

KAUÊ BANDEIRA RODRIGUES

**O EVENTO CIENTÍFICO COMO UMA FERRAMENTA COLABORATIVA NO
PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA PARA O TEMA FÍSICA DE
PARTÍCULAS ELEMENTARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: química da vida e saúde da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientador: Dr. Luiz Fernando Mackedanz

RIO GRANDE

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Rodrigues, Kauê Bandeira

O evento científico como uma ferramenta colaborativa no processo de Transposição Didática para o tema Física de Partículas Elementares – Rio Grande, 2014.

81 p.

Área de concentração: Educação

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Mackedanz.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Rio Grande. Instituto de Matemática, Estatística e Física. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências

1. Alfabetização Científica; 2. Física de Partículas; 3. Atualização Curricular

*Dedico este trabalho a minha avó Marlene e ao meu bisavô Pedro (in memoriam),
que foram, são e sempre serão o alicerce de tudo que sou!*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida.

Aos meus pais pelo incentivo incondicional ao aprimoramento acadêmico.

À minha avó Marlene, pelo amor incondicional dado durante toda minha vida.

Ao Luiz Fernando Mackedanz, meu orientador, pela confiança depositada em mim para desenvolver este trabalho e pelo incentivo nos momentos difíceis ao longo do mesmo. Obrigado por toda compreensão, estímulo e amizade durante esta caminhada.

À profa. Sandra Padula e ao prof. Helio Takai, exemplos de professores, pesquisadores e de seres humanos. Sem a ajuda de vocês, parte desta pesquisa, não teria sido realizada. Serei eternamente grato por toda confiança e estímulo que vocês sempre depositaram em mim!

À profa. Gilma Trindade pelas contribuições significativas ao longo da qualificação deste trabalho. Agradeço também por todas as inúmeras vezes, sem mesmo saber, com sua alegria, humildade, carinho e conhecimento, me exemplificou, sem verbalizar, o que é ser um verdadeiro professor.

À profa. Aline Dytz, à amiga Aline, à pesquisadora Aline; obrigado por tudo; sempre!

À profa. Solange Fagan, por aceitar fazer parte da banca deste trabalho e por suas contribuições significativas para a melhoria do mesmo.

À Paula, por entender minha ausência em vários momentos ao longo desta pesquisa e, sempre, contribuir para o meu desenvolvimento acadêmico. Sem o teu estímulo constante, nada disso teria sido possível.

Ao Emílio e ao Lucas, pelo incentivo e pelas discussões sobre inúmeros pontos que tangenciam este trabalho. A vocês o meu muito obrigado por todas as reflexões que em conjunto tecemos sobre o “micro”, sobre o “macro”, sobre a vida! A vocês a minha eterna gratidão por todo incentivo.

Ao Leandro, pelas valiosas discussões sobre Ciência, que em parte, se encontram permeadas ao longo deste trabalho.

Ao Cesar, pelas valiosas discussões sobre o que é ser professor. Sem elas, com certeza, não teria a visão sobre ensino-aprendizagem que tenho hoje.

À Vivi, por todas as vezes que leu, releu e opinou sobre tópicos deste trabalho.

Aos meus alunos do Terceirão 2014 da escola Mario Quintana, que me ensinam diariamente a arte de ser professor. Obrigado por me mostrarem que meus ideais sobre Educação não são utópicos. Vocês dão sentido a este trabalho. Vocês me reconstituem, diariamente, no âmbito de professor, pesquisador e de ser humano. A todos vocês o meu muito obrigado.

À Márcia e ao Valério, por serem exemplos de gestores nos quais me espelho e busco, diariamente, retribuir a confiança que me foi atribuída. Obrigado por acreditarem no meu potencial e contribuírem diretamente para execução deste trabalho; muito obrigado!

À Marcinha, que foi muito mais do que a secretária do curso de Física. Onde quer que estejas, sei que estás sorrindo e orgulhosa por este momento. Parte deste trabalho tem a tua participação, muito obrigado; sempre!

A todas as pessoas que passaram pela minha vida e me ajudaram a crescer como ser humano, como professor e como pesquisador.

Obrigado a todos!

“Vivemos numa sociedade intensamente dependente da Ciência e da tecnologia, em que quase ninguém sabe algo sobre Ciência e Tecnologia.”

Carl Sagan

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
APRESENTAÇÃO: CAMINHOS QUE ME TRAZEM ATÉ AQUI.....	XI
1 REFLETINDO O ATUAL ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	16
1.1 INTRODUÇÃO: DELIMITANDO E JUSTIFICANDO O PROBLEMA.....	16
1.2 POR QUE ENSINAR FÍSICA?	20
1.3 QUAL TÓPICO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ENSINAR? JUSTIFICANDO NOSSA ESCOLHA.....	24
2 REFLETINDO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	29
2.1 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	29
2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A SOBREVIVÊNCIA DOS SABERES	34
2.3 A FPE COMO ESTRATÉGIA PARA UMA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	38
2.3.1 POR QUE ACREDITAMOS QUE A FPE POSSIBILITA UMA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA?	39
3 O EVENTO CIENTÍFICO COMO FERRAMENTA COLABORATIVA NO PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	48
3.1 ACERCA DOS NOSSOS PRESSUPOSTOS.....	48
3.2 O MASTERCLASS COMO UM ESTUDO DE CASO	50
3.3 QUAL A CONTRIBUIÇÃO DESSA DISSERTAÇÃO PARA A INSERÇÃO DO TEMA FPE?	54
3.4 A COLETA DE DADOS E A METODOLOGIA DA PESQUISA	55
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	60
4.1 QUESTÕES SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA.....	60
4.2 QUESTÕES SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES	61
4.3 QUESTÕES DE CUNHO SOCIAL ENVOLVENDO FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES.....	63
4.4 QUESTÕES DE ORDEM PESSOAL.....	65

4.5 ACERCA DAS NOSSAS CONCLUSÕES	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE 1 - PRÉ TESTE	76
APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO FINAL.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN: Centro Europeu de Pesquisas Nucleares

CMS: Compact Muon Solenoid

FMC: Física Moderna e Contemporânea

FC: Física Clássica

IFT: Instituto de Física Teórica

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN +: Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

LDB: Lei das Diretrizes e Bases

LDBEM: Lei das Diretrizes e Bases do Ensino Médio

LHC: Large Hadron Collider

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

SBF: Sociedade Brasileira de Física

SPRACE: São Paulo Research and Analysis Center

TD: Transposição Didática

RESUMO

O EVENTO CIENTÍFICO COMO UMA FERRAMENTA COLABORATIVA NO PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA PARA O TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Um dos grandes desafios enfrentados pelo Ensino Médio é a atualização curricular, sobretudo nas áreas de Ciências. Para a Física, seu currículo defasado, que predomina no livro didático, traz pouca ou nenhuma informação da chamada Física Moderna e Contemporânea, desenvolvida a partir do início do século XX. Isto alija do currículo temas atuais, que despertam a curiosidade e tem sido muito bem explorados pela divulgação científica. Nesta linha, entendemos ser importante a realização de atividades não curriculares que possam servir para apresentar e despertar a curiosidade de professores e estudantes sobre aspectos da Física Moderna. Neste trabalho, apresentamos nossa análise do acompanhamento de uma etapa de um evento chamado International Masterclass, evento promovido pelo IFT (Instituto de Física Teórica) em colaboração com o CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), com foco na atualização curricular sobre a Física de Partículas, trabalhando na perspectiva de proporcionar um dia de cientista a professores e estudantes do Ensino Médio. A partir da comparação entre dois testes, e das observações do evento, com acompanhamento das impressões dos participantes, foi possível concluir que eventos temáticos como este, permitindo uma imersão no cotidiano do pesquisador, aproximam os saberes gerados no laboratório do saber ensinado na sala de aula, desmistificando a ciência. Nossa análise, com base na transposição didática de Chevallard, mostra que o encurtamento das distâncias entre o Saber Sábio e o Saber Ensinado, proporcionado pela convivência dos participantes com os cientistas, torna este saber mais significativo, mesmo que envolva conhecimentos mais avançados sobre a ciência. Ao verificar os pressupostos da Alfabetização Científica, nos reportamos à necessidade de atualização curricular na disciplina de Física, para contemplar questões atuais, apresentadas sem formalidade pela divulgação científica. Em nossa análise, um evento deste porte também segue como fomentador de uma postura crítica perante a ciência, objeto do Letramento Científico.

Descritores: Alfabetização Científica, Atualização Curricular, Física de Partículas Elementares, Divulgação Científica, Transposição Didática

ABSTRACT

THE SCIENTIFIC EVENT AS A COLLABORATIVE TOOL IN THE PROCESS OF DIDACTIC TRANSPOSITION FOR THE SUBJECT ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS

One of the major challenges faced by High School is the curriculum update, particularly in the areas of Science. For Physics, its outdated curriculum, which predominates in textbooks, brings little or even no information about the so-called Modern and Contemporary Physics, developed from the early twentieth century. This excludes from the curriculum current topics which arise curiosity and has been well explored by scientific dissemination. In this same sense, it is important to consider the accomplishment of non-curricular activities, which may allow the curiosity of teachers and students about the aspects of Modern Physics. In this paper, we present our analysis of a stage monitoring called International Masterclass, promoted by IFT (*Instituto de Física Teórica* – Theoretical Physics Institute) in partnership with CERN (*Centro Europeu de Pesquisas Nucleares* – European Center of Nuclear Researches) with focus on curriculum update of Particle Physics, working on the perspective of providing teachers and high school students a scientist day. From the comparison between the two tests, as well as observations of the event, with monitoring of the participants impressions, it was possible to conclude that themed events like this, allowing immersion in the daily life of the researcher, approximate the knowledge generated in the laboratory to the knowledge taught in the classroom demystifying science. Our analysis, based on didactic transposition of Chevallard shows that the shortening of the distances between the Wise Knowledge and the Taught Knowledge, provided by the interaction of the participants and the scientists, makes this knowledge more significant, even involving more advanced knowledge about science. By verifying the assumptions of Scientific Literacy, we report the need of curriculum update for the discipline of Physics, to contemplate current issues, presented without formality by science dissemination. In our analysis, an event of such size also follows as a developer of a critical posture towards science, object of Scientific Literacy.

Key words: Science Literacy, Curriculum Update, Elementary Particle Physics, Science Dissemination, Didactic Transposition

APRESENTAÇÃO: CAMINHOS QUE ME TRAZEM ATÉ AQUI

Não me recordo, exatamente, a idade na qual começou a despertar meu interesse pelas áreas da Ciência, mais especificamente, pela Física. Quando remeto o pensamento à infância, lembro-me de muitos questionamentos que surgiam sobre o funcionamento do universo, sobre a constituição da matéria, sobre a nossa posição espacial diante de tudo. Os questionamentos eram postergados pela falta de respostas. Assim, segui pelo ensino fundamental até o terceiro ano do ensino médio, acomodado e impregnado de um pensamento mecanicista. No terceiro ano do ensino médio, tive a oportunidade de ter aulas com o professor Homero Fazio, um professor diferente de todos os outros que eu já havia conhecido, pois este professor de física tinha como “fama” só aprovar àqueles que realmente tivessem aprendido o conteúdo. Certo de que não passaria com esse professor – afinal, há muito tempo eu já havia parado de me questionar sobre os conteúdos da escola – conversei com meus pais para que me trocassem de turno ou que me mudassem de escola. Meus pais, firmes na resposta, disseram: “se tu estudares; tu vais passar. Portanto, estude!” Não me restava outra saída a não ser estudar. Fiz a primeira prova deste professor e foi um fracasso. A partir daquele momento repensei sobre tudo que eu estava fazendo, repensei sobre como eu vinha estudando e a partir daquele momento, comecei a me dedicar mais à física e por consequência, passei a ocupar a lista dos melhores alunos da sala. Surge então neste ano a minha aproximação com a Física.

Ao final deste mesmo ano inicia-se uma série televisiva que passava aos domingos à noite, chamada Poeira das Estrelas, apresentada pelo físico e astrônomo Marcelo Gleiser. Ao assistir cada capítulo do seriado, algumas das dúvidas que eu guardava comigo desde a infância e que nunca alguém havia me explicado, pareciam ficar esclarecidas. Fiquei motivado a entender mais sobre a perfeição da natureza e decidi prestar vestibular para o curso de Física. Acreditava que fazendo física eu poderia encontrar respostas para todas as perguntas que ainda estavam obscuras dentro de mim. Ao término do primeiro ano do curso de física as dúvidas ainda permaneciam; ao término do segundo ano também. Chegando ao terceiro ano, na disciplina de Estrutura da Matéria começo a me deparar com questões sobre a constituição dos átomos e moléculas. Começo a entender o que é ou não elementar

na natureza. Naquela disciplina renascia em mim o espírito de um jovem questionador. Fui “apresentado” ao elétron, próton, nêutron, quarks, múons e tantas outras partículas. Aprendi que tudo que existe na natureza é formado por quarks e léptons. A cada dia o meu fascínio aumentava, pois, alicerçado no conhecimento que me foi ensinado, eu conseguia entender um pouco mais sobre a constituição da matéria e por consequência da minha própria constituição. No ano seguinte, eu deveria fazer a disciplina de Estágio Supervisionado II e não tinha dúvidas que iria escolher para ensinar aos alunos do ensino médio durante o estágio o tópico Física Moderna e Contemporânea (FMC). Tive o apoio de três¹ orientadores, que foram fundamentais para o desenvolvimento do estágio. Cada um com suas peculiaridades, resultantes de suas diferentes formações acadêmicas, mas com um objetivo em comum: possibilitar aos alunos de uma escola da cidade de Rio Grande o aprendizado de tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Meu objetivo era cativar os alunos com aquilo que me cativava. Na escola em que realizei o estágio, fui recebido por uma turma extremamente curiosa, o que possibilitou discussões sobre tópicos da Ciência atual, alicerçados nos conteúdos referentes à FMC. Para tanto, desenvolvemos um material próprio para ser apresentado durante as aulas. Houve essa necessidade em circunstância da miríade de livros didáticos contendo tópicos de FMC e principalmente a falta de contextualização dos tópicos – quando inseridos nos livros didáticos - com a realidade do aluno.

É importante destacar, em minha percepção, um maior interesse por parte dos alunos durante as aulas referentes à Física de Partículas Elementares (FPE). Percebi naquele assunto um interesse maior por parte da turma e por consequência foi possível estabelecer discussões que oscilavam desde as indagações existenciais (Do que somos formados? Onde tudo começou?) até implicações da FPE na medicina, como a PET (Tomografia por Emissão de Pósitrons). Neste momento percebi que este tópico da Física potencializava e despertava discussões em sala. Ao fim do estágio

¹ Professora Eliane Cappelletto, Professor Marcos Rodriguez e Professora Virgínia Machado

eu tinha a certeza de que ensinar física era o que eu queria para minha carreira profissional. Além de ensinar física clássica, eu tinha como objetivo levar ao máximo de alunos possíveis uma física atual, imersa de contextualização.

