bom, dos anti quarks a gente já falou. (Marina)
- Existem anti-bósons também? (Rafa)
- Olha, dos fótons e do  $Z^0$  não, mas dos outros existem sim Rafa. (Helena)
- Parece que na física subatômica as regras têm suas exceções, né? Olha aqui galera! (Rafa)
- Bom, gente, olha, eu vou indo!! (Helena)
- Tchau! (Marina)

- Tchau professora! Bom, agora que a gente já aprendeu tudo sobre o modelo padrão e suas anti-partículas. Bem que a gente podia pegar aquele cineminha que eu to te convidando desde o Big Bang né? (Rafa)
- Tudo? (Maxwell)
- Professor Maxwell!! (Marina)
- Mal eu chego e o senhor diz que já aprendeu tudo, Rafael? (Maxwell)
- Ah, professor, não é que eu aprendi tudo, sabe. É que eu sei bastante. (Rafa)
- Ah, o Rafa se contenta com pouco. (Marina)
- Mas você eu sei que é muito pra mim. (Rafa)
- Rafa, você se imagina fazendo parte de uma descoberta revolucionária que nem o bóson de Higgs? (Maxwell)
- Não. (Rafa)
- Você sabia que certas descobertas mudam o rumo da história? Você lembra do Bohr e do modelo atômico? (Maxwell)
- Ah! Foi ele que apresentou o modelo atômico que nós conhecemos hoje com as camadas dos elétrons. (Marina)
- E porque isso é tão importante? (Rafa)
- O estudo do comportamento dos elétrons pelos cientistas foi muito importante, porque eles descobriram várias informações sobre o nosso mundo e até sobre o mundo das estrelas. (Maxwell)
- É? (Rafa)
- É, o Bohr imaginou que o átomo de hidrogênio era formado por um núcleo carregado positivamente e um elétron carregado negativamente orbitando em torno dessa carga central. Ele imaginou que os dois tinham cargas de valor igual e por isso o átomo era eletricamente neutro. (Maxwell)
- Certo. (Marina)
- Nesse modelo, ele criou uma serie de órbitas possíveis para acomodar o elétron. Essas órbitas eram círculos concêntricos. O elétron só poderia se mover em uma dessas órbitas. Hoje a gente sabe que essa carga central positiva é o próton e que as órbitas não são circulares e sim elípticas. No seu estado de energia mínima, o elétron, ele se posiciona sempre na sua primeira camada, na sua órbita fundamental. Pra mudar de órbita ele precisa ganhar energia, essa energia pode ser dada por um fóton externo. (Maxwell)

- Isso aí eu sei bem! (Rafa)
- Mas a tendência é que o elétron permaneça na sua camada fundamental, ou seja, ele tende a voltar pra sua órbita. Toda vez que ele volta, ele libera energia na forma de luz. Quando essa luz é registrada numa chapa fotográfica é revelado o espectro de emissão daquele elemento químico. É como se cada elemento químico tivesse a sua impressão digital. (Maxwell)
- Que maluco! (Rafa)
- E a partir da luz que as estrelas emitem, que nós podemos saber de quais elementos químicos elas são formadas. (Maxwell)
- E como que os cientistas observam a luz que vem das estrelas? (Rafa)
- A luz é registrada através do telescópio e analisada. Assim é que a gente sabe, por exemplo, que o sol é formado basicamente de hélio e de hidrogênio. (Maxwell)
- Estudar coisas tão pequenas para entender coisas tão gigantes como o Universo... (Rafa)

“E estamos começando mais um programa! Podem ir sentando, vamos lá, por favor!! Olho só, hoje no programa eu vou conversar com dois cientistas brasileiros: Professor Helayel, Professor Caruso, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, do Rio de Janeiro. Professor Helayel, que é um acelerador de partículas?”.

Bom, o acelerador de partícula é um instrumento científico que é projetado, que é desenhado pra produzir partículas que existiam no início do Universo, mas que existem ainda hoje. Muitas delas são bastante instáveis, então é preciso que nós as produzamos nessas experiências com os aceleradores para que a gente possa tirar informação sobre o mundo das partículas, a matéria, do universo. É interessante observar que esses aceleradores não estão muito longe de nós. Dentro de nossas casas, nós temos um objeto que reproduz os mesmos princípios de um acelerador que é o tubo de imagem da televisão.

