UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

RODRIGO ARAÚJO

**Uma análise da influência do International Masterclasses Hands on Particle
Physics sobre as crenças de autoeficácia de professores de Física**

São Paulo

2018

RODRIGO ARAÚJO

**Uma análise da influência do International Masterclasses Hands on Particle
Physics sobre as crenças de autoeficácia de professores de Física**

Versão Corrigida

(A versão original encontra-se nas bibliotecas das unidades que alojam o Programa de Pós-graduação e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP - BDTD)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades de Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências (Modalidade Ensino de Física)

Orientadora: Profa. Dra. Valéria Silva Dias

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Araújo, Rodrigo

Uma análise da influência do “International Masterclass Hands on Particle Physics” sobre as crenças de autoeficácia de professores de Física. São Paulo, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Valéria Silva Dias
Área de Concentração: Ensino de Física.

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Física moderna (Estudo e ensino); 3. Formação de professores; 4. Crenças de autoeficácia; 5. Masterclass.

USP/IF/SBI-057/2018

São Paulo

2018

À minha esposa Mariana, com amor e gratidão por
estar sempre ao meu lado.

Aos meus pais, com admiração, amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Valéria Silva Dias, que aceitou o desafio de me orientar respeitando minhas limitações, teve sabedoria para me ajudar a encontrar uma trajetória sem imposições e com paciência com o meu processo de amadurecimento acadêmico.

Aos integrantes do SPRACE e demais organizadores do Masterclass, em especial à Profa. Dra. Sandra Padula e ao Prof. Dr. Sergio Novaes. A vocês, além do agradecimento, eu gostaria de registrar a minha admiração pelo empenho em levar a Física ao maior número possível de alunos e professores de São Paulo e de todo o Brasil.

Aos professores que aceitaram participar dessa pesquisa e contribuíram, mais do que com seus tempos, com suas histórias, experiências e visões sobre a profissão, sobre a Física e a educação.

Aos colegas de mestrado, companheiros de jornada (em especial Gleice, Letícia e Luiz Guilherme), cujas companhias tornaram as aulas e períodos de estudo mais leves e que compartilharam comigo as dificuldades e alegrias do mestrado.

Aos membros do grupo de pesquisa: Luciene, Leandro, Luiz, Fabiano, Victor, Walter, Jacque e Dani.

Preciso registrar também meu agradecimento aos meus colegas de profissão, companheiros de salas dos professores que todos os dias me ajudam a crescer e servem de inspiração nessa profissão que eu escolhi e da qual me orgulho.

Finalmente, preciso agradecer à família: meus pais Alcimar e Alba, que sempre valorizaram a educação, me ensinaram a sua importância e cujos esforços e amor me permitiram chegar até aqui; meu irmão Carlos, que desde criança é para mim uma referência e que me faz pensar “fora da caixinha”; minha esposa, companheira e amiga Mariana, que me apoiou em todos os momentos fáceis ou difíceis dessa jornada, sempre me deu forças para continuar, me faz acreditar no meu potencial e compartilha sonhos comigo. Este é mais um sonho que realizamos juntos!

RESUMO

ARAÚJO, RODRIGO. Uma Análise da Influência do International Masterclasses Hands on Particle Physics Sobre as Crenças de Autoeficácia de Professores de Física. 2018. 129p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física – Instituto de Química – Instituto de Biociências – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo de Física do Ensino Médio já vem sendo discutida há aproximadamente duas décadas e já é possível observar a inclusão de alguns deles nos conteúdos programáticos adotados por algumas escolas. Em consonância com as orientações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e no complemento a esse documento, o currículo oficial do estado de São Paulo inclui o estudo das partículas elementares e outros tópicos da FMC entre os assuntos a serem trabalhados na disciplina de Física. No entanto, as pesquisas mostram que esses temas ainda não são abordados pela maioria dos professores. Os professores apontam, entre outros empecilhos, que não tiveram formação para isso e, mesmo alguns daqueles que possuem algum conhecimento, afirmam não se julgarem capazes de ensinar esses tópicos. Neste estudo consideramos que uma das variáveis que podem influenciar a decisão dos professores sobre aceitar ou não o desafio de promover inovações no ensino são as suas crenças de autoeficácia, ou seja, as crenças dos sujeitos sobre as suas capacidades de realizar uma determinada tarefa de forma satisfatória, independentemente dos resultados dessa ação. Essas crenças tornam-se importantes à medida que os sujeitos tentam evitar situações que lhes causem frustrações e, por isso, a não ser que acreditem que possam realizar uma tarefa de forma satisfatória, têm pouco ou nenhum incentivo para investir tempo e energia na sua realização. Nesse sentido, este estudo buscou analisar a influência da participação de professores de Física em um evento de divulgação científica – o International Masterclasses Hands on Particle Physics e seu evento correlato, a Oficina sobre Física de Partículas – sobre as suas crenças de autoeficácia, tendo em vista o ensino da Física de partículas elementares no Ensino Médio. Para cumprir esse objetivo, realizamos entrevistas semiestruturadas com dois professores que já haviam participado do Masterclass e da Oficina organizados pelo São Paulo Research and Analysis Center. A partir dessas entrevistas construímos narrativas sobre as histórias desses professores e conduzimos a análise em busca da caracterização das crenças de autoeficácia e dos sentidos atribuídos pelos mesmos à participação em ambos os eventos. A análise revelou que ambos possuíam elevadas crenças de autoeficácia e atribuíam à participação nesses eventos sentidos motivacional, formativo (relacionado à aprendizagem de conteúdos) e de instrumentalização (por tomarem conhecimento de atividades didáticas, experimentos e exemplos contextualizantes). Esses fatores foram capazes de mobilizar as crenças de autoeficácia dos professores, exercendo influência sobre suas decisões no sentido de investir no ensino de Física de partículas.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea, crenças de autoeficácia, Masterclass, inovação curricular.

ABSTRACT

ARAÚJO, RODRIGO. **An Analysis of the Influence of International Masterclasses Hands on Particle Physics on the Self-Efficacy Beliefs of Physics Teachers.** 2018. 129p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física – Instituto de Química – Instituto de Biociências – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

The insertion of Modern and Contemporary Physics (MCP) topics in the high school physics curriculum has been discussed for approximately two decades and it is already possible to observe the inclusion of some of these topics in the curricula adopted by some schools. In accordance with the guidelines contained in the National Curricular Parameters for High School (PCNEM) and the complement to this document (PCN +), the official curriculum of the state of São Paulo includes the study of elementary particles and other MCP topics among the subjects to be taught in Physics classes. However, researches shows that most physics teachers are still not addressing these topics in their classes. Teachers argue that, among other obstacles, they lack the knowledge to do so and, even those with some knowledge about these topics say they do not feel confident to teach them. In this study, we consider that one of the variables that may influence teachers' decision to accept or not the challenge of promoting innovations in teaching is their self-efficacy beliefs, that is, the subjects' beliefs about their ability to perform a given action in a satisfactory way, regardless of the outcome of that action. These beliefs gain importance as subjects try to avoid situations that cause them frustrations, and therefore, unless they believe they can perform a task satisfactorily, they have little or no incentive to invest time and energy in their achievement. In this sense, this study aimed to analyze the influence of the participation of Physics teachers in a scientific outreach event – the International Masterclasses Hands on Particle Physics, or simply Masterclass – and in a workshop on particle physics – a related event – on their self-efficacy beliefs, aiming at the teaching of elementary particle physics in high school. To accomplish this objective, we conducted semi-structured interviews with two teachers who had already participated in the Masterclass and the workshop, both organized by SPRACE. Based on these interviews, we elaborated narratives about these teachers' histories and conducted an analysis to characterize their self-efficacy beliefs and the meanings attributed by them to the participation in both events.