Portanto, surge desde então um interesse em buscar alternativas para levar ao maior número de alunos possível, informações sobre FPE. Entretanto, a pergunta que permanecia era: como levar aos estudantes estes conhecimentos sobre esta área da Física?

Muitos eram os questionamentos, porém, nenhuma solução era encontrada. Foi em Junho de 2011, no Encontro de Física, em Foz do Iguaçu, que ao assistir a palestra “A Física de Partículas é um bicho de sete cabeças?”, ministrada pelo professor Helio Takai e a professora Sandra Padula, que muitas das minhas ideias começaram a criar forma. Ao final do seminário fui falar com a professora Sandra e ela comentou sobre um evento chamado International MasterClass: Hands on the Particle Physics, que ocorre em diversas cidades do mundo, sendo no Brasil realizado em São Paulo e coordenado por ela, juntamente com o professor Pedro Mercadante. Instigado a conhecer mais sobre o evento, percebi que eventos científicos como o MasterClass poderiam potencializar o interesse de jovens para áreas da Física, mais especificamente, propiciar conhecimentos sobre Física de Partículas Elementares. Além disso, poderiam potencializar o interesse dos estudantes pelo fato de ocorrerem em ambientes externos à sala de aula e por consequência, não interferirem na sequência didática estabelecida pelo professor. Foi então que nos e-mails trocados com a professora Sandra surge a ideia de acompanhar presencialmente a execução deste evento e entender um pouco mais sobre o funcionamento do mesmo.

No segundo semestre de 2012, ingressei como aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande, onde proponho como meta de pesquisa, buscar alternativas para o ensino de tópicos de Física de Partículas Elementares aos alunos do ensino médio, propondo como alternativa o ensino deste tópico da Física em ambientes externos à sala de aula. Portanto, este trabalho tem como objetivo utilizar o MasterClass, como um estudo de caso de eventos científicos, para verificar se eventos deste tipo propiciam aos estudantes um entendimento mais amplo sobre a Ciência. Além disso, buscarei

indícios que balizem minhas ideias acerca do processo de entendimento, por parte dos participantes, do mundo em que vivem. Para tanto, distribuí esta pesquisa em 5 (cinco) capítulos. No primeiro capítulo faço uma abordagem entorno da falta de conteúdos de FMC nas ementas curriculares da grande maioria das escolas do Brasil. No segundo capítulo busco entender, através da Teoria da Transposição Didática, o porquê desses conteúdos não estarem presentes na sala de aula. No terceiro capítulo aponto um caminho, que busco indicar se é viável ou não, para apresentação destes tópicos para professores e estudantes do Ensino Médio: utilização de eventos científicos. Utilizo o MasterClass como um estudo de caso e busco, no quarto capítulo, apontar indicadores que me guiassem na resposta da questão deste trabalho: É o evento científico um agente facilitador no processo de Alfabetização Científica? Por fim, no quinto capítulo aponto minhas observações e perspectivas com base nos dados analisados, derivados do MasterClass.

**1 REFLETINDO O ATUAL ENSINO DE FÍSICA NO
BRASIL**

1 REFLETINDO O ATUAL ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

1.1 INTRODUÇÃO: DELIMITANDO E JUSTIFICANDO O PROBLEMA

Vivemos em um mundo marcado por rápidas e profundas transformações tecnológicas, onde a cada dia somos apresentados a diversos tipos de aparelhos que se utilizam de novas tecnologias para seu funcionamento. Tais aparelhos tecnológicos estão imersos no nosso dia a dia, nos quais, muitas vezes sequer paramos para pensar em quais princípios físicos regem seu funcionamento. A fotocopiadora, a lâmpada fluorescente, a fotocélula presente nos postes de energia elétrica, os sensores de presença dos elevadores, os chips de Silício, dentre outros, são alguns exemplos de aparelhos, ou componentes destes, presentes em nosso cotidiano que se utilizam de princípios da física, mais especificamente, da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para seu funcionamento.

O currículo de Física no Ensino Médio é dividido, normalmente, em 4 amplos tópicos: Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Ondulatória. O que ocorre é que tais tópicos são considerados tópicos pertencentes à Física Clássica (FC), ou seja, toda a Física produzida antes de 1900, a qual não dá conta de explicar, na sua totalidade, todos os fenômenos presentes em nosso cotidiano, bem como, a tecnologia que nos cerca. Segundo Richard Brennan (1998),

A indústria eletrônica da atualidade, com sua tecnologia do *chip* de silício, funda-se em parte na teoria quântica dos materiais chamados semicondutores. As múltiplas aplicações do *laser* hoje existentes só são possíveis graças à compreensão, no nível quântico fundamental, de um mecanismo para a radiação da luz a partir de átomos (p. 194).

É importante deixar claro, que não somos contra o ensino da Física Clássica (FC), ou seja, todo o conhecimento construído antes de 1900; muito ao contrário, é desejável que o aluno conheça a FC, para que assim possa entender com maior amplitude os conceitos da FMC. O que queremos enfatizar com a afirmação anterior é a necessidade de um Ensino coerente com a atual condição de vida da população, que se encontra imersa em uma sociedade cada vez mais tecnológica.

Acreditamos que uma das razões para a falta de interesse na disciplina de Física encontra por parte dos estudantes do Ensino Médio está no distanciamento entre os conteúdos tratados no cânone da sala de aula e as aplicações destas, percebidas em seus cotidianos. Em outras palavras, falta uma motivação através da contextualização dos conteúdos escolares. Isto pode ser percebido na fala de Shamos (1995), que afirma que a “qualidade da ciência aprendida na escola tem pouca permanência além da etapa escolar.” (PAVÃO *et al.*, 2003).

Nossa atuação como professore fornece indicadores de que muitos estudantes se sentem desmotivados com a disciplina de física ao perceberem o grande descompasso entre o que lhes é ensinado na escola e as explicações de fenômenos vivenciados por eles a cada dia. Essa desmotivação, em nossa opinião, causa uma grande frustração nos estudantes, ao perceberem que não estudarão tópicos referentes a questões que acompanham com avidez em documentários, como por exemplo: Astrofísica, Partículas Elementares, Física Quântica, dentre outros. Segundo Millar e Osborne (2000),

As razões estruturais para esse desencanto parece estar no currículo de ciências: não se relaciona com as ideias científicas encontradas fora da escola; não sustenta novas sensações de curiosidade sobre o mundo natural; parece aos estudantes ser um catálogo de fatos² [...] (GILBERT, 2008).

Algumas das interrogações que nos inquietam, como pesquisadores e principalmente como professores, são: O que fazer para levar aos nossos alunos um conteúdo de Física contextualizado e com aplicabilidade na vida do aluno, em meio às exigências dos currículos atuais de física? Como fazer para dar conta das exigências impostas por pais, diretores, dentre outros, para o cumprimento a rigor das

² The structural reasons for this disenchantment seem to be that the science curriculum: does not relate to the scientific ideas met outside school; does not sustain young people’s sense of curiosity about the natural world; appears to the students to be a catalogue of facts [...] (MILLAR & OSBORNE, 2000).

ementas presentes em provas de ingresso em Universidades, como por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)?

Não há dúvidas quando falamos que a *“escola de hoje, não é mais a detentora do conhecimento”*. *“Vivemos em um mundo globalizado, onde em grande parte das vezes, o aluno possui mais acesso à informação do que o próprio professor”*. Assim, parece que se pode afirmar que *“a globalização determinou, em tempos que nos são muito próximos, uma inversão no fluxo do conhecimento”*. Se antes o sentido era da escola para a comunidade, hoje é o mundo exterior que invade a escola. *“Assim, a escola pode não ter mudado; entretanto, pode-se afirmar que ela foi mudada”* (CHASSOT, 2003).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+) já deixam clara a necessidade imediata de um ensino de física contextualizado, onde o estudante possa contribuir e participar da sociedade:

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. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2002, p. 59).

Propõe-se *“um aprendizado próximo das questões reais, apresentadas pela vida comunitária ou pelas circunstâncias econômicas, sociais e ambientais”*, promovendo *“uma prática mais solidária, voltada ao desenvolvimento de competências gerais e de habilidades pessoais dos estudantes”*. Ao invés de transmitir conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos

estanques, deve-se dar lugar à articulação de informações, desenvolvendo em conjunto competências e conhecimentos (*ibidem*, p.11-13).

Do exposto até o momento, constatamos que é urgente a necessidade de um ensino contextualizado com a realidade do aluno. Segundo Brockington e Pietrocola (2005),

Diversas pesquisas em Ensino de Física apontam para a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas educacionais são suficientes para assegurar a necessidade de atualização dos programas na Educação Média (p. 387).

Constatamos que transparece a preocupação presente nos documentos oficiais do Ministério da Educação, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as PCN+ e a Lei das Diretrizes e Bases da Educação (LDB), em relação a um ensino contextualizado. Todavia, a proposta de tais documentos vai, em parte, de encontro à matriz curricular do ENEM. Chegamos a essa conclusão após constatar que na matriz de referência (BRASIL, 2012) referente à disciplina de física, não constam conteúdos que deem conta de explicar, grande parte, dos fenômenos tecnológicos presentes no cotidiano dos estudantes. Portanto, fica clara, em nosso entendimento, a controvérsia existente nos documentos oficiais entre o que se propõe que seja ensinado e o que é cobrado em exames de ingresso em universidades.

Acreditamos que o papel da escola ultrapassa a preparação para o ingresso em universidades e o que se almeja é uma preparação para vida, contudo, seria desejável que os exames que intermedeiam o acesso à universidade fossem permeados por uma ementa rica em contextualização e aplicabilidade da física, imersa de conteúdos que possibilitassem essas conexões, de modo que, os conteúdos cobrados nos exames de ingresso na universidade fossem ao encontro de conteúdos passíveis destas conexões. Acreditamos que esta lacuna possa indicar um fator relevante, ao não ensinamento de tópicos de FMC nas escolas de Ensino Médio.

Para ilustrar este ponto, na seção seguinte apresentamos um panorama sobre o ensino de Física no Brasil, apontando algumas pesquisas que sinalizam a

necessidade de conteúdos mais específicos da FMC para uma leitura mais abrangente do mundo em que os estudantes estão imersos.

1.2 POR QUE ENSINAR FÍSICA?

Acreditamos que esta seja uma das questões fundamentais que necessita estar sempre presente na vida profissional de um educador. É necessário que se reflita e se questione sobre o ato de ensinar, sobre o que ensinamos e para quem ensinamos. Não é nossa intenção responder a essa pergunta, acreditando que exista uma só resposta; muito ao contrário. O que desejamos é trazer o tema para discussão para sinalizarmos a necessidade de cada professor, ter clara dentro de si, a resposta para esse questionamento. Embora cada resposta seja diferente na sua conjectura, acreditamos que grande parte delas convergirá para um determinado ponto. Sendo assim, procuraremos nesse espaço, expor nossos pressupostos e dessa forma, esperamos encontrar na literatura balizadores para nortearem nossas reflexões.

De acordo com Millar (1996), podemos elencar 5 (cinco) razões para justificar o ensino da disciplina de Física na escola média: a econômica, da utilidade, da democracia, da coesão sociocultural e da apropriação cultural (BORGES, 2005, p.2). Para Santos (2007), o argumento econômico conecta o nível de conhecimento público da ciência com o desenvolvimento econômico do país; o utilitário, justifica o letramento por razões práticas e úteis; o democrático, ajuda os cidadãos a participar das discussões, do debate e da tomada de decisão sobre questões científicas; o social, vincula a ciência à cultura, fazendo com que as pessoas fiquem mais simpáticas à ciência e à tecnologia; e o cultural, que tem como meta fornecer aos alunos o conhecimento científico como produto cultural.

Fernandes e Filgueira (2005) apresentam os resultados de uma pesquisa realizada com o intuito de verificar a visão de futuros professores de física (licenciandos) e alunos do primeiro ano do Ensino Médio, sobre o porquê de ensinar e aprender física. As autoras relatam que a pesquisa referente aos licenciandos foi realizada ao longo da disciplina de Metodologia e Ensino de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). As mesmas expõem que ao longo desta disciplina são discutidas as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), os

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e outros textos referentes ao assunto, de modo que, ao final do semestre desta disciplina, solicita-se uma redação aos futuros docentes sobre o tema: “Por que e para quem ensinar Física?” Já para os estudantes do Ensino Médio foi pedido que realizassem uma redação com o tema: “Por que aprender física no ensino médio?”.

As autoras classificaram as respostas obtidas, por estudantes do ensino médio e licenciados em sete categorias diferentes. São elas:

- I. Avanços tecnológicos e a natureza (da utilidade): o conhecimento em física permite aos indivíduos compreender e explicar fenômenos naturais presentes ou não no seu dia-a-dia bem como o funcionamento de máquinas e aparelhos elétricos.
- II. Pensamento científico: o ensino de física contribui para o pensamento científico e investigativo, para a formalização dos conceitos e o rompimento com o conhecimento não científico.
- III. Desenvolvimento do raciocínio: o ensino de física contribui para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio.
- IV. Resposta para questões metafísicas (questionamento metafísico): a física é vista como o conteúdo que tem as resposta para questões metafísicas.
- V. Vestibular e o mercado de trabalho: o ensino de física deve atender às expectativas dos estudantes quando ao vestibular e concursos públicos.
- VI. Desenvolvimento da ciência e/ou econômico (a econômica): o ensino de física é importante para o desenvolvimento científico e econômico do país.
- VII. Transformação do indivíduo e da sociedade (da democracia): o ensino de física contribui para desenvolvimento do pensamento crítico, para a formação de um cidadão mais consciente dos problemas sociais que envolvem a ciência ou mais participativo no seu meio cultural.

As autoras sinalizam que, quando realizaram a pesquisa citada acima, houve uma convergência maior de respostas focalizando a física como uma importante ferramenta para compreender e explicar os fenômenos naturais, fenômenos cotidianos e aparelhos tecnológicos. Além disso, as mesmas destacam que os itens VI e VII, foram mencionados somente pelos licenciandos, o que, no ponto de vista das

autoras, talvez tenha se refletido em razão da influência dos PCN que foram discutidos ao longo do semestre da disciplina de Metodologia e Ensino de Física.