- A TV? Nunca imaginei! (Rafa)

**“O tubo da televisão é um acelerador de partículas?”**

Exato. Que é um acelerador de partículas? Não precisa ser só o LHC. É um aparelho científico onde partículas que tem carga elétrica são aceleradas pela presença de campos elétricos. Esses campos elétricos aceleram as partículas aumentam as suas velocidades e



essas partículas no tubo de imagem têm a sua trajetória organizada pelo campo magnético e aí elas são jogadas contra as telas para produzirem a imagem.

*“ E vamos agora falar do mais famoso acelerador de partículas, o LHC. Professor Caruso, o que significa L.H.C. ?”*

L.H.C. são as iniciais da expressão em inglês Large Hadron Collider.

*“Large Hadron Collider”.*

O grande colisor de hádrons.

**“E o que é um hádron ?”**

**Hádron é denominação genérica das partículas elementares que vem da palavra grega *hádro* que quer dizer forte, portanto os hádrons são aquelas partículas que se mantêm coesa por força das interações fortes.**

*“Muito interessante, agora vamos para as perguntas da platéia...Alguém tem pergunta?”*

- E onde fica o L.H.C.? (Marina)

O L.H.C. fica hospedado no laboratório Europeu, o chamado CERN que fica na cidade de Genebra na Suíça, essa circunferência passa por subsolo Francês e Suíço. O CERN, é preciso dizer, já era um laboratório conhecido desde a década de 50. Ele na verdade foi fundado de 54, justamente com o intuito de fazer pesquisa nessa área de que nós chamamos de subnuclear, de partículas elementares que existem dentro do núcleo atômico.

- E porque que o L.H.C. fica debaixo da terra? (Rafa)

Bom, um dos motivos é a facilidade que isso representa de se poder blindar o problema da radiação que inevitavelmente é produzida nos aceleradores e outra que ninguém quer ter um acelerador de partículas como vizinho. Como ele tem o seu anel principal 27 km de circunferência, você precisaria desapropriar uma área muito grande. Então esses são essencialmente os dois motivos pelo os quais ele está no subsolo.

- E o que acontece dentro do acelerador de partículas? (Marina)

Pra te explicar isso é preciso primeiro dizer que o acelerador de partículas na verdade é um grande complexo de instrumentação que envolve, o acelerador propriamente dito e um conjunto de detectores. Esses detectores geralmente eletrônicos, eles são o prolongamento dos nossos sentidos, dos nossos olhos, do nosso tato, só que muito sofisticado. Então o que vai haver lá dentro, você vai ter no anel colisor, dois feixes de partículas que vão caminhar em sentidos opostos e em alguns pontos desse anel eles vão

ser forçados colidir um com os outros. O resultado dessa colisão de partículas vai gerar muita energia e essa energia a gente já sabe desde o velho Einstein que pode se transformar em massa, pode criar partículas nesse processo e essas partículas criadas é que vão ser detectadas pelos detectores específicos que vão transformar os sinais eletrônicos em algo que o computador entenda.

- E como funcionam esses detectores? (Marina)

Aí depende do tipo, têm alguns que são chamados calorímetro que a gente aprende na escola, aqueles que vão medir o quanto de energia é depositado ali. Aqueles que detectam partículas carregadas pela sua interação com o campo elétrico, alguns detectam luz. O planejamento do experimento requer o planejamento do detector compatível com o tipo de coisa que você quer medir e o tipo de partícula que você quer observar.

*“Agora, se falou muito de um perigo desse acelerador de partículas dar fim ao mundo, num grande buraco negro, afinal, isso pode mesmo acontecer?”*

Fala-se da produção de mini buracos negros, de mini buracos negros que podem devorar toda a Terra e o sistema solar, ha probabilidade... Há sim a formação de mini buracos negros, mas nós sabemos que esses mini buracos negros por uma grandeza que nós chamamos de escala de Planck eles podem durar, pra você ter uma ideia, espero que os meninos aí, possam entender, dez elevado a menos quarenta e três segundos. Então é uma fração de segundos...

**“Dez elevado a menos quarenta e três segundos. É isso?”**

Zero vírgula quarenta e dois zeros, e um simples um lá, no final, na quadragésima terceira casa decimal, segundos de duração, então é uma fração mínina e são também mini buracos negros que não conseguiriam formar aquela densidade suficiente para criar um buraco negro nessa escala astrofísica, como nós esperamos encontrar.