The analysis revealed that both teachers had high self-efficacy beliefs and attributed to participation in these events motivational, formative (related to content learning) and instrumentalization (for learning about didactic activities, experiments and contextualising examples) meanings. These factors were able to mobilize teachers' self-efficacy beliefs, influencing their decisions about investing in teaching particle physics.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, self-efficacy beliefs, Masterclass, curricular innovation

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	10
INTRODUÇÃO	14
1 ESCOLHENDO O DESTINO: OS EVENTOS PROMOVIDOS PELO SPRACE	26
1.1 O INTERNATIONAL PHYSICS MASTERCLASSES HANDS ON PARTICLE PHYSICS.....	27
1.1.1 O Masterclass no Brasil	29
1.1.2 O Masterclasses no IFT da Unesp	30
1.1.2.1 A atividade de análise de dados do CMS	34
1.1.2.3 Escolas participantes	40
1.2. A OFICINA DE FÍSICA DE PARTÍCULAS DO SPRACE	41
1.3 ONDE MIRAMOS?.....	43
2 PLANEJANDO A VIAGEM: PERCURSO METODOLÓGICO	44
2.1 SONDAGENS INICIAIS	45
2.2 ENTREVISTAS	49
2.3 ANÁLISE DOS DADOS	51
3 CONHECENDO OS HABITANTES E SUAS HISTÓRIAS: NARRATIVAS	54
3.1. HENRIQUE: UM VELHO CONHECIDO DO MASTERCLASS.....	54
3.2. VALENTINA: UMA TRAJETÓRIA REPLETA DE IDAS E VINDAS.....	63
4 A TRILHA DOS MIRANTES: REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	74
4.1. AS PESQUISAS SOBRE A FMC NO ENSINO MÉDIO	74
4.2. SABERES DOCENTES E FORMAÇÃO DE PROFESSORES	77
4.3. CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA.....	82
4.3.1. A origem da Teoria Social Cognitiva.....	82
4.3.2. As crenças de autoeficácia	84
4.3.2.1. Autoeficácia coletiva.....	86
4.3.2.2. As fontes das crenças de autoeficácia	86
4.3.2.3. A Teoria Social Cognitiva Aplicada à Educação.....	89
4.3.2.4. Efeitos das crenças de autoeficácia dos professores.....	93
5 MONTANDO O ÁLBUM DE FOTOGRAFIAS: ANÁLISE E CONCLUSÕES.....	97
5.1 AS CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA DE HENRIQUE E VALENTINA	98
5.1.1 Comprometimento com o ensino	100
5.1.2 Disponibilidade para a inovação	103
5.1.3 Investimento na criação de um ambiente favorável à aprendizagem	104

5.1.4 Susceptibilidade a fatores de estresse	105
5.2 OS EVENTOS NA VISÃO DOS PROFESSORES: SENTIDOS ATRIBUÍDOS	107
6 CONCLUSÕES SOBRE O QUE VIMOS E REFLEXÕES SOBRE O QUE PODE HAVER ALÉM DE ONDE A VISTA ALCANÇOU.....	112
6.1 REFLEXÕES SOBRE AS LIMITAÇÕES DO NOSSO OLHAR E O QUE PODE HAVER ALÉM DE ONDE ENXERGAMOS.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
APÊNDICE A.....	123
APÊNDICE B.....	125
APÊNDICE C.....	129

APRESENTAÇÃO

Antes de mais nada, há algo que eu preciso contar a você, leitor: pense duas vezes antes de me contar uma novidade, pois eu terei uma imensa dificuldade em guardá-la só para mim. E acredite: isso está diretamente relacionado aos motivos que me trouxeram até esse ponto e me fizeram iniciar este trabalho.

Ao contrário da maioria dos alunos para quem eu tenho prazer de contar novidades e segredos (que não são necessariamente fatos ou ideias novas nem secretas, mas sim informações que a maioria dos alunos ainda não conhece), eu só me decidi por um curso universitário quase às vésperas do vestibular. Enquanto Engenharia, Turismo e Publicidade disputavam a minha preferência, a Física veio de mansinho, correndo por fora, e ganhou a disputa nos metros (ou meses) finais.

Mas o que me fez escolher a Física?

Apesar de sempre ter tido um bom relacionamento com a Física ao longo do Ensino Médio (técnico em eletroeletrônica), sem menções honrosas mas também sem grandes dificuldades, a disciplina nunca havia despertado paixão em mim. Isso só foi acontecer mais tarde, durante o curso pré-vestibular. Me lembro claramente dos dias em que eu deveria escolher uma disciplina para estudar e acabava quase invariavelmente escolhendo a Física, onde eu passei a encontrar maior facilidade e até prazer. As horas de estudo e a maior compreensão sobre a disciplina trouxeram também a curiosidade e o desejo por algo a mais, por novidades, por mistérios não revelados. Foi então que, em conversas com os professores, acabei tomando conhecimento da Física que não estava nos meus livros do Ensino Médio: relatividade restrita e geral, mecânica quântica, Física nuclear, partículas elementares e outros tópicos da chamada Física moderna e contemporânea. Dilatação do tempo e contração do espaço, distorção do tecido do espaço-tempo, matéria e antimatéria, aniquilações, produções de pares, dualidade onda-partícula, quarks, todos esses assuntos aguçaram a minha curiosidade de uma forma que até então a mecânica newtoniana, a óptica geométrica, a termodinâmica e os demais tópicos da Física clássica não haviam conseguido aguçar. Foi isso o que me fez decidir pela Física.

Entrei no curso de Física com a intenção de aprender mais sobre aquilo que não era ensinado no colégio, que a maioria das pessoas não conhecia e que tinha uma certa aura de mistério para a maioria das pessoas. Mais do que isso, eu queria também fazer parte dessa história e descobrir coisas novas, alargar as fronteiras do conhecimento, eu queria ser cientista! Hoje, olhando para trás, vejo quão romântica era a minha ideia sobre a ciência e o fazer científico. Esse romantismo, que foi importante para a escolha do curso universitário, também teve um grande peso nas primeiras decepções dentro da universidade.

A primeira decepção veio com a realidade dura das disciplinas do curso de Física, onde parecia que o importante era apenas dominar o uso das equações para a resolução de exercícios. Não havia muito espaço para discussões sobre como as teorias foram construídas ou sobre as implicações das mesmas. Hoje eu compreendo a importância dessa instrumentalização matemática para um cientista, mas isso não era o que eu esperava. A segunda e maior decepção veio com a prática. Tendo por objetivo trabalhar em um laboratório de ponta, iniciei um projeto de iniciação científica que seria realizado no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Trabalhar em um acelerador de partículas de última geração, capaz de acelerar elétrons até velocidades próximas à velocidade da luz? Era tudo o que eu queria! No entanto, essa experiência me mostrou que o cotidiano dos cientistas e da pesquisa não eram como eu imaginava e isso foi para mim um balde de água fria que me levou a desistir da carreira de cientista.

Prestes a trocar o curso de Física pelo de Economia, fui convidado a dar algumas aulas em um curso pré-vestibular, uma possibilidade que até então não havia sido considerada. Aquelas aulas e as demais que vieram em seguida foram determinantes para o meu futuro: elas me mostraram que o que eu realmente gostava era de aprender e falar sobre Física. Sim, falar! Falar sobre o que eu aprendi! Eu me realizava ao contar para os outros sobre o que eu havia aprendido com a mesma empolgação que um fofoqueiro conta aos outros as últimas novidades da vizinhança! Perceber isso deu um novo sentido à minha formação e um novo rumo à minha vida.

De volta aos trilhos, ao invés de trocar a Física pela Economia, troquei o bacharelado pela licenciatura e ainda tive tempo de desenvolver nessa área um projeto de iniciação científica sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Eu queria que todos tivessem a oportunidade de aprender algo sobre

os assuntos que me cativaram e me fizeram optar pela Física. Eu queria levar as novidades ao maior número possível de alunos e alunas.