Os itens destacados pelos futuros professores sinalizam, em nosso ponto de vista, a importância da problematização e discussão acerca dos PCN, DCNEM, e outros documentos convergentes ao assunto, pois, em um futuro próximo, estes acadêmicos irão direcionar os caminhos do Ensino de Física. Muito dos professores que lecionam hoje na academia, formando futuros professores de educação básica, participaram de um processo de ensino de Física marcado por transmissão de conteúdo e resolução de problemas. Segundo Rosa e Rosa (2005)

[...] foi a partir dos anos de 1950, que a Física passou a fazer parte dos currículos desde o ensino fundamental até o médio, tendo sua obrigatoriedade ocorrido em função da intensificação do processo de industrialização no país. A este fator somou-se o incentivo dado ao ensino de Ciências nas escolas de formação básica nos anos pós-guerra (após o término da II Guerra Mundial) como forma de atrair estudantes para a formação superior nessa área do conhecimento. Este incentivo adveio do governo americano e estendeu-se por toda a América Latina, implementando um ensino caracterizado pelo domínio de conteúdos e pelo desenvolvimento de atividades experimentais, tendo como referência o modelo americano. Professores foram treinados em curso específicos visando à perpetuação do modelo conteudista experimental. Este fato tem tido reflexos no ensino dessa Ciência até hoje em virtude de muitos professores que hoje ministram aulas, principalmente nas academias formadoras dos professores da educação básica, terem tido seu processo de formação na época dos anos pós-guerra, fortemente identificado com a visão conteudista (p. 4).

Portanto, muito dos professores que atualmente lecionam no ensino médio, foram "ensinados" por professores que prezavam/prezam por um ensino alicerçado na memorização. Logo, o reflexo do ensino que temos hoje, em parte, se deve a professores que ainda acreditam que um ensino por memorização é a melhor – ou a única - metodologia de ensino. Segundo Nardi e Camargo (2003)

O professor, por sua vez, tem dificuldade em levar os alunos a problematizarem esses conteúdos, uma vez que reproduz o ensino que recebeu na sua formação, também tradicional.

Entretanto, Fernandes e Filgueira (2005) também sinalizam para respostas dadas exclusivamente pelos estudantes do Ensino Médio, mostrando que os mesmos acreditam que a física contribui para despertar a curiosidade e responder a determinadas perguntas que temos desde a infância. Essas respostas vão ao encontro de um dos pressupostos que Gleiser (2000) propõe ser útil no processo de ensino-aprendizagem no ensino de ciências: o questionamento metafísico. Segundo ele,

[...] uma das características mais importantes da ciência é que ela responde a anseios profundamente humanos, que em geral são abordados fora do discurso científico. Questões de origem, do tipo: “De onde viemos, nós e esse mundo em que vivemos?” “Qual a origem da vida?”; questões sobre o fim, “Será que o mundo um dia vai acabar?” “Será que o Sol brilhará para sempre?”; questões sobre o significado da vida: “Por que o mundo existe? Será que temos uma missão no Universo?”; ou questões sobre vida extraterrestre: “Será que estamos sozinhos neste vasto Universo?” Certamente, a ciência não tem resposta para a maioria dessas perguntas. No entanto, elas fazem parte da busca pelo conhecimento que motiva o processo de descoberta científica (GLEISER, 2000, p. 5).

É consenso entre os pesquisadores, que o atual cenário de ensino de Física no Brasil está muito aquém do desejável. Sabemos que um ensino por memorização não é um caminho possível para solucionarmos o problema e, portanto, percebemos a importância da discussão e problematização dos documentos oficiais referentes à Educação. Se uma mudança de rumos é desejável no ensino de Física no Brasil, como sabemos que é, torna-se de suma importância começarmos esta mudança na formação do futuro professor, problematizando dentro da academia as necessidades de um ensino contextualizado e condizente com a realidade do mundo contemporâneo. As contribuições de Fernandes e Filgueira (2005) nos conduzem a conclusão de que os alunos sujeitos da pesquisa, no primeiro ano do ensino médio, acreditam que nas aulas de Física encontrarão respostas para inquietações que carregam consigo desde crianças. Cabe a nós, pesquisadores e professores, a tarefa de refletir sobre o atual ensino de Ciências e, dentro das possibilidades locais, encontrarmos possíveis respostas que sinalizem eventuais direcionamentos.

Desta forma, a pergunta as perguntas norteadoras deste trabalho são: como podemos introduzir conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, simultaneamente capacitando o professor e despertando o aluno, de modo que essa inserção não provoque uma ruptura no Sistema de Ensino, que é, segundo Astolfi e Devalay (1995), o local onde se desenvolve o projeto educacional de uma sociedade. Eventos científicos oportunizados em ambientes externos à sala de aula poderiam ser um caminho possível?

A partir destes questionamentos, e com base no já discutido até aqui, passamos a apresentar o embasamento para nossa definição do tópico de Física de Partículas Elementares como objeto de nosso estudo, em busca da resposta as questões acima.

1.3 QUAL TÓPICO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ENSINAR? JUSTIFICANDO NOSSA ESCOLHA

Segundo a Lei das Diretrizes e Bases, em seu Art. 35º, as finalidades do ensino médio são:

[...]

II - a preparação básica para o trabalho e a *cidadania* do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do *pensamento crítico*;

IV - a *compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos* dos processos produtivos, *relacionando a teoria com a prática*, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996; p.14, grifo nosso).

Portanto, é sabido que um dos objetivos gerais da Educação é contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população. Como foi discutido anteriormente é consenso, entre a comunidade científica, que a FMC oferece aportes de conteúdos necessários para que os estudantes tenham entendimento do mundo contemporâneo. Portanto, nos transparece a necessidade de levar aos estudantes essa nova Ciência. Porém, como discutido, existe uma grande dificuldade de fixação destes tópicos dentro dos currículos de Física da escola de nível médio. Segundo Brockington e Pietrocola (2005)

Certamente, a cautela na abordagem de FMC no Ensino Médio não é difícil de ser entendida. Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, como também por uma insegurança inerente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar. Acrescente-se a isso, o sistema de ensino que, na maioria das vezes, dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação.

Grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, seja por prescrições de conteúdo, horários restritos e especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cerceado pelas condições que lhe são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a pressão por resultados no vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a extensão dos currículos (p.1).

Podemos comprovar estas dificuldades, através do grande número de trabalhos publicados nos últimos 15 anos, discutindo a necessidade de implantação da FMC, assim como sugestões de como inseri-la no currículo escolar. Contudo, o que percebemos é que, embora, sejam variados os trabalhos relatando a necessidade de inserção da FMC nos currículos de Física, ainda, são raros aqueles que apresentam relatos e reflexões sobre as experiências vivenciadas através da implantação de tópicos de FMC em sala de aula, bem como resultados referentes à aprendizagem destes tópicos. Segundo Ostermann e Moreira (2000)

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas ou, o que dá no mesmo, de quais temas de FMC deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores de Física com vistas a uma adequada transposição didática para o ensino médio (p. 21).

Stannard (1990) relata resultados de uma pesquisa, realizada no Reino Unido, com calouros do curso de Física na qual obteve, através de um levantamento, informações relevantes na escolha dos estudantes para carreira de físico. Os tópicos, que segundo os estudantes, os influenciaram na escolha pelo curso são: relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica (OSTERMANN e

MOREIRA, 2000). A pesquisa de Stannard (1990) justifica os argumentos apresentados por Ostermann e Cavalcanti (1999), para inserção de tópicos de FMC no ensino médio.

A tendência em inserir tópicos de FMC justifica-se, entre outras razões, pela necessidade de atrair jovens para as carreiras científicas. São eles os futuros pesquisadores e professores de Física. É fundamental também despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como empreendimento humano e, portanto, mais próximo a eles (p.267, grifo nosso).

Normalmente, a Física Moderna e Contemporânea é dividida em 6 amplos tópicos, que são: Física Quântica, Física Nuclear, Relatividade Restrita, Astrofísica, Física de Partículas Elementares e Física da Matéria Condensada.

Para desenvolvimento desta pesquisa, escolhemos fazer um recorte sobre o tema Física de Partículas Elementares (FPE). Um dos nossos objetivos com esta pesquisa é possibilitar aos estudantes o contato com alguns tópicos deste tema, objetivando propiciar conhecimentos científicos que venham a contribuir na melhoria de sua qualidade de vida. Justificamos a seguir porque julgamos este tópico da Física como de grande relevância para ser ensinado aos estudantes. Acreditamos que eles,

- I. Estimulam a curiosidade intelectual dos estudantes.
- II. Propiciam aos estudantes informações acerca da utilidade da FPE, como por exemplo, para diagnóstico e terapia.
- III. Desmistificam assuntos que a mídia, por ventura, expõe erroneamente como, por exemplo, informações que o Large Hadron Collider (LHC) criaria um grande buraco negro que destruiria o planeta.
- IV. Oportunizam um processo de construção do conhecimento acerca do tema propiciado pelo momento histórico relevante na FPE, através da observação do Bóson de Higgs.
- V. Suscitam no estudante a ideia de que a Ciência está, sempre, em construção. Fazendo assim com que o aluno perceba a importância da sua contribuição para a sociedade.

Acreditamos que estes tópicos da Física ao atenderem totalmente, ou pelo menos em parte, as expectativas acima, poderão propiciar ao estudante conexões que vão ao encontro das propostas expostas pelos documentos oficiais (PCN, PCN+, LDBEM) do Ministério da Educação. Assim, é possível este tema gerador para que se possam estabelecer conexões entre o Saber construído pelos Cientistas (Saber Sábio) e o Saber presente dentro das salas de aula (Saber Ensinado). Para tanto, no próximo capítulo buscamos na Teoria da Transposição Didática (TD) argumentos que embasem nossos pressupostos acerca do assunto. Através dela buscamos entender o porquê de determinados tópicos da Ciência Contemporânea, mais especificamente, da Física de Partículas Elementares, não estarem presentes nas ementas curriculares do Ensino Médio.

**REFLETINDO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA**

2 REFLETINDO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

2.1 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Como discutido no primeiro capítulo, é sabido que o conteúdo presente no ambiente científico atual difere do conteúdo presente no ambiente escolar. Cientes desta discrepância, estamos concordando indiretamente com a Teoria da Transposição Didática, introduzida por Verret (1975) e difundida nos anos 80, pelo matemático francês Yves Chevallard.

O autor da teoria propõe a Transposição Didática como uma ferramenta eficaz para que se possa analisar o caminho dos saberes, desde sua origem nos laboratórios e centros de pesquisa, até sua inserção na sala de aula. Para tanto, Chevallard define que o Saber pode ser classificado em três esferas diferentes, assim denominadas: Saber Sábio (esfera do conhecimento científico), Saber Ensinar (Saber presente nos livros didáticos e programas escolares) e o Saber Ensinado (Saber que aparece na sala de aula) (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005). Estes Saberes se relacionam dentro de sistemas complexos, nos quais sofrem influências de seus sujeitos participantes.

O autor propõe que o Saber Sábio e o Saber Ensinado dialogam dentro de um contexto denominado Sistema Didático. Este se encontra dentro do Sistema de Ensino e estes, por fim, se encontram imersos em um amplo e complexo sistema chamado de Sociedade, conforme ilustramos na figura 1.



FIGURA 1: RELAÇÃO ENTRE A SOCIEDADE, SISTEMA DE ENSINO E SISTEMA DIDÁTICO

Podemos pensar no Sistema Didático como o lugar onde ocorrem as relações entre o Professor, Estudante e Saber (sala de aula). Não obstante, podemos pensar ainda que a sala de aula se interconecta a um ambiente no qual são estabelecidas as regras para o seu funcionamento, e esse ambiente é a escola. Portanto, podemos pensar que o conjunto de escolas de uma determinada região forma o Sistema de Ensino.

Para explicar as conexões entre Professor-Saber-Estudante, abaixo anexamos um esquema teórico proposto por Chevallard.

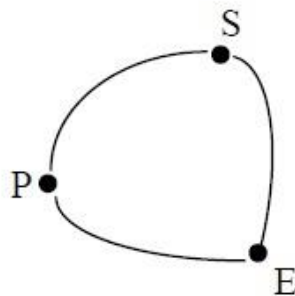


FIGURA 2: RELAÇÃO ENTRE PROFESSOR (P) – ESTUDANTE (E) – SABER (S) (CHEVALLARD, 1991, P. 26)

Brockington e Pietrocola (2005) afirmam que “o processo de ensino-aprendizagem, era pensado na pedagogia tradicional, como correlações mútuas entre dois atores: aluno e professor”. Entretanto, sabemos que dentro do Sistema Didático, o processo de ensino-aprendizagem transpõe as explicações pertencentes a sociologia, o que torna necessário, na nossa opinião, mais do que um estudo do comportamento entre os sujeitos atuantes no processo (aluno e professor), para que possamos lançar mão de contribuições para melhorar o Sistema Didático (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005). Chevallard, partilhando dessa premissa propõe que o Sistema Didático seja entendido sob o foco de uma base ternária, onde Professor (P), Estudante (E) e Saber (S), estabelecem relações entre si, conforme mostra a Fig. 2.

O autor prossegue explicando que existe uma espécie de mediador de conteúdo, entre a Sociedade e o Sistema de Ensino, chamada de Noosfera. Os entes

desse diverso grupo determinam quais conteúdos devem ser transpostos do Saber Sábio para o Saber Ensinar. Nas palavras de Chevallard,

[...] estamos aqui na esfera onde se pensa – segundo modalidades talvez muito diferentes – o funcionamento didático. Para essa instância sugeri o nome paródico de noosfera. Na noosfera, os representantes do sistema de ensino, com ou sem mandato (desde o presidente de uma associação de professores até o simples professor militante), se encontram, direta ou indiretamente, [...], com os representantes da sociedade (os pais dos alunos, os especialistas da disciplina que militam em torno de seu ensino, os emissários do órgão político) (CHEVALLARD, 1991 *apud* BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005).

Portanto, somos induzidos a concluir que existem dois processos de Transposição Didática. Primeiramente, temos a transposição externa, também chamada de primeira transposição. Esta transposição ocorre pela intermediação dos agentes que compõem a Noosfera, transpondo o Saber Sábio do seu nicho epistemológico local até o Saber Ensinar, mudando assim o status epistemológico do Saber. Podemos exemplificar, em nossa opinião, como ação da Noosfera a criação dos PCN, onde ações provenientes do governo buscam dar luz aos anseios de uma Sociedade Contemporânea, que necessita de um ensino condizente com o atual tempo. Essas ações governamentais mobilizaram autores de livros a reestruturarem os livros didáticos e manuais instrucionais, de modo a adequarem-se a nova realidade proposta pelos documentos oficiais. Portanto, ações provenientes dos agentes que compõem a Noosfera afetam, em nossa opinião, diretamente o Sistema Didático.