**“Eu agradeço a participação dos Professores Helayel e Caruso, muito obrigado!”**

- Mas espera aí, eu tenho mais uma pergunta! (Rafa)

*“Não temos mais tempo para nada, meu caro Rafa. Eu vou chamar o nosso número musical: Rincon Sapiência e o Rap do LHC! Olha isso!!!”*

## **RAP DO LHC – RINCON SAPIÊNCIA**

Sapiência membro de um grupo de física de partículas,

o LHC é muito massa,  
 quilômetros de túneis sob o subsolo para que o próton percorra e faça  
 um círculo que atravessa a Suíça e a França.

Progresso científico, veja mudança, cooperado por 60 nações,  
 dois feixes de prótons nesse anel geram colisões, até os centros dos detectores.

Quantidade de energia alojada em um pequeno espaço  
 se transformam em partículas massivas.  
 São criadas pelo vácuo daquele pedaço.

[ Refrão ]

O LHC analisa e vê pra onde foi a anti-matéria,  
 analisa e veja as colisões dos íons,  
 repare bem as suas direções.

CMS, ATLAS pertencem ao mesmo tipo,  
 sempre procurando uma partícula nova.

O LHC acelera os prótons,  
 assim na cabeça descoberta renova.

Os planetas, asteróides as estrelas, buracos negros,  
 as galáxias podemos vê-las.

Como toda essa matéria  
 não explica o que mantém as estrelas unidas, dúvida fica.

A matéria que interage na gravidade,  
 sem enxergar como pegamos as propriedades.

Lembrem então, energia de conservação.  
 Assim partículas se mostram da forma que são.

Vemos partículas voando no jato de spray.  
 Nada chegando do outro lado violaram a lei.

Isso não faz sentido, deve haver outra partícula escura no balanço do ocorrido.

[Refrão]

Anti-matéria irmã do mal da matéria é assim,  
 exceto pela carga e pelo spin.

Partícula e anti-partícula, a mesma coisa são,  
 mas a anti-partícula não se prende não,  
 e quando ela encontra a sua irmã do bem

se transforma em energia, depois se dissipa.  
Quando se cria energia através da matéria,  
o que eles fazem no LHC de forma séria.  
Matéria e anti-matéria, quando na mesma quantidade  
se unificam e se obtêm, a tentativa de voltar até o início  
quando o universo se criou, o Big Bang.  
Voltando a forma que toda a matéria explodiu  
Anti-matéria de alguma forma então sumiu,  
em volta vemos a matéria em abundância,  
mas a anti-matéria em nenhuma circunstância  
podemos vê-la , então se ligue !!

Está na onda do momento a pesquisa do bóson de Higgs,  
a sua longa linha reta deve ser vista,  
se não acharem vão dizer que não houve conquista.  
O Higgs não existe não, é preciso novos físicos,  
deve haver explicação.

Algumas coisas que tem massa não  
acabam se encaixando naquele Modelo Padrão.  
Apesar de não dizerem o que ele é.  
Acham que a massa das partículas existe por que  
tem um campo que cobre todo o espaço,  
assim desacelera e passam a fazer as outras partículas  
como o fóton que não tem massa, correr em linha reta.  
Mas algo pesado como o quark top está comendo, puxando,  
obstruindo a sua meta.

[Refrão]

Você pode pensar que a gravidade é forte,  
quando cai da bicicleta não demora pra chegar no chão.  
E você diz: Minha nossa !! Como isso dói.  
Achar que a gravidade é forte é enganação.  
A mais fraca das forças é a gravidade  
e a ciência busca a razão dessa verdade,  
que explica essa fraqueza nas dimensões espaciais

que pertencem a realidade.

Nós vivemos em apenas 3.

Existem outras, muito pequenas pra visualizar talvez.

E são essas dimensões que a gravidade se estende,  
daí que vem as sensações, parece fraca, mas não é.

Como é curioso, as dimensões são curvadas e enroladas.

Tudo isso acontece com tanta força  
e no nosso dia-a-dia não afetam nada.

Se você minúsculo como o gráviton,  
passar nas dimensões você poderia.

Logicamente no momento em que você entrasse  
de tão minúsculo ninguém te enxergaria .