Terminada a graduação, veio o trabalho como professor em diversas escolas e cursos pré-vestibulares. Junto, vieram as dificuldades e dúvidas dos primeiros anos, a convivência com os pares, o auxílio dos professores mais experientes, a sucessão de novas turmas, o relacionamento com os alunos, com coordenadores e diretores e tudo o mais que envolve o dia a dia dos professores. O maior conhecimento da estrutura escolar mostrou também algumas limitações que ela impõe para o trabalho docente. Assim como havia acontecido comigo enquanto aluno, percebi que a maioria dos estudantes não tinha (e continua sem ter) contato com a Física construída após o fim do séc. XIX e início do séc. XX. A Física Moderna e Contemporânea continuava sem espaço no currículo de Física e nas salas de aula. Em alguns dos lugares onde lecionei os tópicos de Física Moderna precisavam ser inseridos quase clandestinamente entre outros, mas quando isso era feito, despertavam a curiosidade dos alunos.

Contudo, enxergo uma diferença importante entre a época em que eu fui aluno do Ensino Médio e hoje: a facilidade de acesso à informação e aos avanços científicos recentes, proporcionada pelo desenvolvimento e pela popularização da internet. Alunos acessam informações, buscam novidades e trazem dúvidas para a sala de aula, principalmente quando alguma descoberta importante é amplamente divulgada. São emblemáticos nesses últimos dez anos o início das operações no LHC (o grande colisor de hádrons no CERN) em 2008, a busca pelo bóson de Higgs, sua detecção em 2012 e, mais recentemente, a detecção das ondas gravitacionais em 2016. Eu acredito que nós, professores de ciências, não podemos perder essas oportunidades de ampliar o interesse dos alunos, de discutir os avanços científicos mais importantes e as suas consequências para a sociedade.

Assim, ao ingressar no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, foi natural a busca por um tema que envolvesse o ensino de Física Moderna e Contemporânea. A oportunidade de estudar um evento de divulgação científica promovido pelo CERN, o International Masterclasses hands on Particle Physics, voltado para a divulgação da Física de Partículas pareceu extremamente conveniente. Mas qual seria o foco da pesquisa?

Enxergamos este evento como um ponto de encontro de professores em torno de um assunto de interesse: a Física de partículas. Entre esses professores, alguns já incluem a Física de partículas em suas aulas, alguns estão seguindo esse caminho e outros ainda estão dando o primeiro passo nessa direção ou talvez nem considerem possível fazê-lo. Assim, vimos no Masterclass um terreno fértil para a investigação de fatores que influenciam a decisão de um professor sobre incluir ou não a Física de partículas e outros tópicos de Física moderna em suas aulas. Além disso, pretendemos investigar as potenciais contribuições deste evento para esses professores.

Espero com essa pesquisa poder contribuir em alguma medida para as necessárias mudanças no ensino de Física praticado na educação básica, talvez apontando caminhos que possam ajudar professores que ainda não abordam a Física Moderna em suas aulas a fazê-lo. Não tendo abdicado totalmente de minhas ideias românticas, quero que as novidades sejam levadas ao maior número possível de pessoas para que elas possam sentir o encantamento que eu sinto ao descobrir algo novo sobre a natureza. Acredito que a maior divulgação e o maior conhecimento da Física moderna podem, assim como aconteceu comigo, mudar a visão dos estudantes sobre a Física e ajudá-los a melhor compreender a sociedade e o mundo em que vivemos.

INTRODUÇÃO

À medida que a ciência se desenvolve, que novas tecnologias são criadas e que a sociedade é modificada por esses avanços, a educação também se transforma e se atualiza para atender novas demandas e modificar, ela também, a sociedade. Esse ciclo contínuo de transformações leva professores, pesquisadores e os demais atores envolvidos na construção do sistema escolar a buscar constantemente respostas para perguntas fundamentais como “o que ensinar?”, “porque ensinar?” e “como ensinar?”. As respostas a essas questões estão em constante discussão e variam em função da época e do contexto em que são formuladas.

Especificamente no ensino da Física, os avanços científicos e tecnológicos tendem a provocar uma constante atualização curricular que tem por objetivo incluir as novas descobertas científicas e novas tecnologias no currículo escolar. Vejamos o exemplo das fibras ópticas: suas aplicações na transmissão de dados digitais em altas frequências, na medicina e em tantas outras áreas fizeram com que o seu funcionamento e as suas propriedades ópticas se tornassem tópicos comuns nas aulas sobre a refração da luz. Essa atualização curricular, no entanto, não acontece tão logo os conhecimentos são produzidos no contexto da ciência e nem por força de decretos. Trata-se de um processo longo que precisa ser acompanhado por uma atualização do professorado, da formação inicial e continuada dos professores, que são os atores principais dessa mudança. Caso contrário, corremos o risco de criar (ou aumentar) um abismo entre o conhecimento científico moderno e o conhecimento escolar.

Tradicionalmente, sem nos aprofundarmos em discussões sobre a qualidade, o rigor, o aprofundamento ou a intencionalidade do ensino, os programas de Física nas escolas brasileiras contemplam a chamada Física clássica, que engloba conhecimentos da mecânica (notadamente a área para a qual se dedica maior tempo), óptica, eletricidade e magnetismo, ondulatória e termodinâmica produzidos até os meados ou o final do séc. XIX. Muitas inovações tecnológicas posteriores a essa época podem ser e já foram incluídas nos currículos da disciplina, encaixadas em uma ou outra área (é o caso das fibras ópticas, inseridas no ensino de óptica). No entanto, boa parte da Física estudada a partir do início do séc. XX não pode ser simplesmente

encaixada em nenhuma das áreas citadas acima: são os casos da teoria da relatividade, a Física quântica, a Física nuclear, o estudo das partículas elementares e muitos outros fenômenos e teorias que compõem uma área que se convencionou chamar de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Por não podermos simplesmente encaixar esses tópicos dentro das áreas mais ou menos consolidadas, a inclusão dos mesmos nos programas escolares configura-se mais como uma inovação do que como uma atualização curricular.

Inovações curriculares como essa devem ocorrer em dois âmbitos ou duas esferas diferentes: uma que podemos chamar de esfera legislativa, correspondente aos documentos oficiais que pautam a elaboração dos currículos escolares e outra que podemos chamar de esfera escolar, correspondente ao currículo efetivamente praticado nas escolas.

Siqueira (2012) discute de forma interessante a diferença entre o que estamos a chamar de mudanças nas esferas legislativa e escolar, mas utilizando os termos “reforma” para a primeira e “inovação” para a segunda:

A reforma pressupõe uma mudança emanada da administração central, afetando o sistema educativo em sua estrutura, fins ou funcionamento. Trata-se, portanto, de uma mudança “imposta”, inserida numa lógica “top-down”, que se aplica a todos os estabelecimentos escolares. (...) Já o termo inovação apresenta uma polissemia digna de realce, e engloba um processo que introduz algo novo. (...) O conceito de inovação está relacionado diretamente ao contexto prático, não podendo desligar-se dele. (p. 27-28)

Essa separação entre as esferas legislativa e escolar ou entre reforma ou inovação, já bem explorada nos estudos sobre o currículo, pode ser relacionada aos diferentes currículos que coexistem na escola. Sanchotene e Molina Neto (2006) afirmam, baseados no trabalho de Perrenoud, que existem três currículos que concorrem no cotidiano escolar: o currículo formal, que tem caráter prescritivo e compreende uma cultura considerada digna de se transmitir; o currículo real, que resulta do planejamento do professor e da participação dos alunos, sendo o que realmente acontece nas aulas e o currículo oculto, que compreende “as aprendizagens regulares produzidas pela escola e que não constam nos planejamentos” (p. 272).