Por outro lado, temos a transposição interna ou segunda transposição. Esta, em nossa opinião, é realizada pelo professor quando o mesmo transpõe determinado conteúdo do Saber Ensinar ao Saber Ensinado. É nesse momento que o professor, de posse dos seus conhecimentos sobre o assunto, pode intervir no Saber proposto no livro didático e assim realizar uma nova transposição, de modo a adequar o Saber, para que assim, o aluno tenha um melhor entendimento sobre determinado conteúdo, se assim o julgar necessário. Segundo Menezes (2004),

Nesse segundo momento da transposição didática, não mais a 'noosfera' se institui como elemento central dessa transformação, mas sim, o próprio professor, considerando a sua relação com o saber e com o aluno (p. 34).

Entender que um ensino de qualidade se constitui, também, com base na formação do professor atuante, significa, indiretamente, em nossa opinião, concordar com a base ternária proposta por Chevallard. Uma avaliação superficial do perfil dos professores atuantes na escola secundária mostra que os mesmos possuem deficiências (autodeclaradas) sobre assuntos referentes aos avanços da Ciência e Tecnologia. Acreditamos que essas lacunas delimitam o *Saber* que o professor carrega consigo, fruto de sua trajetória acadêmica e de vida e algumas vezes, acreditamos que, são as responsáveis pelo fracasso em busca da melhoria do ensino.

Assumindo que o professor é o responsável pela transposição interna do Saber, ou seja, quem opta pela inserção ou não de determinados tópicos dentro da sala de aula, não podemos ignorar essas lacunas e propor mudanças que podem romper com o Ensino tradicional, sem antes direcionar alternativas para o professor. Na nossa concepção, não podemos sugerir inserção de tópicos externos ao currículo tradicional de Ciências/Física sem balizar possíveis caminhos para o professor. “A necessidade de envolvê-los nos projetos é essencial” (PIETROCOLA, 2008). “As chances de sucesso aumentam quando a intenção de mudar vem do interior do sistema de ensino, e não é pressentida pelos professores como uma imposição.” (PIETROCOLA, 2008). “Pesa contra a implementação de inovações, a percepção que os professores têm de sua capacidade/habilidade para inovar e assumir os riscos que daí resultam” (PIETROCOLA, 2008).

Nosso objetivo com este capítulo foi buscar embasamento teórico para responder nossos questionamentos acerca do funcionamento do Sistema de Ensino. Entendemos, através da Transposição Didática, que o professor é o principal responsável pela inserção de tópicos atuais dentro da sala de aula. Entretanto, por que os tópicos referentes à FMC, muitas vezes não chegam até a sala de aula?

É de grande relevância observar que muitas vezes o professor deseja inserir tópicos de FMC na sala de aula, entretanto, não o faz porque lhe faltam subsídios teóricos para suscitar a discussão entre os alunos. De acordo com Luccas (2004)

A ausência da segunda transposição didática e a presença da simplificação sofrida pelo saber, ao nosso ver, apresenta-se como um dos fatores responsáveis pelo fracasso no atual ensino, como muitas pesquisas vêm apontando. Acreditamos que a existência da simplificação deve-se, principalmente, à falta de formação apropriada dos responsáveis para trabalharem com a transposição didática (p. 123).

Os livros didáticos, muitas vezes, trazem os tópicos referentes à FPE, porém, não há uma distinção entre o livro do professor e o livro do aluno; exceto, na maioria das vezes, pelas respostas e desenvolvimento de questões contidas, em alguns casos, no livro do professor. Acreditamos que este fato gera um desconforto no professor, porque em grande parte dos casos, ele não tem familiaridade com o assunto. Desta forma, acreditamos que muitas vezes o professor não se sente confortável para inserir estes tópicos, pois a discussão pode fugir do escopo abordado no texto didático, fora do domínio do professor.

Em resumo, através da Transposição Didática percebemos que existe uma distância significativa entre os tópicos contemporâneos da Ciência e os tópicos presentes nos currículos tradicionais. Concluimos então que este distanciamento talvez seja fonte de desmotivação para alunos e professores. Concluimos também que o professor é o responsável pela transposição interna, ou seja, ele pode mediar através de suas escolhas o que será ensinado, dentro do período estipulado para o desenvolvimento das atividades da disciplina. Defendemos que a apresentação, o debate e a construção do conhecimento sobre FMC, mesmo ausente da Matriz Curricular Nacional, fazem-se necessários para propiciar uma formação científica adequada ao cidadão, no processo denominado alfabetização (ou letramento) científica (HURD, 1956).

2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A SOBREVIVÊNCIA DOS SABERES

Segundo Fourez (2005), podemos começar nos remetendo a história de nossa civilização no século passado, onde trabalhadores e patrões consideravam importante saber ler e escrever. Obviamente, podemos notar a dicotomia dos interesses: para os patrões era conveniente possuir empregados com maior qualificação; para os trabalhadores, o processo de alfabetização representava uma determinada emancipação.

Evidentemente, esse processo cíclico se fizera em relação aos interesses dos grupos sociais dominantes da época, que precisavam encontrar grupos populacionais que viessem a contribuir com seus empreendimentos. Portanto, se a classe trabalhadora era alfabetizada, esse processo facilitaria o comércio local e assim se iniciaria um ciclo econômico naquela região. Porém, independente dos caminhos que motivaram no século passado a alfabetização, é inegável que ela “*tornou-se, na opinião de quase todos, necessária para o aumento da dignidade humana em nossas sociedades chamadas <<desenvolvidas>>*”³ (Fourez, 2005, p.17, grifo do autor, tradução nossa).

Se no século passado falava-se simplesmente de Alfabetização, neste século, passamos a caracterizá-la de diferentes formas: a literária, a matemática, a científica. De acordo com a definição etimológica, o vocábulo Alfabetização significa: *Ação de alfabetizar. / Difusão do ensino primário, restrita ao aprendizado da leitura e escrita rudimentar.*

Segundo Freire,

³ La alfabetización ha llegado a ser, em la opinión de casi todos, necesaria para la promoción de la dignidad humana em nuestras sociedades llamadas <<desarrolladas>>.

“[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto” (SASSERON e CARVALHO, 2011, p.61).

Se para Freire o termo alfabetização remete a um ser humano capaz de interferir no contexto onde vive, o que viria a ser Alfabetização Científica? Ao procurarmos no dicionário, não encontramos definições para esta expressão, que é um tema emergente na literatura moderna sobre Ensino de Ciências. Portanto, procuraremos na literatura algumas definições para tal expressão, antes de apresentar a nossa concepção.

Segundo Chassot (2006, p. 91), “A alfabetização científica pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida”. Ou seja, a Ciência pode ser entendida como a *linguagem* necessária para que o homem possa através dela realizar uma *leitura de mundo*. Sem o domínio desta *linguagem*, se torna impossível o entendimento. O autor argumenta, ainda, que o domínio desta contribui para uma melhor qualidade de vida do cidadão, podendo desta forma controlar e prever possíveis transformações na natureza.

Fourez (2005) traz 14 habilidades apresentadas, nos anos oitenta, pela Associação de Professores de Ciências dos Estados Unidos (NSTA) para classificar uma pessoa como Alfabetizada Científica e Tecnicamente, o que ocorre quando esta for capaz de:

- I. utilizar conceitos científicos e integrar valores e saberes para tomar decisões responsáveis no seu dia a dia;
- II. compreender que a sociedade exerce um controle sobre a ciência e as tecnologias e também que as ciências e as tecnologias gravam sua estampa à sociedade;
- III. compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias através das subvenções que lhes concede;

- IV. reconhecer tanto os limites como a utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem estar humano;
- V. conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas, e ser capaz de aplicá-los;
- VI. apreciar as ciências e tecnologias pela estimulação intelectual que suscitam;
- VII. compreender que a produção de saberes científicos depende concomitantemente de processos de investigação e conceitos teóricos;
- VIII. saber reconhecer a diferença entre resultados científicos e opiniões pessoais;
- IX. reconhecer a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório e sujeito a alterações de acordo com o grau de acumulação de resultados;
- X. compreender as aplicações das tecnologias e das decisões envolvidas no seu uso;
- XI. possuir suficiente saber e experiência para apreciar o valor da investigação e do desenvolvimento tecnológico;
- XII. extrair da sua formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante;
- XIII. conhecer as fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrer a elas quando tiver que tomar decisões;
- XIV. ter uma certa compreensão da maneira em que as ciências e tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Já Lemke (2006) expõe suas crenças acerca das metas sociais para a educação relatando que acredita que a mesma deve contribuir com a melhoria da qualidade de vida da população. Em suas palavras,

Uma vida melhor para os mais necessitados significa fornecer saúde e educação, satisfazer as necessidades básicas, proteger contra os desastres e, sobre tudo, dar esperança. Para quem já tem todas essas coisas básicas, a educação significa maiores oportunidades para desenvolver suas habilidades e talentos e usá-los a serviço de uma harmonia entre a sociedade

global e o resto do ecossistema do nosso planeta⁴ (p.6, tradução e grifo nosso).

Podemos seguir as ideias de Lemke (2006) quanto aos objetivos da educação científica, especificando as habilidades desejáveis a serem desenvolvidas ao longo do processo de escolarização, de acordo com a idade. Em outras palavras:

- I. Para as crianças pequenas: apreciar e valorizar o mundo natural, potencializados pela compreensão, mas sem abandonar o mistério, a curiosidade e o surpreendente.
- II. Para as crianças de idade intermediária: desenvolver uma curiosidade mais específica sobre como funcionam as tecnologias e o mundo natural, como desenvolver e criar objetos e como cuidar deles, e um conhecimento básico da saúde humana.
- III. Para o ensino médio: proporcionar a todos um caminho potencial para as carreiras científicas e de tecnologia, proporcionar informações sobre a visão científica do mundo, que é de utilidade comprovada para muitos cidadãos, comunicar alguns aspectos do papel da ciência e da tecnologia na vida social, ajudar a desenvolver habilidades de raciocínio lógico complexo e o uso de múltiplas representações.

A partir dessa exposição, constatamos que são diversas as opiniões sobre quais habilidades devem ser desenvolvidas para que uma pessoa seja considerada alfabetizada científica e tecnologicamente. Destacamos a relevância, em nossa concepção, de Lemke (2006) suscitar a ideia de que a educação deve proporcionar esperança ao estudante. Partilhamos, em parte, das três definições expostas acima e acreditamos que podemos elencar, em síntese, as habilidades que, em nossa opinião,

⁴ Una mejor vida para los más necesitados significa proveer salud y educación, satisfacer las necesidades básicas, proteger contra los desastres y, sobre todo, dar esperanza. Para quienes ya tienen todas estas cosas básicas, la educación significa mayores oportunidades para desarrollar sus habilidades y talentos y usarlos al servicio de una armonía entre la sociedad global y el resto del ecosistema de nuestro planeta.

podem classificar um cidadão, seja ele em qualquer idade, considerado como Alfabetizado Científica e Tecnologicamente.

- I. O indivíduo deve ter condições de realizar uma leitura de mundo;
- II. Entender que a Ciência é um processo de construção humana;
- III. Utilizar na prática, os conhecimentos teóricos adquiridos em sala;
- IV. O estudante deve ser crítico, utilizando a Ciência para defender suas concepções;
- V. Deve possuir entendimento, ao menos superficial, sobre o funcionamento da Tecnologia que o cerca.

Definidas estas habilidades, podemos agora cruzá-las com as potenciais desenvolvidas pelo tópico Física de Partículas Elementares (FPE), para verificar se este assunto favorece uma Alfabetização Científica. Esta discussão é feita na próxima seção.

2.3 A FPE COMO ESTRATÉGIA PARA UMA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Poderíamos fazer um exercício mental remetendo-nos ao passado, lembrando das histórias contadas sobre o cotidiano de nossos avôs e avós. Nos variados relatos perceberemos que a sociedade não dispunha de grande parte de artefatos tecnológicos que dispomos hoje e, de um modo geral, nossos avôs e avós, na grande maioria, não imaginavam a revolução tecnológica que estaria por vir. Assim, sabemos o quão complexo se torna tentar fazer previsões sobre o futuro tecnológico da sociedade contemporânea. Vivemos em uma época que pode, em nossa opinião, ser definida como era da tecnologia. Os passos largos do desenvolvimento tecnológico não nos permitem prever onde estaremos, sob o ponto de vista de aplicações, na próxima década.

Cabe a nós refletir sobre a importância de reeducar os estudantes para que eles possam participar ativamente da sociedade. Mas o que isso significa, sob a égide da alfabetização científica? Participar ativamente da sociedade significa deixar de ser espectador e passar à condição de sujeito ativo do processo. Entretanto, como ser participativo quando nos faltam embasamentos teóricos? Como participar de um

processo democrático desconhecendo o conteúdo que lhe é questionado? E por fim, qual conteúdo de Ciências/Física, possibilitaria ao aluno um aporte teórico para participar de discussões emergentes a uma sociedade contemporânea?

Acreditamos que isto ocorra em razão da diversidade social existente entre a população. Cremos, que não há uma "receita" que devemos seguir "ao pé da letra"; este processo variará de local para local. Por esta razão, a importância do professor no processo de transposição, ele será o responsável pela adequação do conteúdo no local onde se encontra. Ninguém melhor do que ele, sujeito atuante no processo, que conhece e participa da realidade local, para realizar a adequação dos conteúdos, de forma que, estes tópicos venham a contribuir para formar um aluno cientificamente alfabetizado.

Acreditamos que a FPE pode ser um tópico da Física que propicie uma Alfabetização Científica aos estudantes. A seguir relatamos nossos pressupostos sobre o assunto, justificando assim nossa escolha por este tópico.

2.3.1 POR QUE ACREDITAMOS QUE A FPE POSSIBILITA UMA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA?

Anteriormente elencamos cinco razões nas quais, em nossa opinião, um estudante deve desenvolver para ser considerado alfabetizado científica. Neste espaço procuraremos justificar, nossos pressupostos acerca das razões que nos sinalizam que a FPE satisfaz as razões citadas.

I. **O indivíduo deve ter condições de realizar uma leitura de mundo:**

Estamos na era da tecnologia onde a informação, muitas vezes, chega de forma deturpada através dos veículos de comunicação. Esta mesma tecnologia, porém, instiga os estudantes, através de séries que expõem tópicos a respeito do conhecimento científico, despertando, assim, o interesse dos estudantes por estes temas. Esta motivação propiciada pela mídia pode ser aproveitada no espaço escolar para discutir tópicos modernos da física, mais facilmente contextualizáveis e assim favoráveis para o desenvolvimento crítico científico dos estudantes. Um exemplo

recente: o professor poderia utilizar-se da ampla divulgação dos veículos de comunicação em relação ao anúncio da detecção (“descoberta”) do Bóson de Higgs para introduzir a discussão de tópicos da FPE. Curiosamente, muitas questões que transcendem a Física poderiam ser apresentadas e discutidas, como: Como o universo começou? Do que somos formados? O que é o LHC? O que ele busca?