[Refrão]

- 
- Que roupa estranha! Marina que bom que você tá aqui! (Rafa)
  - Professora! (Marina)
  - Oi! Que bom encontrar vocês de novo! E aí, conseguiram descobrir mais alguma coisa sobre as partículas? (Helena)
  - Uhum...Mas o Big Bang ainda continua um mistério. (Rafa)
  - Olha Rafa, o Big Bang tenta explicar a evolução do Universo é uma teoria que ainda não foi completamente comprovada, mas é o melhor modelo que a gente tem. (Helena)
  - Mas ele explica o que? (Rafa)
  - Segundo o Big Bang, tudo começou a partir de um ponto ínfimo com energia e temperatura altíssimas. De repente esse ponto se expandiu muito rapidamente, nas primeiras frações de segundo, a pressão e a temperatura era tão altas que nenhuma matéria conseguiu se formar. A partir daí a gente pode dizer que o Universo era uma sopa cósmica quente, com os quarks, léptons, bósons mediadores, suas anti-partículas, radiações, interagindo o tempo todo. Depois o Universo teve uma expansão com uma velocidade maior que a velocidade da luz, esse período a gente chama de período de inflação que implicou também em um esfriamento muito rápido. (Helena)

- Mas, e aí? (Rafa)
- No final do período de inflação, o Universo se reaqueceu e voltou a se esfriar e aí no seu ritmo ele continuou a sua evolução e é aí que se origina a misteriosa assimetria da matéria e a anti-matéria. (Helena)
- Como assim? (Marina)
- Porque antes a matéria e a anti-matéria eram simétricas, ou seja, elas tinham a mesma proporção. Mas no período da inflação, o Universo privilegiou a matéria e é graças a isso que nós estamos aqui hoje. (Helena)
- Nossa! (Marina)
- Depois quando o Universo se esfriou ainda mais, os quarks formaram os prótons e os nêutrons. Até aqui a gente podia dizer que o Universo estava no estado de equilíbrio térmico. (Helena)
- E quando esfriou mais? (Marina)
- Quando esfriou mais a gente consegue perceber o excesso de prótons, a desigualdade entre a massa de prótons e nêutrons é muito importante gente, porque se ela não estivesse existido, o mundo seria completamente diferente do que a gente vive hoje. (Helena)
- Nossa! Isso tudo é muito interessante. (Marina)
- Professora, e qual a idade do Universo? (Rafa)
- Cerca de 13,7 bilhões de anos, Rafa. (Helena)
- O tempo que levou para acontecer tudo isso, a gente não é nada, né? (Rafa)
- Ou como alguns podem dizer: Nós somos um acaso inteligente. (Helena)
- Eu fiquei impressionada como os cientistas. Sabem cada vez mais coisas. (Marina)
- E o esforço é sempre de cientistas de várias áreas. Olha gente, além da ferramenta teórica, a gente tem que ter criatividade para juntar as informações, entender e criar novas perguntas para as respostas que a gente ainda não tem. (Helena)
- Eu não sabia que a ciência estava tão presente na minha vida! (Rafa)
- A pesquisa científica tem um grande impacto na sociedade, Rafa. Por exemplo, na internet o “www” nasceu do CERN! (Helena)
- Nossa, que legal!! (Rafa)
- E ó, os satélites, os aparelhos usados na medicina vieram de laboratórios científicos. (Helena)
- É? Quais? (Marina)

- Ah! Vários! O laser, o GPS, as tomografias, a ressonância magnética... (Helena)
- A maioria das pessoas não tem noção que isso tudo foi criado através dos estudos científicos, das pesquisas, né?! (Rafa)
- Exatamente! Olha aqui, ó! (Helena)
- O celular também? (Marina)
- Não...A gente não pode dizer que um cientista criou o celular e o ipod, mas a soma de estudos de muito cientistas sobre vários assuntos. (Helena)
- Tá vendo porque eu quero ser cientista? (Marina)
- Rafa, Rafa, Rafa! Acorda Rafa, acorda Rafa aula de física a gente tem que estudar.(Marina)
- Quer ir ao cinema comigo? (Rafa)
- Acorda Rafa, palestra sobre as partículas elementares, aula de física. (Marina)
- Boa tarde gente! (Helena)
- Mas a palestra já rolou. (Rafa)
- E aí, prontos pra viagem? (Helena)
- Cê tá com febre? E esse ipod? Quando você ganhou? (Marina)
- Acabei de ganhar, olha só!! (Rafa)

Bom, meu nome é Helena. Eu sou física, e eu vim aqui conversar com vocês sobre as partículas elementares e sobre a origem do universo! Foram séculos e séculos de estudos, um longo percurso trilhado por astrofísicos, cosmólogos.... (Helena)