Dada essa separação, podemos afirmar que o fato de um determinado tópico ser contemplado no currículo formal não implica necessariamente que ele seja abordado de fato nas salas de aula, ou seja, não implica que ele faça parte também do currículo real. Da mesma forma, o fato deste tópico não ser contemplado pelo currículo formal não impede que ele pertença ao currículo real e seja abordado durante as aulas.

A leitura dos principais documentos oficiais que servem como base para a elaboração do currículo de Física nas escolas brasileiras (os parâmetros curriculares nacionais do Ensino Médio – PCNEM – e o complemento aos parâmetros curriculares nacionais – PCN+) e do próprio Currículo do Estado de São Paulo revela que ao menos na esfera legislativa essa reforma já pode ser observada.

Nos parâmetros curriculares nacionais do Ensino Médio (PCNEM) para a área das ciências naturais, matemática e suas tecnologias, por exemplo, encontramos o reconhecimento de que os avanços científicos e tecnológicos do séc. XX não figuram entre os conteúdos trabalhados no ensino básico, bem como a afirmação da necessidade de uma permanente revisão dos assuntos abordados nas disciplinas científicas para que essa inovação ocorra:

As modalidades exclusivamente pré-universitárias e exclusivamente profissionalizantes do Ensino Médio precisam ser superadas, de forma a garantir a pretendida universalidade desse nível de ensino, que igualmente contemple quem encerre no Ensino Médio sua formação escolar e quem se dirija a outras etapas de escolarização. Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica. (BRASIL, 1999, p.8)

Logo em seguida, com o objetivo de dar um sentido à introdução de tópicos contemporâneos no ensino de ciências, o mesmo documento ressalta que

Nunca é demais insistir que não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária. Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma

compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam. (ibidem)

O complemento ao PCN (PCN+) trata o assunto de forma mais específica ao citar a importância do aprendizado da Física moderna para a melhor compreensão do mundo e participação na sociedade:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (BRASIL, 2002, p.870)

De acordo com a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, na seção que trata especificamente da disciplina Física,

Os currículos e programas de Física destinados ao Ensino Médio, tradicionalmente, têm seguido uma estrutura conceitual linear e hierárquica, sem transpor as fronteiras das teorias clássicas produzidas até o século XIX, insuficientes assim para contemplar os desafios da sociedade moderna, por exemplo, para a compreensão dos recursos tecnológicos envolvidos na produção de energia e alimentos, na preservação do meio ambiente, nos diagnósticos de saúde e em incontáveis equipamentos de informação e lazer. (SÃO PAULO, 2012, p. 96)

Assim, com o objetivo de propiciar aos educandos a oportunidade de compreender e opinar sobre os produtos dos avanços científicos e tecnológicos obtidos desde o início do séc. XX e que fazem parte de nossas vidas, o mesmo documento inclui o estudo da matéria e radiação como um dos temas centrais do currículo de Física nas escolas estaduais paulistas:

Nesse tema, será tratada a organização microscópica da matéria, assim como sua relação com as propriedades macroscópicas conhecidas, a exemplo das condutividades térmica e elétrica. A radiação e as formas de emití-la e absorvê-la são responsáveis por parte importante das tecnologias modernas e seus benefícios, como em certas lâmpadas e em equipamentos de tratamento e diagnóstico médico, sem desconsiderar os perigos sobre os quais é preciso ter consciência. A esses tópicos junta-se um tratamento relativamente simples das partículas elementares – versão atual e questionável do velho sonho de encontrar os blocos fundamentais da matéria –, assim como dos componentes eletrônicos de processamento e

armazenamento da informação, como assuntos também adequados a este tema. (ibidem, p.99-100)

O tema é proposto para abordagem no terceiro e no quarto bimestres do terceiro ano do Ensino Médio e inclui os tópicos Matéria, propriedades e constituição; Átomos e radiações; Núcleo atômico e radiatividade; Partículas elementares; Eletrônica e Informática.

Duas conclusões importantes emergem da análise desses documentos: que existe um esforço no sentido de se renovar o currículo de Física no Ensino Médio, incluindo no mesmo alguns tópicos da FMC, e que esse esforço é motivado pela constatação de que esses tópicos ainda não são trabalhados na grande maioria das escolas. Ou seja, se na esfera legislativa a renovação curricular e a inserção de tópicos da FMC no currículo já acontecem, na esfera escolar elas ainda estão longe de acontecer, algo já relatado em pesquisas (MONTEIRO, NARDI E BASTOS FILHO, 2009, 2012; SIQUEIRA, 2012).

Mas por que existe esse abismo entre as esferas legislativa e escolar? Por que apesar dos documentos que orientam a elaboração dos currículos escolares e o próprio currículo do estado de São Paulo incluírem tópicos da FMC entre os assuntos a serem abordados, os alunos continuam sem ter, em muitos casos, nenhum contato com essa parte da Física? As explicações encontradas são as mais variadas: falta de tempo devido ao número reduzido de aulas de Física e a extensa programação a ser cumprida, falta de materiais adequados para trabalhar esses temas, pressão dos exames vestibulares que exigem pouco ou nenhum conhecimento dos alunos sobre esse assunto, complexidade dos assuntos, que exigem maior nível de abstração e, principalmente, a falta de preparo dos professores (MONTEIRO, NARDI E BASTOS FILHO, 2012; SIQUEIRA, 2012).

Em muitos casos os próprios docentes nunca tiveram contato ou tiveram apenas contatos incipientes com tópicos da FMC durante as suas trajetórias formativas. Isso, sem citar a grande quantidade de professores de Física que não possuem nenhuma formação na área (nem na modalidade licenciatura, nem bacharelado). Cabe ainda reconhecer que existem alguns professores que tiveram contato com a FMC durante a formação inicial, cursando disciplinas específicas, e que lecionam essa parte da matéria, afinal, “embora o conhecimento do conteúdo

específico seja necessário ao ensino, o domínio de tal conhecimento, por si só, não garante que ele seja ensinado e aprendido com sucesso” (MIZUKAMI, 2004, p.290-291).

Refletindo sobre essa afirmação de Mizukami (2004) e sobre o fato da Física de partículas constar no currículo oficial mas ficar de fora da maioria das aulas de Física, é inevitável nos perguntarmos o que mais é necessário, além do conhecimento de um determinado conteúdo, para que os professores ao menos tentem ensiná-los. Em outras palavras, o que pode motivar um professor a abordar ou evitar um determinado assunto em sala de aula? O que o leva a investir ou rejeitar o desafio de promover inovações no ensino?

Nós fomos buscar respostas a essas perguntas na teoria social cognitiva de Albert Bandura. Segundo Bandura (2008), “a menos que as pessoas acreditem que podem produzir os resultados que desejam e prevenir os resultados prejudiciais por meio de seus atos, elas terão pouco incentivo para agir ou perseverar frente a dificuldades”. (p. 78). Assim, as crenças de um professor na possibilidade de uma determinada atividade produzir resultados positivos e na sua própria capacidade de realizar essa tarefa de forma satisfatória são determinantes para que ele invista seu tempo e sua energia em uma tarefa. Essas crenças, que são a base da teoria social cognitiva de Bandura, são chamadas de crenças de autoeficácia e no caso específico da inovação visando o ensino de FMC na educação básica, essas crenças desempenham um papel fundamental (ROCHA, 2011).

As crenças de autoeficácia dos professores possuem duas dimensões¹: a crença de autoeficácia pessoal (CAEP), que está relacionada ao julgamento que o professor faz de sua capacidade de desempenhar uma tarefa de forma satisfatória; e a crença de autoeficácia geral no ensino (CAEE), que está relacionada ao seu julgamento a respeito da capacidade dos professores em geral desempenharem uma tarefa de forma satisfatória ou de uma tarefa produzir resultados positivos. É interessante notar que

um professor pode apresentar um elevado índice de crença de autoeficácia no ensino, no que se refere à aplicação de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Entretanto, esse mesmo professor pode

¹ Essa divisão já recebeu críticas de diferentes autores. Tanto essas dimensões quanto as críticas serão discutidas no capítulo 4 dessa dissertação.

apresentar uma baixa crença de autoeficácia pessoal em realizar tal tarefa (ROCHA E RICARDO, 2014, p.339).