Respondendo aos questionamentos anteriores, com base nos conhecimentos científicos disponíveis até o momento, o estudante pode adquirir ferramentas para selecionar verdade e misticismo na informação que chega até ele. Além disso, o estudante desenvolve uma compreensão mais abrangente sobre a formação do universo, assim fornecendo elementos para poder compreender (“ler”) fenômenos do mundo em que vive.

Esta mudança de percepção oferece ferramentas ao estudante, que permitem que este se posicione criticamente diante das informações que recebe dos veículos de comunicação em massa.

II. Entender que a Ciência é um processo de construção humana:

É preocupante a forma como os conteúdos de Ciências/Física vêm normalmente sendo abordados nos livros didáticos do Ensino Médio. Os saberes científicos, na grande maioria dos livros didáticos, estão sendo tratados como fruto da descoberta de um único cientista e não da construção de conjecturas alicerçadas no aprimoramento de ideias de diferentes pesquisadores. Esta falsa imagem de Ciência, que muitas vezes é transmitida ao aluno, induz ao estudante uma interpretação de que todo conhecimento científico está completamente construído, corroborando a famosa frase de Lord Kelvin, em palestra para a British Association for the Advancement of Science: "Agora, não há mais nada novo para ser descoberto pela Física. Tudo o que nos resta são medições cada vez mais precisas." Ou seja, isso pode sinalizar ao estudante que não há contribuições futuras que ele possa fazer, mesmo que se interesse por esse ramo de pesquisa, contribuindo assim para desestímulo do estudante para futuras carreiras científicas. Porém, é importante lembrar que a frase de Kelvin não podia estar mais errada: no mesmo ano em que proferiu esta palestra, iniciou uma revolução na

Física, através das contribuições de Max Planck para a Física Quântica. E um novo horizonte apareceu para a ciência...

Esta visão pode ser ilustrada por um exemplo da área de Física de Partículas, através de anúncios veiculados por meios de comunicação acerca do Bóson de Higgs. O próprio nome do bóson já carrega consigo a identidade de um de seus autores, excluindo, indiretamente, os teóricos que corroboraram para o desenvolvimento da teoria. Isto, em nossa opinião, transmite uma ideia errônea de que somente um cientista foi o responsável pelo desenvolvimento da teoria. É importante ressaltar que a FPE, assim como qualquer área do conhecimento científico, está estruturada em processos constantes de significação e ressignificação do conhecimento.

Os gregos já lançavam ideias que hoje se empregam na área de FPE. Iniciamos com a tese de Anaximandro, discípulo de Tales, que propunha “a ideia de que todas as coisas são combinações de elementos primários” (PIRES, 2008). Atualmente, sabemos que toda matéria estável presente na natureza é fruto da combinação de três partículas elementares, ou seja, a ideia de Anaximandro ainda permanece viva em essência na FPE. Poderíamos seguir enumerando a evolução de modelos para a estrutura da matéria, mas isto não é o foco deste trabalho. Sugerimos a leitura de Abdalla (2007) para uma visão ampla desta evolução, desde os gregos até a teoria atual. Porém, poucos são os materiais didáticos que destacam a ciência como um processo de construção humana do conhecimento, desconstruindo assim, em nossa opinião um papel fundamental permeado ao processo educativo: a importância da reconstrução no refinamento do Saber.

No sentido da construção do conhecimento, existem dois episódios relacionados ao bóson de Higgs que podem induzir estudantes a crer que todas as questões envolvidas com a FPE já estão respondidas: em julho de 2012, quando cientistas do LHC divulgaram evidências experimentais do bóson de Higgs e em março de 2013; quando confirmaram a observação indireta desta partícula. De forma ingênua, tal qual a declaração de Lord Kelvin, pode-se argumentar que não há nada de novo para ser descoberto na Física de Partículas. Porém, como falamos anteriormente, a ciência é um processo de construção do conhecimento

onde, a cada geração, novos conhecimentos são acrescentados de modo a se ressignificarem futuramente. Uma descoberta científica sempre leva a novos questionamentos (NOVELLO, 2011).

Contudo, sabemos que não é somente na área da Física que isso ocorre. Em outras áreas das Ciências Naturais, como na Biologia, vemos que as ideias referentes à Evolução das espécies já eram discutidas desde o século VI aC. Conforme o conhecimento se desenvolvia, novas ideias eram propostas por filósofos naturais até a teoria da Seleção Natural ser publicada em 1859, por Charles Darwin. Entretanto, antes de Darwin publicar suas teorias acerca da Evolução, este tema foi amplamente discutido por vários naturalistas, entre eles Alfred Wallace que havia proposto uma teoria muito semelhante (CARMO e BIZZO, 2009).

Mediante a escassez de materiais didáticos que corroborem para percepção do aluno acerca das ideias histórias da evolução do conhecimento humano, acreditamos que é responsabilidade do professor, sempre que possível, no exercício da Transposição Didática interna, evidenciar a importância do construtivismo científico para o progresso da ciência. Olhando sobre esse referencial, esperamos que o indivíduo perceba que a compreensão que temos hoje sobre Ciência, é resultado de um acúmulo de informações que foram repensadas, discutidas e testadas, infinitas vezes, ao longo dos séculos. Olhando por esse ângulo, cremos que o aprendiz se sentirá mais importante no processo evolutivo de seus estudos pensando que suas constatações podem vir a corroborar com o desenvolvimento das Ciências, afinal, como foi dito: ela está em permanente construção.

III. Utilizar na prática, os conhecimentos teóricos adquiridos em sala:

Ao falar sobre tópicos de FPE podemos remeter uma de suas aplicações à área da Medicina. Podemos citar o exemplo da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET - acrônimo do inglês *Positron Emission Tomography*) que utiliza o princípio da aniquilação de que quando matéria e antimatéria se encontram, geram dois ou mais fótons. Para tanto, é necessário um material radioativo que ao decair, emita a

antipartícula (pósitron) no seu processo de decaimento, conforme mostra a figura abaixo, onde são apresentados, os principais emissores de pósitrons e suas características.

Radionuclídeo	$T_{1/2}$ (min)	E_{β^+} max (MeV)	Alcance máximo em água (mm)
Carbono-11 ^{11}C	20,4	0,959	5,0
Nitrogênio-13 ^{13}N	9,96	1,197	5,4
Oxigênio-15 ^{15}O	2,07	1,738	8,2
Flúor-18 ^{18}F	109,8	0,650	2,4
Gálio-68 ^{68}Ga	68	1,899	9,4
Rubídio-82 ^{82}Rb	1,3	3,350	15,6

FIGURA 3: PRINCIPAIS EMISSORES DE PÓSITRONS E SUAS CARACTERÍSTICAS (ROBILOTTA, 2006)

Esses fótons, proveniente da aniquilação elétron-pósitron, são criados respeitando as leis de conservação da carga e do momento angular e são detectados simultaneamente pelo conjunto de detectores que envolvem o corpo do paciente. Para obtenção do pósitron utiliza-se radionuclídeos como, por exemplo, o Flúor-18, que são produzidos em cíclotrons. Neste caso, a partícula é proveniente do decaimento radioativo beta, de baixa energia e pequeno alcance de penetração na matéria, mais suficiente para interagir com os tecidos e gerar a imagem tridimensional.

Da biologia sabemos que o “combustível” de todas as células ativas é a glicose, portanto, todas as células a consomem. Utilizando o ^{18}F como traçador, associamos a ele uma molécula de glicose e obtemos o Fluorodeoxiglicose (FDG). As células o absorvem e por sua vez o composto radiativo decai emitindo pósitrons que logo se aniquilam com os elétrons do meio. Através deste princípio podemos obter imagens que nos mostram regiões que estão tendo uma maior absorção do composto, podendo indicar nessa região a existência de câncer, por exemplo. Sabemos que o câncer é uma doença que se caracteriza por ter um crescimento desordenado de células e por essa razão requerem maior energia que o comum, sendo assim, a maior absorção do composto pode sinalizar um indício de tumor (acúmulo de células cancerosas).

Vale nesse espaço relatar nossa experiência ao ensinar tópicos referentes à FPE em sala de aula, em uma turma de terceiro ano, durante o estágio curricular da Licenciatura em Física. Ao falar sobre FPE e suas aplicações, observamos o frequente interesse dos alunos ao discutir os avanços desta área da física e suas aplicações para a sociedade. Em especial, descrevemos um caso em que um aluno relata que seu avô durante muito tempo vinha realizando exames diagnósticos para possível detecção de metástases provenientes de um câncer no intestino. O aluno se mostrou extremamente interessado ao saber dessa nova possibilidade diagnóstica (PET) que possibilita obter informações sobre a fisiologia dos órgãos, enquanto a tomografia computadorizada, por exemplo, nos permite obter imagens anatômicas. O aluno, ao final da aula, exprime sua satisfação pessoal em conhecer essa nova possibilidade de diagnóstico, com uma certa tristeza dizendo-nos: “gostaria de ter tido essa aula há alguns anos atrás, quando era possível chegar em casa e poder contribuir de alguma forma para o diagnóstico do meu avô.”

Segundo Machado, Pleitez e Tijero (2006),

[...] Não é exagero dizer que, sem o conhecimento das leis que regem o mundo atômico, nuclear e das partículas elementares, obtido ao longo do século passado, não existiriam muitos dos métodos de terapia e diagnóstico usados na medicina moderna. [...] Em particular, as principais técnicas de diagnóstico e de terapias médicas estão baseadas, cada vez mais, nas descobertas da Física de Partículas Elementares (FPE) dos últimos 80 anos. (p. 1)

Isto pode ser percebido como uma forma de letramento, uma vez que a aplicação do conhecimento, e sua contextualização, não exatamente sob o ponto de vista da presença cotidiana, mas como algo útil para o estudante, são percebidas como fomentadoras de espírito crítico no mesmo.

IV. O aprendiz deve ser crítico, utilizando a Ciência para defender suas concepções:

Com o ensino de tópicos de FPE, espera-se instrumentalizar os estudantes para que eles possam debater assuntos de cunho social, envolvendo ciência,

alicerçando seus argumentos em bases científicas. Os tópicos de FPE propiciam aos estudantes um entendimento sobre os constituintes fundamentais da matéria assim como das quatro forças fundamentais da natureza (força gravitacional, eletromagnética, fraca e forte), propiciando assim um entendimento sobre a constituição dos núcleos atômicos, átomos e moléculas, fazendo com que o aluno perceba a necessidade desses componentes para a formação de elementos químicos e, por consequência, para formação na natureza como um todo. Este conhecimento permite que os estudantes critiquem teorias místicas sobre a origem da vida na terra ou “teorias da conspiração”, por exemplo. Segundo Cruz e Cruz (2009), “A inserção da Física Moderna no ensino médio, tem entre outros argumentos a necessidade de instrumentalizar os cidadãos para que possam atuar criticamente dentro da sociedade. [...] dando aos cidadãos meios para discutir criticamente o misticismo e suas consequências [...].”

Outro uso importante da crítica associada ao conhecimento adquirido com a FPE está na evolução histórica da humanidade, pois permite uma visão geral da relação entre avanços da ciência e da sociedade, desde as primeiras máquinas dominadas pelo homem (as alavancas) até a tecnologia que hoje nos rodeia. Ainda podemos apresentar as questões filosóficas endereçadas pela Física Moderna, como a abordagem probabilística proposta pela Física Quântica para explicar o “comportamento natural” de alguns sistemas físicos.

V. Deve possuir entendimento, ao menos superficial, sobre o funcionamento da Tecnologia que o cerca:

Desde o início do século XX, com o advento da Física Quântica, a ciência caminha naturalmente a lado de suas aplicações – a denominada tecnologia. Conhecer a ciência permite o entendimento básico dos princípios de funcionamento de equipamentos que permeiam o nosso dia-a-dia. Já citamos acima, ao falar da Tomografia PET, uma aplicação que pode ser entendida e até explicada para outras pessoas com o conhecimento da FPE. Ao pensar em outras aplicações tecnológicas modernas, como os smartphones, tablets e demais eletroportáteis, precisamos ter um conhecimento da estrutura da matéria, que permite entender, por exemplo, o funcionamento das futuras telas sensíveis ao toque, a base de um material

desenvolvido a partir de estudos aprofundados sobre a estrutura da matéria – o grafeno).

Obviamente, um entendimento completo dos princípios de funcionamento deste material, exige um profundo estudo. Porém, entendemos que a FPE propicia a oportunidade de um conhecimento mais simplificado destes processos, através de modelos idealizados, ensinados em sala de aula.

**3 O EVENTO CIENTÍFICO COMO FERRAMENTA
COLABORATIVA NO PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO
DIDÁTICA**

3 O EVENTO CIENTÍFICO COMO FERRAMENTA COLABORATIVA NO PROCESSO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

3.1 ACERCA DOS NOSSOS PRESSUPOSTOS

Como discutido nos capítulos anteriores, existe uma grande resistência, por parte de alguns integrantes, da Noosfera à atualização curricular. Em meio a essa desatualização, milhares de estudantes brasileiros concluem o seu Ensino Médio tendo pouco ou nenhum contato com tópicos da FPE. Sabemos que existe um movimento por parte da Sociedade Brasileira de Física (SBF) para que tópicos referentes à FMC sejam inseridos nos conteúdos programáticos das aulas de Física. Uma das iniciativas da SBF foi sugerir em carta ao INEP, destacando a importância do Brasil, como país em desenvolvimento, oportunizar tópicos de FMC no Ensino Básico, em vista de avanços nas áreas de Ciências e Tecnologia:

Se o ENEM se transformar em único instrumento de avaliação, uma consequência natural desta opção com um domínio de questões de Mecânica é que Física Moderna será banida da educação básica, o que é particularmente grave em um país que pretende ser protagonista em ciência e tecnologia (SBF, 2014).

Entretanto, como já discutimos anteriormente, acreditamos que a ausência de tópicos referente à FPE na sala de aula tem sua raiz não só na proposta curricular de cada estado, ou país, mas também, e talvez principalmente, na base de formação do professor. Sob o prisma da Transposição Didática, o docente é o responsável pela transposição interna, ou seja, ele em última instância é quem decide o quê e como ensinar. Algumas lacunas no saber do professor podem limitar a ampliação do conteúdo que deveria ser ensinado em sala de aula. Portanto, julgamos ser de fundamental importância o repensar questões relativas ao conteúdo na formação continuada deste professor, oportunizando espaços de aprendizagem para que o mesmo possa sanar as lacunas existentes em sua formação acadêmica. Porém, para que essa continuidade seja concretizada, é necessário que o professor “sinta” que existe um conjunto de sujeitos que compactuam desse objetivo onde todos trabalhem nas suas diferentes categorias, mas com um mesmo foco de convergência: a melhoria do ensino básico. Acreditamos, ainda, que é fundamental que o professor se sinta

acolhido por estes espaços, percebendo que ali ele poderá ressignificar seus saberes e por consequência ampliar suas opções didáticas em sala de aula.

Quando estes espaços são oportunizados ao professor, acreditamos que este tende a se sentir mais valorizado e confiante no exercício de seu magistério, fazendo assim com que a atualização dos conteúdos escolares seja uma consequência do processo de ressignificação dos seus saberes. Uma pergunta que surge imediatamente a esta afirmação diz respeito ao espaço onde esta interação do professor – em formação continuada – com o cientista possa ocorrer. Isto é, onde é possível ocorrer o processo de transposição externa?

Universidade e escola vêm tratando esta questão da aproximação com bastante frequência, com vistas a proporcionar um avanço na formação do professor de modo a convergir para um ensino de melhor qualidade, proporcionando espaços onde professores, pesquisadores e alunos possam interagir e, desta forma, minimizar a lacuna que existe no atual ensino de Física. Pensando em possíveis respostas para esta aproximação, encontramos nos eventos científicos, oportunizados fora do ambiente formal de sala de aula, um espaço capaz de possibilitar o ensino de tópicos referentes à Física de Partículas Elementares, entre outros.

Acreditamos que eventos deste tipo propiciam espaços de interação entre Laboratório, Universidade e Escola, para que assim os atores destes espaços possam dialogar e interagir e por consequência contribuir para algo fundamental no Ensino de Ciências: o processo de humanização da Ciência e de desmistificação dos Cientistas. Segundo John Gilbert

Um elemento importante na comunicação científica é a participação de cientistas nesse processo dialógico, propondo que não seja atribuído somente ao professor e ao livro texto a responsabilidade de apresentar a ciência ao aluno (WATANABE, GURGEL e MUNHOZ, 2014).

Desta forma, o pesquisador pode ser o responsável por fazer a primeira Transposição Didática, ou seja, a passagem do Saber Sábio para o Saber Ensinar, evitando assim uma série de distorções, causadas pela mediação, nem sempre correta, feita pelos autores de livros didáticos. Não queremos com isso dizer que o

pesquisador deve ter o papel de realizar esta Transposição; entretanto, destacamos que ninguém melhor do que ele, conhecedor da linguagem própria da área em que atua, para transpor esses Saberes de modo a não distorcer a essência do Saber.

Utilizando os eventos científicos como agentes colaboradores para uma Alfabetização Científica, não só não estaremos rompendo com o currículo tradicional do Sistema de Ensino como também estaremos incorporando o aspecto motivacional para nossos estudantes, despertando sua curiosidade sobre temas da Ciência contemporânea. Neste trabalho, buscamos averiguar se os eventos científicos podem contribuir para uma Alfabetização Científica, em especial o ensino de FPE.

Para dar suporte aos nossos pressupostos, acompanhamos um evento científico chamado *International MasterClass: Hands on the Particle Physics* e através deste objetivamos responder se este tipo de evento pode contribuir para uma Alfabetização Científica por parte dos participantes. Buscamos ao longo do trabalho apontar pontos e indicadores desta contribuição, que podem servir como fomento para que eventos similares possam ser realizados em diferentes regiões do país. Na próxima seção faremos um apanhado geral acerca da estrutura do evento.

3.2 O MASTERCLASS COMO UM ESTUDO DE CASO

Acompanhamos um evento científico sobre FPE, destinado a professores e estudantes do ensino médio, chamado *International MasterClass: Hands on the Particle Physics*. Nossa escolha por este evento ocorreu em razão de sua tradição, bem como a proposta consolidada do evento: oferecer a oportunidade para professores, alunos e pesquisadores interagirem e ressignificarem seus saberes, indo assim ao encontro de nossos pressupostos.

O evento citado tem abrangência mundial e conta com a participação de 40 países e mais de 200 centros de pesquisa ou universidades. Estes espaços educativos são utilizados para sediarem o evento e acolhem, anualmente, cerca de 10.000 estudantes do ensino médio. No Brasil, o evento acontece desde 2008, no Instituto de Física Teórica, da Universidade Estadual Paulista (IFT – UNESP) e a partir

de 2013 começou a ser realizado, também, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF – USP).

Assim, neste trabalho, analisamos o MasterClass realizado no IFT no ano de 2013. Este evento tem duração de um dia e meio (sexta-feira pela manhã e tarde e sábado pela manhã). Durante os dois dias, o evento fica dividido em três momentos.

- Primeiro momento (manhã de sexta-feira): alunos, professores e pesquisadores debatem sobre tópicos de FPE (figura3). A exposição dos conteúdos é feita por pesquisadores (Cientistas) da área e os tópicos abordados nas discussões são:

A Estrutura Elementar da Matéria

Do que o mundo é feito: As partículas e suas interações

- Um pouco de história: Descobertas do último século

Os Aceleradores de Partículas e as Experiências do CERN

- Explorando o mundo subatômico: Aceleradores e detectores
- A Física do Large Hadron Collider – LHC.

Introdução à Análise de Dados

- Exercício MasterClass: Identificação e Medidas das Propriedades dos Bósons W e Z



FIGURA 4: PROF. DR. SERGIO NOVAES APRESENTA TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES A PROFESSORES E ESTUDANTES

- Segundo momento (tarde de sexta-feira): Os professores podem testar os conhecimentos adquiridos nas palestras prévias, através da realização de um exercício computacional, que alia conhecimento teórico e prático. Neste momento, o professor tem a possibilidade de vivenciar a experiência proporcionada por um dia de cientista, fazendo uso dos saberes adquiridos para tomar decisões e fazer escolhas, como os físicos do LHC fazem em seu trabalho. Além disso, neste espaço, destacamos a transposição interna, neste momento cientista-professor. O cientista conhecedor da área em discussão transpõe o Saber Sábio para o Saber Ensinar, de modo a torná-lo próximo da realidade do professor. Enquanto o professor é auxiliado pelos pesquisadores na realização do exercício, os alunos, em outro local, realizam atividades práticas tanto de caráter lúdico (Pôquer das Partículas Elementares) como técnico (visualização do rastro deixado por partículas provenientes dos Raios Cósmicos em uma câmara de nuvens, conforme mostra a Fig. 4). Neste momento, também existem Cientistas disponíveis para orientar os estudantes nestas atividades.



FIGURA 5: PROFESSORA E ALUNOS VISUALIZANDO O RASTRO DEIXADO PELOS RAIOS CÔSMICOS

- Terceiro momento (sábado pela manhã): Neste período, os professores têm a oportunidade de realizar a transposição interna. Assim, o docente, com os saberes construídos até o momento, auxilia seus alunos na resolução do exercício realizado previamente por ele (professor), conforme mostra a Fig. 5. Neste momento do evento, os alunos também realizam a análise dos eventos, porém, agora sob a orientação dos professores e pesquisadores. Aqui, ao auxiliarem seus alunos na análise, os docentes do ensino médio têm a oportunidade de ressignificarem os saberes teóricos construídos sobre o tema FPE e por sua vez, têm a possibilidade de realizar a segunda Transposição, do Saber Ensinar ao Saber Ensinado. Por fim, toda equipe estabelece um contato com alguns pesquisadores do CERN onde dois estudantes (que representam a opinião do grande grupo de estudantes) discutem os resultados gerais provenientes do exercício que realizaram.



FIGURA 5: PROFESSOR AUXILIANDO SEUS ALUNOS NA REALIZAÇÃO DO EXERCÍCIO

3.3 QUAL A CONTRIBUIÇÃO DESSA DISSERTAÇÃO PARA A INSERÇÃO DO TEMA FPE?

Como discutimos no Cap. 1, muitas pesquisas buscam a inserção de tópicos de FMC e contemporânea no Ensino Médio. A grande maioria delas apresenta justificativas de “porque” inserir estes tópicos e se “é possível” inserir estes tópicos, porém poucas indicam caminhos que balizem o “como fazer” (SIQUEIRA e PIETROCOLA, 2006). Nosso trabalho tem como objetivo colaborar com as pesquisas da categoria do “como fazer”. Não nos preocupamos, nesta pesquisa, em apontar se é possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea, pois, compactuamos com o que dizem Ostermann e Moreira (2001)

É viável implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em escolas de nível médio. Os alunos podem aprendê-los, quer dizer, não encontramos obstáculos de natureza cognitiva e os pré-requisitos foram superados. [...] as dificuldades de aprendizagem não foram diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da Física Clássica. (p.147)

Indo ao encontro de Ostermann e Moreira (2001), Siqueira e Pietrocola (2006) relatam que a FPE satisfaz as regras da Transposição Didática e tem condições para ser inserida e permanecer dentro do currículo escolar. Entretanto, como discutem

Siqueira e Pietrocola (2006), um grande obstáculo ao ensino de FPE ainda é a falta de formação do professor. Segundo eles,

Outro obstáculo na aplicação da proposta, foi a formação do professor. Esse foi um aspecto marcante na nossa proposta, pois acreditávamos que os professores, por terem tido formação em Universidades públicas de alto nível, reuniriam as condições adequadas para aplicar o curso. Contudo, nenhum deles havia estudado esse assunto na graduação, ou seja, tínhamos professores que nunca haviam trabalhado e nem sequer haviam estudado sobre a maioria dos conceitos tratados na proposta. (p. 153)

Nossa contribuição está alicerçada na ideia de que espaços que ofereçam o diálogo entre pesquisadores, professores e estudantes, podem contribuir para uma Alfabetização Científica por parte dos participantes. Acreditamos que estes sujeitos possam interagir em ambientes que ofereçam a oportunidade de visitar ou conhecer novos saberes. Antes, queremos deixar claro que, em nossa opinião, não se alfabetiza cientificamente um cidadão em dois dias, uma semana ou um mês; o tempo para isso é absolutamente individual. Essa constatação ressalta a importância fundamental do professor neste processo de formação (evento científico). Ele – o professor – será o responsável por disseminar esse conhecimento em outros espaços que convive, com outros alunos com quem ele trabalhará e até mesmo estendendo a discussão no ambiente da sala de aula, com os alunos que com ele participaram do evento.

Por acreditarmos que o evento possibilita estas conexões, o utilizamos para tomada de dados de nossa pesquisa. Nosso objetivo com isso é verificar se este evento, que leva a FPE até estudantes do Ensino Médio, através de indicações, colabora para uma Alfabetização Científica dos participantes.

3.4 A COLETA DE DADOS E A METODOLOGIA DA PESQUISA

Para tentar responder se o MasterClass favorece uma Alfabetização Científica aplicamos dois questionários em diferentes momentos do evento. O primeiro questionário, que chamaremos de pré-questionário (Apêndice 1), serviu de ferramenta para buscar indícios acerca dos conhecimentos prévios que os participantes do evento

possuíam acerca do tema FPE. Este possuía 21 questões e foi aplicado a 84 estudantes do Ensino Médio e a 10 professores ao chegarem no evento.

Ao final das atividades do MasterClass aplicamos um outro teste (Apêndice 2), contendo as mesmas 21 questões iniciais do pré teste e acrescido de mais outras 4 questões, de modo a buscar indicadores acerca do aproveitamento que os participantes tiveram no evento. Este teste final foi aplicado a um universo de 111 participantes, sendo destes, 95 estudantes do Ensino Médio e 16 professores.

Em busca de uma comparação do quadro anterior e posterior acerca dos conhecimentos dos alunos sobre FPE, dividimos as questões presentes no teste em 4 categorias: questões sobre a estrutura elementar da matéria; questões específicas da área de Física de Partículas Elementares; questões de cunho social e questões de ordem pessoal.

Assim, descreveremos os resultados dos pré-questionários, posteriormente os resultados obtidos ao final das atividades do evento e, por fim, confrontaremos os dados pré e pós atividades do MasterClass. Para o confronto utilizaremos a Estatística Descritiva para buscar balizadores que nos conduzam ao entendimento: o MasterClass contribui para uma Alfabetização Científica por parte dos participantes?

No entanto, acreditamos que somente a abordagem quantitativa sobre os resultados do MasterClass não seria suficiente para explicar em totalidade as nossas observações. Acreditamos que seja importante destacar, por exemplo, o interesse proveniente de alunos ao ter um dia de cientista ou a emoção demonstrada ao participarem de atividades experimentais no evento, como a visualização do rastro deixado por partículas provenientes dos raios cósmicos, em uma câmara de nuvens. Por esta razão optamos por dois tipos distintos de abordagem, a qualitativa e a quantitativa. Destacamos que nossa principal abordagem será a quantitativa, porém, por vezes, utilizamos da complementação fornecida pela análise qualitativa. “ A metodologia de pesquisa deve ter uma estrutura apropriada para a compreensão do que está sendo estudado, levando-se em conta uma amálgama de fatores que se influenciam mutuamente durante o ato de educar.” (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005, p.114)

Na abordagem quantitativa apontaremos os dados quantificáveis provenientes dos dois questionários (préteste e pós teste), complementando explicações, que por vezes os dados estatísticos não expressam com clareza, com uma abordagem qualitativa acerca de nossas observações. É importante ressaltar que não encontramos na literatura da área de Ensino de Física, trabalhos que apontem a utilização de eventos científicos como estratégia de ensino.

A dupla escolha metodológica ocorre em circunstância das dificuldades encontradas na tabulação dos variados dados coletados provenientes de alunos e professores, participantes do evento. Percebemos ao longo da pesquisa que somente os dados quantificáveis obtidos não seriam suficientes para expressar questões sobre uma formação cidadã, onde o aluno fosse capaz de realizar uma leitura de mundo. Segundo Gonçalves (1997):

Já que não existe uma única metodologia de pesquisa adequada ao estudo da vasta gama dos fenômenos educacionais, é natural que cada investigador realize seu esforço pessoal na busca de uma forma de pesquisar que seja adequada ao seu objeto de estudo e às suas próprias convicções, à sua visão de Ciências e até mesmo à sua formação acadêmica. (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

Também merece destacar que foi ainda como nosso objetivo buscar balizadores que possam oferecer indicadores para responder a questão inicial, concluímos que é de fundamental importância salientar e explicar as razões que nos conduziram pela opção de três diferentes formas de resposta aos questionários e não apenas duas, como “sim” e “não”. A inclusão da resposta “não sei” permite uma criticidade didática, fundamental para que ocorra a Alfabetização Científica, pois, essa opção pode possibilitar ao respondente expressar, de forma mais sincera, qual o seu domínio sobre o assunto, diminuindo as possibilidades de o aluno marcar “sim” ou “não”, sem conhecimento do assunto envolvido. Acreditamos que a Alfabetização Científica é um processo de busca e atualização constante pelo conhecimento, onde o aluno é sujeito e ator, simultaneamente, do processo de reconstrução do Saber. Assim, buscamos à luz dos dados coletados, encontrar indicadores que nos permitam

concluir se o MasterClass contribui para uma Alfabetização Científica por parte dos alunos e professores, participantes do evento.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Em busca de uma comparação entre os dois momentos pós participação no evento e pré-teste, dividimos as questões em 4 categorias: questões sobre a estrutura elementar da matéria; questões específicas da área de Física de Partículas Elementares; questões de cunho social e questões de ordem pessoal.