Assim, é comum encontrarmos professores que mesmo afirmando considerarem importante a atualização curricular e a inserção de tópicos da Física moderna e contemporânea no Ensino Médio, hesitam em fazê-lo, pois como ressaltam os autores, as crenças de autoeficácia dos indivíduos “influenciam suas escolhas e fazem com que os mesmos optem em realizar tarefas em que se sintam mais confiantes e competentes, como também evitem aquelas em que não se sintam dessa forma” (ibid., p.336). Ou seja, as crenças de autoeficácia dos professores são uma variável relevante para implementação de uma inovação curricular à medida que “professores com elevados níveis de crenças de autoeficácia são mais propensos a introduzir práticas inovadoras” (ibid., p.335).

As crenças de autoeficácia de um indivíduo são construídas com base na sua história de vida, nas suas experiências anteriores e em suas interações sociais. No caso específico dos professores, um fator que exerce forte influência sobre suas crenças é a formação docente (ROCHA e RICARDO, 2014). Assim, concordamos com Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), que afirmam que

a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica (p.448).

No entanto, parece que muitos (se não a maioria) dos cursos de formação de professores no Brasil ainda apresentam características incompatíveis com a promoção da autonomia docente e, conseqüentemente, com a inovação curricular. Analisando entrevistas com professores de Ensino Médio que haviam estudado tópicos de FMC ao longo da graduação e mesmo assim encontravam dificuldades ou sentiam-se despreparados para ensiná-los, Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009; 2012) apontaram como barreira a racionalidade técnica, na qual os programas de

formação estão pautados². Em trabalho mais recente, Araújo e Zago (2017) também encontraram marcas da racionalidade técnica nas ementas das disciplinas que abordavam tópicos de FMC em quatro cursos de licenciatura em Física de três universidades públicas do estado de São Paulo.

Tendo em vista as dificuldades encontradas pelos professores para levar essa inovação curricular para dentro das salas de aula e as limitações ou incompatibilidades dos cursos de formação de professores com esse propósito, pesquisadores da área de ensino de ciências têm apontado alguns caminhos. Existe uma grande quantidade de trabalhos sobre o tema Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio na literatura, como mostram as revisões bibliográficas de Ostermann e Moreira (2000), de Greca e Moreira (2001), de Pereira e Ostermann (2009), de Silva, Arengi e Lino (2013), entre outras. Esses trabalhos, em sua maioria, apresentam justificativas para o ensino de Física moderna no Ensino Médio, discutem questões metodológicas e epistemológicas, analisam concepções alternativas de estudantes e professores sobre a FMC, elaboram e apontam bibliografia para consulta de professores e relatam experiências inovadoras em sala de aula e seus resultados.

Neste trabalho, no entanto, decidimos considerar outro meio pelo qual os professores (e os estudantes) podem estabelecer relações com a FMC fora da escola e dos cursos de formação docente: a participação em eventos de divulgação científica. De acordo com Watanabe e Kawamura (2015),

ainda que tal relação seja pensada de forma a não corresponder a uma visão tradicional do conhecimento, representada nas dimensões curriculares ou nos aspectos burocráticos que envolvem a escola, a relação com o saber adquirido em museus ou ações de divulgação científica (feiras, parques, exposições, etc.), possui, de qualquer forma, um viés educacional, sob o ponto de vista de sua capacidade em promover novos conhecimentos e reflexões críticas (como na educação formal). (p. 209)

Mesmo que o objetivo de um evento ou uma ação de divulgação científica não seja necessariamente formativo, os participantes dos mesmos estabelecem relações com o conhecimento abordado e podem ser levados a refletir sobre ele ou, no caso

² Cursos pautados na racionalidade técnica apoiam-se numa visão utilitarista da educação, fortemente relacionada às ideias positivistas da ciência. O professor, sob essa ótica, é um profissional técnico que tem como principal função transmitir aos alunos um conhecimento pronto e acabado, produzido por cientistas e especialistas, utilizando-se de ferramentas didáticas e pedagógicas igualmente prontas. (ARAÚJO E ZAGO, 2017).

dos professores, até mesmo sobre as suas práticas. Assim, acreditamos que a divulgação científica, principalmente por meio de eventos voltados para professores e alunos do Ensino Médio pode servir como propulsora ou catalisadora para mudanças na prática docente de professores de ciências. É possível que as reflexões provocadas pela participação nesses eventos sirvam como um convite à mudança, dando impulso a uma sequência de investimentos pessoais que culminem em novas práticas em sala de aula e até mesmo na inovação curricular.

Na cidade de São Paulo, sediado no Instituto de Física Teórica (IFT) da Unesp, situa-se o SPRACE (São Paulo Research na Analysis Center). Trata-se de um centro de análise remota de dados do CERN, que conta com pesquisadores colaboradores do consórcio de cientistas do CMS (Compact Muon Solenoid), um dos quatro detectores instalados no grande colisor de hadrons (LHC³). O SPRACE promove diversas ações de divulgação científica sobre a Física de altas energias, popularmente chamada de Física de Partículas Elementares (FPE). Entre essas iniciativas, está a organização do International Physics Masterclasses hands on particle physics (que chamaremos aqui de Masterclass) e da Oficina de Física de Partículas (à qual no referiremos comumente como “a Oficina”). O Masterclass é um evento de alcance mundial (realizado em mais de quarenta países) coordenado pelo International Particle Physics Outreach Group (IPPOG), do qual participam estudantes de Ensino Médio e/ou graduação e seus professores. A Oficina é um evento local, voltado para professores do Ensino Médio e estudantes de licenciatura.

No Masterclass, alunos e professores do Ensino Médio ultrapassam os muros da escola por um ou dois dias e vão até uma universidade ou centro de pesquisas para interagir com cientistas, aprender sobre Física de partículas e realizar uma atividade que simula o trabalho de um pesquisador do CERN. Os participantes do evento analisam dados reais, obtidos em um dos quatro detectores do LHC e depois discutem os resultados da análise em uma videoconferência com pesquisadores do CERN e outros estudantes que participaram simultaneamente do evento em outras cidades ao redor do mundo (simulando a participação em uma colaboração científica internacional).

³ O LHC é um acelerador de partículas administrado pelo Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN) e está situado na fronteira entre a França e a Suíça.

A Oficina de Física de Partículas é um evento independente e não periódico que teve até agora duas edições (uma em 2012 e outra em 2015). Ele foi planejado e organizado a partir de uma demanda de professores participantes do Masterclass no IFT. Nesse evento, que é voltado para professores do Ensino Médio e estudantes de graduação (principalmente licenciatura) em Física, os participantes assistem palestras sobre Física de altas energias, aceleradores de partículas e detectores, são apresentados a jogos e outras atividades voltadas para o ensino de Física de partículas, assistem a demonstrações de experimentos e discutem situações de aprendizagem propostas pelo currículo do estado de São Paulo.

Dada a nossa crença na possibilidade de que a participação em eventos desse tipo motive os professores a refletirem sobre suas práticas docentes e sirva como propulsora para mudanças, decidimos investigar o potencial desses eventos em impactar as crenças de autoeficácia de seus participantes. Assim, o objetivo deste trabalho é narrar as histórias de dois professores participantes do Masterclass e da Oficina de Física de Partículas do SPRACE que aceitaram o desafio de ensinar a Física de partículas e buscar nessas narrativas elementos que nos permitam compreender as contribuições da participação nesses eventos, tendo como foco as crenças de autoeficácia dos professores.