4.1 QUESTÕES SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA

Nosso objetivo com as questões (Tabela 1) que tangenciam conteúdos acerca da estrutura da matéria foi verificar os conceitos prévios que alunos e professores carregavam consigo acerca da estrutura atômica da matéria.

Questão 1 - O átomo é uma partícula elementar.	Percentual de Acertos - Antes	Percentual de Acertos - Depois
Estudantes	46,4%	74,7%
Professores	80%	87,5%

TABELA 1: PERCENTUAL DE ACERTOS NO PRÉ-TESTE

Chama a atenção perceber que, aproximadamente, 46% dos estudantes tinha consolidada a ideia de que o átomo não é uma partícula elementar, essa ideia vai de encontro ao percentual de acerto dos professores, que foi de 80%.

Trouxemos para discussão esta questão acerca da estrutura atômica, pois julgamos que seu entendimento é de fundamental importância para a compreensão do mundo e da tecnologia que nos cerca. Exemplificando, podemos pensar no conceito de corrente elétrica em metais, onde a mesma é constituída por elétrons livres em movimento ordenado. Se o aluno e/ou professor tem lacunas nos conceitos de estrutura atômica – e entende o átomo como elementar - provavelmente não conseguirá entender, em essência, o conceito de corrente elétrica. Ainda exemplificando, poderíamos citar a corrente elétrica nos líquidos que tem sua origem no movimento dos íons positivos e negativos, se o aluno tem dificuldades no entendimento acerca da estrutura atômica, entendendo o átomo como uma estrutura elementar, muito provavelmente encontrará obstáculos para o entendimento de conteúdos básicos presentes na ementa curricular da escola. Ao analisar as respostas

do questionário final percebemos que houve um aumento no índice de acertos por parte do respondentes em relação a questão 1. Essa observação pode sinalizar que grande parte dos respondentes, ao longo do MasterClass, resignificaram seus saberes acerca da estrutura atômica da matéria. Essa resignificação dos saberes acerca da estrutura elementar, não só contribuirá para um entendimento mais aprofundado de determinados fenômenos físicos, como também contribuirá para um entendimento mais amplo dos conteúdos pertencentes a ementa curricular das disciplinas de química e física.

4.2 QUESTÕES SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Ao analisar as questões do questionário, categorizadas como pertencentes ao nicho da Física de Partículas Elementares, percebemos que existe uma divergência, entre as respostas dadas na questão 0 e as respostas das questões referentes aos tópicos de FPE. Quando questionamos no pré-teste aos respondentes se os mesmos julgavam conhecer um pouco sobre esta área da Física (questão zero), 53,6% de estudantes e 100% dos professores responderam que sim. Entretanto, a resposta dada pelos professores, na questão zero, vai de encontro à média percentual de acertos, nas questões desta categoria (Tabela 2).

Categoria - Questões sobre Física de Partículas Elementares	Média Percentual de Acertos - Antes	Média Percentual de Acertos - Depois
Estudantes	38,5%	79,3%
Professores	60,9%	84,7%

TABELA 2: PERCENTUAL DE ACERTOS NO TESTE

Dentro desta classificação de questões, traremos algumas para discussão. Na afirmação 7, quando afirmamos aos respondentes que “O Higgs é uma partícula elementar, cujo papel é gerar massa aos bósons de gauge” observamos que, aproximadamente, 82% dos estudantes mostram desconhecimento a respeito do assunto. Esse percentual de estudantes optantes pela resposta não sei, se reduz para, aproximadamente, 60% quando os questionamos sobre questões envolvendo a classificação dos Hádrons em mésons e bárions (questão 10), este percentual se

mantém quando ao prosseguir, questionamos os respondentes acerca da estrutura dos mésons (questão 13).

Conforme podemos observar na Tabela 2, houve um aumento considerável em relação à média percentual de acertos do pré-teste em relação ao teste. Acreditamos que o acréscimo em relação aos acertos destas questões sinaliza que o evento contribui para o “entendimento da Ciência enquanto processo de construção humana”. Acreditamos que a FPE oferece ao participante uma visão global acerca dos constituintes da matéria, essa visão – em nossa opinião – foi bastante evidenciada nas palestras, que ofereceram uma rica reconstrução do cenário histórico, privilegiando uma legitimidade epistemológica do saber de referência (Saber Sábio); possibilitando ao aprendiz entender as explicações e refutações decorrentes dos modelos propostos. Assim, oferecendo aportes para que estudantes e professores possam alicerçar suas ideias em modelos científicos cada vez mais precisos é possível obter uma compreensão de que a FPE, assim como outras áreas da Ciência, está constantemente em evolução. Acreditamos que esse fator possibilita ao aluno desenvolver um nível de criticidade maior em relação aos conteúdos que lhe são apresentados, fazendo com ele entenda, que na verdade o “macro” é uma constituição do “micro” ou que o “micro” é uma parte do “macro”. Conforme exemplificam Robilotta e Babichack ao questionarem o leitor: “o que significa o desenho da figura 6?”



FIGURA 6



FIGURA 7

A resposta não é simples. Talvez recorramos aos nossos sentidos para explicá-la, dizendo: “É uma mancha escura, em forma triangular, desenhada em um papel branco.” Mas isso não é dar o significado de coisa alguma. [...] este tipo de resposta não é satisfatório. Nós não conseguimos dar o significado da mancha escura porque seu significado não está nela mesma. Quando inserimos a mancha escura num desenho maior, como na figura 6, o seu significado aparece. Ele está no contexto. As partes determinam o todo e o todo explica as partes. E este tipo de relação vale, também, para os conceitos físicos. Por exemplo, na eletrostática, o conceito de carga pode ser análogo à mancha escura da figura 6 e a eletrostática, mostrada na figura 7, ao cãozinho. (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005, grifo nosso).

Na Física de Partículas Elementares poderíamos pensar na figura 6 como sendo um átomo, enquanto a figura 7 seria análoga a uma molécula. Desta forma, exemplificando, por exemplo, que o conceito de átomo solitário, pode não ter sentido, muitas vezes para o aluno. Porém, pode-se mostrar ao aluno – como foi feito através das palestras do evento – como a matéria se constitui, fazendo assim que o mesmo perceba que, na verdade, o “macro” nada mais é do que um conjunto do “micro”. Poderia-se ainda estender a discussão exemplificando que um conjunto de dois ou mais átomos dá origem a uma molécula, um conjunto de moléculas pode dar origem a um tecido, por exemplo, e um conjunto de tecidos pode dar origem a um órgão e por sua vez o conjunto de órgãos pode dar origem ao corpo humano. Indo ao encontro do exposto por Robilotta e Babichack (1997), é necessário que se mostre ao aprendiz que “as partes determinam o todo e o todo explica as partes”.

4.3 QUESTÕES DE CUNHO SOCIAL ENVOLVENDO FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Em nossa opinião, classificamos como questões de cunho social aquelas que de alguma forma têm uma relação direta, com a aplicabilidade do conteúdo em discussão, para a sociedade. Dentre estas, destacaremos em especial a questão 20 (As radiações ionizantes são muito utilizadas na medicina, para diagnóstico e tratamento médico).

Ficamos surpresos, positivamente, ao perceber que, aproximadamente, 77% dos estudantes concordaram com a afirmação presente na questão. O que indica, por sua vez, que estes conteúdos da Física estão atingindo os estudantes do Ensino Médio, bem como os professores. É importante destacar que nesta questão, um percentual de 100% dos docentes, participantes do teste prévio demonstraram ter conhecimento sobre a utilização das radiações ionizantes na medicina.

Considerando os estudantes, o percentual de acertos foi acrescido em 19%, totalizando no resultado do questionário posterior ao evento um percentual final de, aproximadamente, 96% de acertos. Acreditamos que as radiações ionizantes e não ionizantes são tópicos que tangenciam a Física de Partículas Elementares e, em nossa opinião, são de fundamental importância para a sociedade moderna. Embora, existam trabalhos⁵ que abordem questões relacionadas as radiações ionizantes e não ionizantes via tópicos de Calor ou Ondas, acreditamos que um entendimento mais aprofundado do conceito, necessita de um conhecimento da estrutura atômica e nuclear, onde o aluno possa entender em essência quais são os fatores que dão origem as radiações; saberes esses de referência da FPE.

Podemos concluir que o alto índice percentual de acertos do professor, de uma forma direta, em nosso ponto de vista, repercute no índice de acertos dos seus alunos. Esse fato sinaliza que se o professor possui os saberes necessários para implementação de determinados tópicos em sala de aula ele, provavelmente, o fará, fortalecendo assim nossa concepção acerca de que o professor será o promotor das mudanças tão desejadas na educação. Entretanto, ele, o professor, necessita de respaldo para ressignificar seus saberes e desta forma, realizar a transposição do Saber Ensinar ao Saber Ensinado. Portanto, percebemos a necessidade do pesquisador realizar a transposição externa ao professor e este, por sua vez, realizar a transposição interna para seus alunos.

⁵ Para maiores detalhes acessar: < <http://www.seer.furg.br/remea/article/view/3839/2289>>

4.4 QUESTÕES DE ORDEM PESSOAL

Classificamos na categoria de questões de ordem pessoal aquelas que levam em conta opiniões pessoais, portanto, sem resposta correta. Foram 3 questões, que julgamos pertinente comentar.

- O software computacional, desenvolvido para visualização de eventos ocorridos no CMS, teve papel fundamental para seu entendimento sobre Física de Partículas.

Aproximadamente 94% dos estudantes e professores responderam que sim, para o questionamento acima. Este fato nos permite concluir que o software computacional contribui para tornar mais compreensível a teoria referente aos tópicos de Partículas Elementares.

- Você recomendará o SPRACE game aos seus colegas?

Aproximadamente 93% dos estudantes e 94% dos professores responderam que sim, esse resultado sinaliza que os estudantes se sentiram atraídos pela possibilidade de colocar em prática os conhecimentos teóricos construídos nas palestras de abertura do MasterClass, através de um jogo computacional.

- A partir dos experimentos realizados no MasterClass 2013, você se sente mais motivado a frequentar Museus ou Feiras de Ciências.

Aproximadamente 96% dos estudantes e 100% dos professores responderam que sim. Ou seja, constatamos que o MasterClass suscita nos participantes o interesse pela pesquisa. Entendemos que o evento oferece ao professor, um resgate do seu “espírito” questionador, que por muitos, algumas vezes, poderia estar “adormecido”. cremos que este “resgate emocional” oferecido ao professor é fundamental para o êxito do evento.

4.5 ACERCA DAS NOSSAS CONCLUSÕES

Ao comparar os resultados obtidos, através do questionário, aplicado antes de começar e depois de terminar as atividades do evento, percebemos a elevação no índice de acertos por parte dos participantes (tabela 3).

Categoria	Média percentual de acertos - Antes	Média percentual de acertos - Depois
Estudantes	42,1%	79%
Professores	64%	86%

TABELA 3: COMPARAÇÃO DA MÉDIA PERCENTUAL DE ACERTOS PELOS RESPONDENTES

Concluimos que essa elevação ocorreu, não somente pelas explicações que foram apresentadas durante o evento, mas em conjunto com fatores que favoreceram a ressignificação dos saberes por parte de estudantes e professores. Dentre esses fatores destacamos o aspecto motivacional que o ambiente externo à sala de aula propiciou.

Observamos que os alunos e professores foram envolvidos em um “clima” de pesquisa, onde os mesmos se mostraram sujeitos e atores, concomitantemente, no processo de ensino-aprendizagem. Em nosso entender, estiveram no papel de sujeitos quando significaram seus saberes acerca de questões que desconheciam e atores, quando junto aos pesquisadores, resignificaram seus saberes acerca do que já tinham algum entendimento. Entendemos que este processo de construção e reconstrução constante, dos saberes, faz com que os respondentes reconstruam uma dimensão mais ampla da Ciência, entendendo que esta não é algo hermeticamente fechado e livre de refutações. Desta forma propiciando ao participante um ambiente de contribuição científica, onde o mesmo possa se sentir integrante no processo.

Fomos conduzidos a esta conclusão ao perceber nas colocações verbais expostas pelos respondentes, nas palestras do evento, a importância que os mesmos sentiam em entender, questionar e querer participar deste processo de construção constante do conhecimento, convergindo assim para o objetivo principal do evento: que o participante tenha um dia de cientista.

Além disso, a principal constatação foi observar o decréscimo significativo (Tabela 4) de respondentes que após as atividades do evento mostraram desconhecimento sobre o assunto tratado nas questões.

Categoria	Média percentual de “Não sei” - Antes	Média percentual de “Não sei” - Depois
Estudantes	38,2%	5,9%
Professores	23%	6,8%

TABELA 4: MÉDIA PERCENTUAL DE RESPONDENTES OPTANTES PELA OPÇÃO "NÃO SEI"

Em nossa opinião, isto ressalta que o evento, além de oferecer aos participantes a oportunidade de ressignificarem os saberes referentes à FPE, contribui para o desenvolvimento da criticidade didática por parte do participante. Acreditamos que, talvez, mais importante do que o participante acertar ou errar determinada questão é o fato dele se sentir crítico frente às informações. Podemos pensar de forma análoga ao que ocorre em relação a visitas em Museus de Ciência. Muitas vezes o expectador não dispõe de alguém especializado para explicar o experimento, entretanto, o fato de não haver um monitor para orientar as explicações não faz com que o participante deixe de criar suas próprias conjecturas de resposta a respeito do fenômeno observado. O fato dele reformular suas ideias, certas ou erradas, acerca do observado o torna crítico a respeito do assunto, contribuindo dessa forma para sua Alfabetização Científica.

Portanto, sob a égide da Transposição Didática, a análise comparativa entre o questionário inicial e final nos oferece indícios de que o evento contribui para uma atualização do saber, proporcionando assim aos estudantes e professores, através da FPE, um entendimento mais aprofundado e contextualizado sobre o conteúdo escolar.

Além disso, sob o prisma da alfabetização científica entendemos que o evento colabora para uma ressignificação acerca dos conceitos da estrutura atômica, corroborando positivamente para que o aluno possa desenvolver entendimento sobre o funcionamento da tecnologia que o cerca, sendo que esta está diretamente ligada a estrutura atômica da matéria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo buscamos contribuir para as pesquisas educacionais que buscam o “como fazer” para levar a Física de Partículas Elementares até estudantes do Ensino Médio. Para tanto, concluímos durante o tecimento da pesquisa que não podemos lançar mão de qualquer proposta para os alunos, sem antes tornar parte integrante do processo, os professores destes alunos.

Nossa contribuição está na proposta de levarmos esses tópicos da Física Moderna e Contemporânea até os estudantes via conexão entre escola, universidade e laboratório. Acreditamos que essas três unidades podem dialogar em conjunto e desta forma contribuir para um processo que garanta ao máximo a legitimidade do Saber de referência. Para que isso aconteça, acreditamos que ninguém melhor do que o pesquisador (conhecedor da linguagem própria da área) para tornar, através da mudança da linguagem característica do Saber Sábio, o Saber mais compreensível ao público alvo. Para que isso aconteça, acreditamos que é necessário que os três atores interajam e dialoguem: pesquisador, professor e estudante. Nesse sentido, percebemos que o MasterClass oferece este espaço interativo e dialógico e que, além disso, possibilita três processos diferentes de Transposição Didática, conforme mostra a figura 8.



FIGURA 8: PROCESSOS DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Buscamos neste evento indicadores que nos direcionassem para uma conclusão final acerca dos nossos pressupostos sobre o ensino de Física de

Partículas Elementares a alunos do Ensino Médio. Ao analisar os dados produzidos pelos participantes percebemos que o evento contribuiu para ressignificação dos saberes em Física de Partículas Elementares. Esta ressignificação dos saberes no campo da FPE contribuiu para um entendimento mais correto acerca da Ciência, evidenciando assim, que esta está em constante reformulação e desta forma, que a contribuição de todos é essencial para sua progressão e fidedignidade dos resultados obtidos. Além disso, percebemos que o evento contribuiu para o desenvolvimento de um olhar voltado para o entorno, tendo uma visão mais aprofundada acerca da estrutura da matéria e por sua vez, tendo condições de entender um pouco mais sobre a tecnologia que nos cerca e assim, podendo desenvolver uma maior criticidade acerca dos assuntos que lhes são apresentados, contemplando os aspectos sociais e pessoais do cidadão. Características essas que tangenciam nossas concepções acerca de um cidadão cientificamente alfabetizado.

Porém, sabemos que não será um evento de 2 dias, ou uma semana, que oferecerá aos seus participantes um processo de Alfabetização Científica. Acreditamos que este é um processo contínuo e incessante. Porém, também acreditamos que eventos deste tipo estimulam o aluno a buscar outros meios para continuarem aprendendo e constituindo a tecitura do seu saber.

Além disso, percebemos a importância do MasterClass propiciar ao professor a ressignificação dos seus saberes. Acreditamos que este seja um ponto crucial para o sucesso do evento e acreditamos que, este seja um indicador positivo, que deve ser tomado como referência para outros projetos que busquem dar luz a possíveis caminhos para levar à Escola de Ensino Médio tópicos contemporâneos da Ciência como, por exemplo, a Física de Partículas Elementares.

Por fim, estes participantes do evento têm o papel de serem propagadores do conhecimento e desta forma, serem, agentes contínuos do processo de transposição didática. Que cada vez mais professores e alunos possam utilizar, “para ir ao mundo investigando, indagando, observando, consultando fontes vivas, memórias do bairro, moradores, organizações, universidades, bibliotecas, computadores, colocando lado a lado saberes formais e informais, produzindo esquemas e registros de dados, checando informações e interpretando a realidade para construir novas versões,

finalmente, identificando formas de comunicar, para um público real e aí o conhecimento se redimensiona, investido de um sentimento social o outro. Alunos e professores crescem, multiplicam-se, agora não é mais uma classe, uma sala de aula, é o mundo, a vida, a Feira, a praça que ferve e quer saber, e pergunta, e provoca novos olhares e desejos de saber mais. É a escola cada vez mais militante, planejando uma maior intervenção social e envolvendo-se com questões de sua rua, bairro, cidade, partindo do particular para o universal o mundo.” (PAVÃO *et al.*, 2003).

REFERÊNCIAS

Abdalla M.C.D., **O Discreto Charme das Partículas Elementares.** (Editora da UNESP, São Paulo, 2006).

BEJARANO, N. R. R. (2001). **Tornando-se professor de Física: conflitos e preocupações na formação inicial.**

Borgeses, O. (2005). **Ensinar para menos e ensinar melhor.**

BRASIL (2002). **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.**

BRENNAN, Richard. **Gigantes da Física - Uma história da física moderna através de oito biografias,** Jorge Zahar Editor, 1998.

BROCKINGTON, G. (2005). **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do ensino médio.** São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências–USP.

BROCKINGTON, G. and PIETROCOLA, M. (2005). **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?.** *Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre*, 10(3):387–404.

CAMARGO, S. e NARDI, R. (2004). **Prática de ensino de física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos.** *Revista de Enseñanza de La Física, Rosario-Argentina*, 17(1):9–23.

CASTRO, A. D. e CARVALHO, A. M. P. (2001). **Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média.** Cengage Learning Editores.

CARMO, V. A. e BIZZO, N. **Alfred Russel Wallace e o princípio de seleção natural.** *Filosofia e História da Biologia*, v4,p.209-233,2009.

CHARLOT, B. (1979). **A Mistificação pedagógica realidades sociais e processos ideológicos na teoria da educação.** trad. ruth rissin josef. Zahar.

CHASSOT, A. (2001). **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** Unijuí.

CHASSOT, A. (2006). **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.** SciELO Brasil.

CHEVALLARD, Y. (1991). **La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado,** 1.

FERNANDES, S. A. e FILGUEIRA, V. G. (2009). **Por que ensinar e por que estudar física? O que pensam os futuros professores e os estudantes do ensino médio?** ATAS DO XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA-XVII SNEF. Vitória.~

Ferreira, A. **A quem dar os créditos da teoria da evolução?** Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/biosferas/0048.php>> Acesso em: 09/03/2014

FOUREZ, G. (2005). **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias.** Ediciones Colihue SRL.

GILBERT, J.K. **Science communication: towards a proper emphasis on the social aspects of Science and Technology.** Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 1 (1), 3-25, 2008.

GLEISER, M. (2000). **Por que ensinar física.** *Física na escola*, 1(1):4–5.

LEMKE, J. L. (2006). **Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir.** *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1):5–12.

LUCCAS, S. (2004). **Abordagem histórico-filosófica na educação matemática: apresentação de uma proposta pedagógica.** PhD thesis, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

MENEZES, M. D. (2004). **Investigando o processo de transposição didática interna: o casados quadriláteros.** PhD thesis, Dissertação (Mestrado em educação). Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Recife, Brasil.

MILLAR, R. (1996). **Towards a science curriculum for public understanding.** *School Science Review*, 77(280):7–18.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C. J. d. H. (2008). **Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 16(3):267–286.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física.** Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. (2000). **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”.** *Investigações em ensino de ciências*, 5(1):23–48.

Pietrocola, M. **Inovação Curricular em Física: Transposição Didática de Teorias Modernas e a Sobrevivência dos Saberes** (Projeto Temático FAPESP, São Paulo, 2008).

Pires, A. **Evolução das idéias da Física**, Ed. Livraria da Física, 2008.

- Robilotta C. C., **A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira.** Ver Panam Salud Publica. 2006; 20(2/3):134–42.
- ROBILOTTA, M. R., BABICHAK, C. C., **Definições e conceitos em Física.** Cadernos Cedes, ano XVIII, p.35-61, n. 41, julho, 1997
- RODRIGUES, O. (2001). **C. inserção da teoria da relatividade no ensino médio: uma nova proposta.** Florianópolis, curso de pós-graduação em educação–UFSC.
- ROSA, C. T. W. e ROSA, A. B. (2005). **Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio.** REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, 4(1):2.
- SANTOS, W. L. P. (2007). **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios.** Revista Brasileira de Educação, 12(36):475.
- SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. (2011). **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica.** Investigações em Ensino de Ciências, 16(1):59–77.
- SHAMOS, M. H. (1995), **The myth os scientific literacy.** Nova Jersey, Rutgers University Press.
- SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de partículas Elementares para o Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Carta ao INEP,** Maio.2014. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/noticias/maio2014/carta-ao-INEP.pdf> Acesso em: 1 junho. 2014
- STANNARD, R. (1990). **Modern physics for the young.** *Physics Education*, 25(3):133.
- TERRAZZAN, Eduardo A. **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, V.9, n.3, p.209-214, dez.1992.
- VERRET, M. (1975). **Le Temps des études...**, volume 1. Lille: Atelier Reproduction des thèses, Université de Lille III; Paris: diffusion H. Champion.

APÊNDICE 1

APÊNDICE 1 - PRÉ TESTE

		ALUNOS			PROFESSORES		
		SIM	NÃO	NÃO SEI	SIM	NÃO	NÃO SEI
0	Você conhece um pouco sobre física de partículas?	45	29	10	10	0	0
1	O átomo é uma partícula elementar.	31	39	14	2	8	0
2	O núcleo atômico foi descoberto pelo neozelandês Ernest Rutherford em 1911.	45	7	32	9	1	0
3	O átomo de hélio é composto por um elétron na eletrosfera e um próton no núcleo.	25	34	25	2	6	2
4	Existem na natureza quatro forças fundamentais. São elas: gravitacional, eletromagnética, fraca e forte.	28	45	11	9	1	0
5	Léptons são partículas sem estrutura interna (elementares).	34	15	35	4	2	4
6	Podemos dizer que toda a matéria estável presente na natureza é formada por elétrons, quarks up e quarks down.	27	20	37	5	2	3
7	O Higgs é uma partícula elementar, cujo papel é gerar massa aos bósons de gauge.	14	1	69	4	1	5
8	Elétrons pertencem à família dos hádrons.	11	33	40	1	6	3
9	Hádrons são partículas com estrutura interna (são formados por quarks).	32	8	44	5	0	5
10	Os hádrons podem ser classificados em mésons e bárions.	23	10	51	6	0	4
11	Para o Modelo Padrão os mediadores da interação forte são os fótons.	18	32	36	3	4	1
12	Na Cromodinâmica Quântica, os quarks possuem uma carga de cor, que pode ser vermelha, azul ou verde.	49	5	30	8	0	2
13	Chamamos de mésons partículas formadas por um quark, de uma cor, e um anti-quark de uma cor complementar (anticor).	26	8	50	5	1	4
14	O modelo padrão é uma teoria que classifica as partículas básicas e especifica como elas interagem entre si.	58	7	19	9	1	0
15	O Brasil não possui aceleradores de partículas.	32	40	12	2	7	1
16	Para análise dos dados gerados experimentalmente pelo LHC, os físicos ainda utilizam chapas fotográficas para estudar o rastro gerado por elas.	28	18	38	0	4	6
17	Cientistas brasileiros participam ativamente de experimentos realizados no CERN.	53	4	27	8	1	1
18	No Brasil, a pesquisa em Física Nuclear e de Partículas só é realizada por Físicos Experimentais.	25	30	29	3	5	2
19	O uso de computação de alta complexidade na análise dos dados gerados experimentalmente no LHC é necessário devido à grande quantidade de partículas produzidas em cada reação.	46	5	33	8	0	2
20	As radiações ionizantes são muito utilizadas na medicina, para diagnóstico e tratamento médico.	65	7	12	10	0	0

APÊNDICE 2

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTÕES		ALUNOS			PROFESSORES		
		SIM	NÃO	NÃO SEI	SIM	NÃO	NÃO SEI
0	Você conhece um pouco sobre física de partículas?	95	0	0	16	0	0
1	O átomo é uma partícula elementar.	24	71	0	2	14	0
2	O núcleo atômico foi descoberto pelo neozelandês Ernest Rutherford em 1911.	74	15	6	15	1	0
3	O átomo de hélio é composto por um elétron na eletrosfera e um próton no núcleo.	28	62	5	3	13	0
4	Existem na natureza quatro forças fundamentais. São elas: gravitacional, eletromagnética, fraca e forte.	94	1	0	15	1	0
5	Léptons são partículas sem estrutura interna (elementares).	76	14	5	12	4	0
6	Podemos dizer que toda a matéria estável presente na natureza é formada por elétrons, quarks up e quarks down.	77	16	2	15	0	1
7	O Higgs é uma partícula elementar, cujo papel é gerar massa aos bósons de gauge.	62	16	17	13	3	0
8	Elétrons pertencem à família dos hádrons.	28	62	5	1	15	0
9	Hádrons são partículas com estrutura interna (são formados por quarks).	81	5	9	14	0	2
10	Os hádrons podem ser classificados em mésons e bárions.	70	11	14	13	0	3
11	Para o Modelo Padrão os mediadores da interação forte são os fótons.	25	61	9	1	12	3
12	Na Cromodinâmica Quântica, os quarks possuem uma carga de cor, que pode ser vermelha, azul ou verde.	89	3	3	14	0	2
13	Chamamos de mésons partículas formadas por um quark, de uma cor, e um anti-quark de uma cor complementar (anticor).	83	7	5	12	1	3
14	O modelo padrão é uma teoria que classifica as partículas básicas e especifica como elas interagem entre si.	74	13	8	14	0	2
15	O Brasil não possui aceleradores de partículas.	17	76	2	3	13	0
16	Para análise dos dados gerados experimentalmente pelo LHC, os físicos ainda utilizam chapas fotográficas para estudar o rastro gerado por elas.	27	57	11	1	14	1
17	Cientistas brasileiros participam ativamente de experimentos realizados no CERN.	90	5	0	15	0	1
18	No Brasil, a pesquisa em Física Nuclear e de Partículas só é realizada por Físicos Experimentais.	21	65	9	3	12	1
19	O uso de computação de alta complexidade na análise dos dados gerados experimentalmente no LHC é necessário devido à grande quantidade de partículas produzidas em cada reação.	88	5	2	15	0	1
20	As radiações ionizantes são muito utilizadas na medicina, para diagnóstico e tratamento médico.	91	1	3	14	0	2
21	A câmara de nuvens é um detector de partícula simples, que permite a visualização, do rastro, de partículas que constantemente bombardeiam a Terra.	92	1	2	15	0	1
22	Você recomendará o SPRACE game aos seus colegas?	88	2	5	15	0	1
23	A partir dos experimentos realizados no MasterClass 2013, você se sente mais motivado a frequentar Museus ou Feiras de Ciências.	91	2	2	16	0	0

24	O software computacional, desenvolvido para visualização de eventos ocorridos no CMS, teve papel fundamental para seu entendimento sobre Física de Partículas.	89	0	6	15	0	1
----	--	----	---	---	----	---	---