Fazendo analogias com uma viagem, os cinco capítulos dessa dissertação apresentarão nosso objeto de estudo (o destino escolhido), o percurso metodológico (o planejamento da viagem), as narrativas sobre os professores (os habitantes do nosso destino), os referenciais teóricos nos quais nos apoiamos (mirantes que visitamos), a análise das narrativas (a montagem do álbum de fotografias) e a conclusão (nossa reflexão final sobre o que vimos e sobre o que a nossa vista não alcançou).

No primeiro capítulo, denominado “Escolhendo o destino”, serão apresentados em detalhes o International Physics Masterclasses – hands on particle physics e a Oficina de Física de Partículas. Quanto ao primeiro, serão expostas inicialmente a sua história, a forma de organização coordenada pelo IPPOG e o seu status atual no Brasil e no resto do mundo. Em seguida será dada uma atenção especial ao Masterclass organizado pelo SPRACE: apresentaremos a sua história, sua agenda, as escolas participantes e algumas particularidades desse evento realizado no campus do IFT da

Unesp, em São Paulo. Quanto à Oficina, relataremos a sua história, seus objetivos, sua relação com o Masterclass e a agenda da segunda edição, ocorrida em 2015, que pudemos acompanhar *in loco*.

O segundo capítulo, “Planejando a viagem”, apresentará o percurso metodológico adotado para a pesquisa. Ou seja, explicaremos nesse capítulo quais foram as etapas da pesquisa e os métodos utilizados para cumprir cada uma dessas etapas. Começaremos com a escolha da abordagem qualitativa, que entendemos ser a melhor opção em função dos objetivos do trabalho. Em seguida, descreveremos as primeiras observações e coletas de dados por meio de questionários, chegando à seleção dos sujeitos de pesquisa e às escolhas do instrumento principal de coleta de dados (as entrevistas semiestruturadas) e do método de apresentação e análise dos dados (a análise narrativa, os descritores e indicadores de elevados índices de crenças de autoeficácia). Ao final do capítulo descreveremos como foram feitas as entrevistas e as análises.

No terceiro capítulo, denominado “Conhecendo os habitantes e suas histórias”, apresentaremos as narrativas sobre os nossos sujeitos de pesquisa – um professor e uma professora de Física. As narrativas foram construídas a partir das entrevistas semiestruturadas e das respostas dos professores aos questionários utilizados na fase de seleção dos sujeitos de pesquisa. As narrativas buscaram retratar as trajetórias desses professores ressaltando as características que os tornam únicos e, ao mesmo tempo, os pontos em comum que os levam a investir no ensino de tópicos de FCM (em especial a Física de partículas) no Ensino Médio. Também serão descritas as suas experiências no Masterclass e na Oficina de Física de Partículas e quais são as suas perspectivas para o futuro.

“A trilha dos mirantes”, o quarto capítulo desta dissertação, apresentará os referenciais teóricos que deram suporte para a elaboração do trabalho de pesquisa, análise dos dados e discussão dos resultados. Buscamos referenciais sobre o ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio para compreender o que já foi feito nessa área, qual é o estado atual das pesquisas e quais são as principais dificuldades encontradas pelos professores para ensinar a FMC. Também apresentaremos alguns referenciais sobre a divulgação científica no ensino de ciências, a formação de professores e os saberes docentes. A última seção do capítulo

apresentará a teoria social cognitiva de Albert Bandura e as crenças de autoeficácia dos professores.

O quinto capítulo, “Montando o álbum de fotografias”, traz a análise das narrativas à luz dos referenciais teóricos adotados. Nele, buscaremos elementos presentes nas narrativas do capítulo 3 para avaliar de forma qualitativa as crenças de autoeficácia dos professores entrevistados e revelar quais são os sentidos atribuídos por eles aos dois eventos estudados. Com base nessas informações e apoiados nos referenciais teóricos, no sexto e último capítulo, “Conclusões sobre o que vimos e reflexões sobre o que pode haver além de onde a vista alcançou”, apresentaremos nossas conclusões sobre os possíveis impactos do Masterclass e da Oficina na mobilização das crenças de autoeficácia dos professores para o ensino da Física de partículas. Também refletiremos a respeito das limitações da pesquisa e dos questionamentos suscitados por ela, já pensando em pesquisas futuras (ou novos destinos!).

1 ESCOLHENDO O DESTINO: OS EVENTOS PROMOVIDOS PELO SPRACE

Talvez quem nunca tenha se envolvido em uma pesquisa acadêmica ou científica imagine que ela seja um processo linear, onde se define primeiro o objeto de estudo e a pergunta de pesquisa (a grande pergunta que queremos responder!) e só depois de ter essa pergunta bem clara é que se pensa onde buscar as respostas ou os dados que levarão o pesquisador a uma conclusão. No caso desta pesquisa, porém, posso garantir que esse processo não foi assim tão linear (e eu acredito que na maioria das pesquisas também não é!). Uma das maiores dificuldades encontradas no início deste trabalho foi definir exatamente o problema de pesquisa: qual seria a pergunta a responder? Desde o início, antes mesmo de ser aceito no programa de pós-graduação, eu sabia que o ensino de Física moderna era um tema que despertava o meu interesse. Mas, dada a amplitude desse tema, ainda havia uma infinidade de perguntas que poderiam ser feitas.

Assim que eu tomei conhecimento da existência de um evento organizado pelo CERN, do qual estudantes e professores brasileiros podiam participar aprendendo sobre a Física das partículas elementares, me pareceu que o mesmo seria um terreno fértil para investigações sobre o ensino de Física. O Masterclass me pareceu uma oportunidade rara de encontrar em um mesmo lugar cientistas, estudantes e professores do Ensino Médio, todos reunidos em torno de um tema que me interessava: a Física de partículas. Dessa forma, mesmo antes de definir a pergunta que eu me proporia a responder, eu decidi onde buscaria as respostas: no Masterclass organizado pelo SPRACE no IFT da Unesp. Definir o Masterclass como meu objeto de estudo foi como escolher o destino de uma viagem e comprar as passagens. Ainda havia muitas coisas para planejar e realizar, mas o destino já estava decidido!

No início do segundo semestre de 2015 os organizadores do Masterclass no IFT da Unesp decidiram realizar uma nova edição de uma Oficina de Física de Partículas para professores do Ensino Médio que havia ocorrido em 2012. Mais uma vez, seria uma grande oportunidade: encontrar professores de Ensino Médio e cientistas discutindo sobre o ensino da Física de partículas. Dessa forma, a segunda edição da Oficina de Física de Partículas promovida pelo SPRACE se juntou ao Masterclass como local de coleta de dados. A pergunta de pesquisa só ficaria clara para mim mais tarde.

Este capítulo tem como objetivo descrever o International Physics Masterclasses Hands on Particle Physics (primeiro de forma geral, a começar pela sua história, e depois de forma mais específica, focalizando o Masterclass organizado pelo SPRACE) e a Oficina de Física de Partículas do SPRACE. Ao final do mesmo, será apresentada a hipótese de trabalho que surge da observação desses eventos.

1.1 O INTERNATIONAL PHYSICS MASTERCLASSES HANDS ON PARTICLE PHYSICS

O International Physics Masterclasses – hands on particle physics é um evento de divulgação científica voltado para alunos do Ensino Médio e seus professores. O evento tem como objetivo a divulgação da Física de partículas e das pesquisas de fronteira realizadas no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares). Estudantes e professores são levados a universidades e centros de pesquisa onde existam grupos de pesquisa voltados para o estudo da Física de altas energias. Lá, eles interagem com cientistas, assistem a palestras para aprender sobre o modelo padrão, partículas elementares e aceleradores de partículas e realizam uma atividade de análise de dados reais coletados recentemente no grande colisor de hadrons (LHC na sigla em inglês). Ao final do evento, os resultados da atividade de análise são discutidos em uma videoconferência com cientistas no CERN e estudantes de outras localidades (geralmente de outros países), simulando o que acontece em uma colaboração científica internacional.

O Masterclass foi idealizado na Inglaterra, em 1996, em uma conversa informal entre os físicos Roger Barlow e Ken Long durante um encontro do grupo de Física de partículas de altas energias (HEPP) do Instituto de Física (IOP) do Reino Unido. Nas palavras de Barlow (2014),

Nós estávamos frustrados com as dificuldades de divulgação - ou a compreensão pública da ciência, como era então chamada - para as escolas. A Física de partículas tinha uma ótima história para contar, com belas fotos e palestrantes entusiasmados, mas as escolas demoravam a responder às nossas ofertas para visitar e dar palestras. Nossas palavras e imagens não podiam competir com a cor e o ruído dos químicos e os experimentos que eles incluíam em suas palestras (tradução nossa).

Essa conversa informal foi sucedida por discussões via e-mail, de onde surgiu a ideia de, ao invés de levar palestrantes às escolas, levar os estudantes às universidades e utilizar a estrutura computacional das mesmas em uma atividade relacionada à Física de partículas.

A primeira edição do Masterclass ocorreu em abril de 1997, na Inglaterra. Através de um software especialmente desenvolvido para a ocasião, os participantes do evento analisaram dados reais coletados em experimentos realizados no CERN (nesta edição foram utilizados dados do experimento OPAL⁴. Nessa análise os estudantes deveriam identificar decaimentos do bóson Z como sendo decaimentos elétron-pósitron, múon-antimúon, tau-antitau (decaimentos leptônicos) ou quark-antiquark (decaimentos hadrônicos).

Devido ao sucesso da primeira edição, no ano seguinte quase todas as universidades inglesas que contavam com grupos de pesquisa em Física de altas energias participaram do evento como organizadores locais. Apesar da existência de uma coordenação nacional, foi dada liberdade aos grupos organizadores locais para criar variações e adaptações dos materiais. O grupo de Oxford, por exemplo, utilizou dados do experimento DEPLPHI no lugar dos dados do OPAL. A partir daí, ano após ano, o Particle Physics Masterclasses só cresceu e acabou servindo de base para a criação de um evento continental e, posteriormente, mundial como é hoje.

Em 2005, aproveitando o ano internacional da Física, foi realizada a primeira edição do International Physics Masterclasses sob a organização do EPPOG⁵. O evento contou com a participação de estudantes de dezoito países da Europa, cada um deles com pelo menos um centro de pesquisas funcionando como organizador local. Já em 2006 o evento se expandiu para os Estados Unidos e algumas universidades norte americanas também passaram a abrigar edições locais. A partir

⁴ Omni-Purpose Apparatus at LEP – no colisor elétron-pósitron do CERN – LEP

⁵ European Particle Physics Outreach Group, uma rede de cientistas, educadores e especialistas em divulgação científica criada com o suporte do European Committee for Future Accelerators (ECFA) e do High Energy Particle Physics Board da European Physical Society (EPS-HEPP Board) como um esforço para fortalecer a divulgação e compreensão da Física de partículas junto à sociedade, bem como para a formação de futuras gerações de pesquisadores. Em 2011 o EPPOG se transformou em IPPOG (International Particle Physics Outreach Group), refletindo o caráter internacional das colaborações científicas para o estudo da Física de partículas.

de 2008 o mesmo aconteceu no Brasil e na África do Sul, dando ao Masterclass um caráter verdadeiramente mundial. Em 2016 o evento foi realizado em instituições de quarenta e sete países de todos os continentes. No Brasil, ele ocorreu em sete cidades diferentes.

Além do aumento do número de participantes, novos dados de diferentes experimentos passaram a ser utilizados na atividade realizada pelos estudantes. Além da adição de dados provenientes de outros aceleradores de partículas como o SLAC (National Accelerator Laboratory de Stanford, Estados Unidos), os dados do LEP foram substituídos por outros agora provenientes dos experimentos instalados no LHC (LHCb, CMS, ATLAS e ALICE).

Atualmente a organização do Masterclass é de responsabilidade do IPPOG (International Particle Physics Outreach Group) e se concentra na universidade de Dresden, na Alemanha, sob responsabilidade da Química Uta Bilow. A organização central define a agenda do evento (que pode ser alterada em função de necessidades locais ou devido à diferença de fuso-horário com o CERN) e fica responsável pela realização da videoconferência ao final de cada encontro.

1.1.1 O Masterclass no Brasil

A primeira edição do International Physics Masterclasses no Brasil ocorreu em 2008. Nesse primeiro ano o evento foi organizado em duas sedes: uma no Rio de Janeiro, na UERJ, e outra em São Paulo, no Instituto de Física Teórica (IFT) da UNESP, sob organização do SPRACE. Nos anos seguintes novos grupos de pesquisadores em diferentes universidades e centros de pesquisa do Rio de Janeiro, de São Paulo e de outras cidades brasileiras passaram a organizar edições locais do Masterclass e em 2016 o evento foi realizado em dez sedes espalhadas por sete cidades brasileiras: São Paulo (SPRACE/Unesp, USP e UFABC), Rio de Janeiro (UERJ e UFRJ), Manaus (UFAM), Natal (UFRN), Uberaba (UFTM), Lavras (UFLA) e Curitiba (UFTPR).

Tendo como base a agenda elaborada pelo IPPOG, os organizadores em cada uma das sedes planejam o evento de acordo com as suas necessidades e particularidades locais. Os eventos podem ser realizados em um único dia, como na

maioria das sedes europeias, ou em até uma semana. Uma das dificuldades encontradas pelos organizadores brasileiros está relacionada ao fuso-horário, pois a videoconferência deve ocorrer no final da tarde na Europa e antes dela deve ser concluída a atividade de análise de dados. Isso força os eventos brasileiros a começarem muito cedo ou incluírem mais um dia para que os participantes possam assistir às palestras antes de partirem para a realização da atividade.

Também é relevante apontarmos que, como afirma Watanabe (2016), embora o International Physics Masterclasses tenha sido “pensado e produzido apenas por cientistas, no caso específico brasileiro, os Masterclasses passaram a apresentar também um perfil educacional, devido à cooperação entre físicos e pesquisadores em ensino de Física” (p. 114).

1.1.2 O Masterclasses no IFT da Unesp

O Masterclass promovido pelo SPRACE no Instituto de Física Teórica da Unesp é, juntamente com o promovido na UERJ, o mais antigo do Brasil. Ele é organizado anualmente desde 2008, quando contou com alunos de duas escolas, e desde então sofreu algumas modificações e cresceu em número de participantes, recebendo atualmente alunos e professores de mais de vinte escolas a cada ano.

De 2008 a 2013 todos os alunos participantes eram reunidos em um único grupo e o evento era dividido em dois dias. Além de proporcionar um tempo maior de interação dos participantes com os organizadores e permitir a realização de mais atividades, a divisão em dois dias era necessária devido à diferença de fuso-horário entre São Paulo e o CERN, que obrigaria o evento a começar muito cedo para que todas as atividades fossem cumpridas antes da realização da videoconferência. Com o aumento contínuo do número de participantes, a partir de 2014 o SPRACE passou a organizar dois eventos anuais: um para um grupo avançado, com escolas que já participaram em anos anteriores e outro para um grupo iniciante, composto majoritariamente por professores e alunos de escolas que nunca participaram do evento. Pelo fato de seus professores já terem participado de edições anteriores, os alunos do primeiro grupo têm a chance de assistir a seminários de preparação organizados na própria escola, na semana anterior ao evento. Já os alunos do

segundo grupo não recebem nenhuma preparação prévia. Assim, o evento para o grupo avançado ocorre em um único dia, enquanto para o grupo iniciante ocorre em dois dias consecutivos.

O grupo avançado recebe orientações sobre o exercício de análise de dados logo no início da manhã e logo depois realiza a atividade. Ainda pela manhã os resultados são discutidos e logo depois do almoço, por volta do meio-dia, inicia-se a videoconferência com os pesquisadores do CERN e estudantes de outras localidades, que realizaram a mesma atividade simultaneamente. Os resultados obtidos nas diferentes sedes são combinados e discutidos na videoconferência, que é finalizada com um jogo de perguntas e respostas (quiz). O restante da tarde é reservado para atividades complementares e para o encerramento do evento com a distribuição de certificados.

No caso do grupo iniciante, na manhã do primeiro dia professores e alunos assistem palestras sobre o modelo padrão, partículas elementares e aceleradores e detectores de partículas. Após o almoço ocorre uma separação: enquanto os alunos participam de atividades complementares, os professores participam do chamado “dia dos professores”, que inclui a realização do mesmo exercício de análise que os estudantes farão no dia seguinte e discussão dos resultados. Na manhã do segundo dia os alunos recebem orientações sobre a atividade de análise dos dados, realizam a atividade, discutem os resultados e logo após o almoço participam da videoconferência a exemplo do que é feito pelo grupo avançado. O restante da tarde também é reservado para atividades complementares e o encerramento do evento. Os quadros abaixo mostram as agendas de cada dia do Masterclass 2016 organizado pelo SPRACE.

Quadro 1 – Agenda do grupo avançado do Masterclass 2016 no IFT da Unesp

14 de Março – Grupo Avançado	
07h30	Chegada ao Campus de São Paulo da UNESP, na Barra Funda
07h40	Abertura do Evento Masterclass 2016 no Auditório do Instituto de Física Teórica
07h45	Instruções para a Análise de Dados
08h15	Exercício no PC: Análise de Dados obtidos no CERN/CMS (em grupos de 2)
10h00	Finalização da Análise e Discussão
11h00	Almoço e discussão entre alunos, professores, palestrantes e organizadores
12h00	Videoconferência com o CERN e demais participantes europeus: <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação • Discussão com cientistas do CMS - perguntas dos estudantes • Combinação Central dos Resultados • Discussão dos Resultados • Quiz
13h15	Visita Guiada ao Detector do CMS
14h30	Intervalo
15h30	Atividades complementares Os estudantes serão divididos em grupos com aproximadamente o mesmo número de participantes e farão um rodízio em cada uma das atividades abaixo: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo 1: Jogo das partículas (SPRACE Game): instruções e jogo individual nos computadores • Grupo 2: Visita guiada ao GridUNESP (coordenada pela equipe do Núcleo de Computação Científica – NCC – da Unesp) Demonstrações de Física <ul style="list-style-type: none"> • Grupo 3* – Câmara de nuvens • Grupo 4* a 8* – Mesas de demonstração * Demonstrações de participantes do projeto "Arte e Ciência no Parque" do IFUSP (grupo coordenado pelos professores Mikiya Muramatsu e Cecil C. Robilotta).
19h00	Encerramento do evento

Fonte: <https://www.sprace.org.br/events/MasterClass-2016/agenda/> (adaptado)

Quadro 2 – Agenda do dia 1 do grupo iniciante no Masterclass 2016 no IFT da Unesp

21 de Março – Grupo Iniciante (Dia 1)	
	Dia dos Professores e Estudantes
07h45	Chegada ao Campus de São Paulo da UNESP, na Barra Funda
08h00	Abertura do Evento MasterClass 2016 no Auditório do Instituto de Física Teórica
	Introdução à Física de Partículas
08h15	Seminário 1: A Ciência Desvendando a Natureza
09h00	Seminário 2: A Estrutura Elementar da Matéria
10h00	Intervalo
10h30	Seminário 3: Os Aceleradores de Partículas e as Experiências do CERN
12h00	Introdução preliminar à Análise de Dados
12h30	Almoço
	Atividades – Dia dos Professores
13h30	Instruções para Análise de Dados
14h00	Exercício no PC: Análise de Dados obtidos no CERN/CMS (em grupos de 2)
15h15	Finalização da Análise e discussão preliminar
15h45	Intervalo
16h15	Discussão dos resultados e de assuntos correlatos
17h30	Encerramentos das Atividades dos Professores
	Atividades Complementares - Estudantes
13h30	Os estudantes serão divididos em grupos com aproximadamente o mesmo número de participantes e farão um rodízio em cada uma das atividades de demonstração de Física:
	<ul style="list-style-type: none"> • Mesa de demonstração 1: Câmara de nuvens • Mesa de demonstração 2: Coletânea de demonstrações desenvolvidas pelos professores e estudantes do Ensino Médio • Mesa de demonstração 3* – Lentes, espelhos, fibra óptica, polarizadores, câmara escura, luneta. • Mesa de demonstração 4* – Sombras coloridas, decomposição de cores, disco de Newton, filtros. • Mesa de demonstração 5* – Formação de imagens, imagens 3D, ilusão óptica, persistência visual, anamorfose.
	* Grupo de participantes do projeto "Arte e Ciência no Parque" do IFUSP (Profa. Cecil C. Robilotta, Maria Clara Santarelli, Marcel de Paula, Perisvaldo Ramos Ribeiro Junior, Sinvaldo Leão e Stephanie Alves da Silva)
15h45	Intervalo
16h15	Continuidade das Atividades dos Estudantes
17h30	Encerramento das atividades do dia

Fonte: <https://www.sprace.org.br/events/MasterClass-2016/agenda/> (adaptado)

Quadro 3 – Agenda do dia 2 do grupo iniciante no Masterclass 2016 no IFT da Unesp

22 de Março – Grupo Iniciante (Dia 2)	
	Dia dos Estudantes - II
07h45	Instruções para a Análise de Dados
08h15	Exercício no PC: Análise de Dados obtidos no CERN/CMS (em grupos de 2)
10h00	Finalização da Análise e Discussão
11h00	Almoço e discussão entre alunos, professores, palestrantes e organizadores
12h00	Videoconferência com o CERN e demais participantes europeus: <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação • Discussão com cientistas do CMS - perguntas dos estudantes • Combinação Central dos Resultados • Discussão dos Resultados • Quiz
13h15	Visita Guiada ao Detector do CMS
14h30	Intervalo
15h00	Atividades complementares: Os estudantes serão divididos em grupos com aproximadamente o mesmo número de participantes e farão um rodízio em cada uma das atividades abaixo: <ul style="list-style-type: none"> • Visita guiada ao GridUNESP (coordenada pela equipe do Núcleo de Computação Científica – NCC – da Unesp) • Jogo das partículas (SPRACE Game): instruções e jogo individual nos computadores • Mesa de demonstração dos jogos de Física desenvolvidos pelos professores e estudantes do Ensino Médio • Mesa de jogos de Matemática* <p>* Grupo de participantes do projeto "Arte e Ciência no Parque" do IFUSP (Profa. Cecil C. Robilotta, Maria Clara Santarelli, Marcel de Paula, Perisvaldo Ramos Ribeiro Junior, Sinvaldo Leão e Stephanie Alves da Silva).</p>
17h30	Encerramento do evento

Fonte: <https://www.sprace.org.br/events/MasterClass-2016/agenda/> (adaptado)

1.1.2.1 A atividade de análise de dados do CMS

Um dos momentos mais importantes do Masterclass é a análise de dados realizada pelos alunos. Nos laboratórios de informática os alunos se dividem em duplas e cada dupla acessa um conjunto de dados contendo cinquenta eventos (cada evento é o resultado de uma colisão próton-próton). Os dados são apresentados graficamente por um software desenvolvido especialmente para o Masterclass.

Nas colisões próton-próton que ocorrem no interior do CMS, partículas como os bósons W, Z e Higgs (partículas mães) decaem em elétrons, pósitrons, múons, neutrinos e fótons (partículas filhas), que são detectadas pelos diversos componentes do CMS (os neutrinos não são detectados de forma direta). Desde 2016 o objetivo da atividade de análise é identificar as partículas mães a partir das partículas filhas

detectadas (as partículas a serem identificadas podem variar de um ano para outro ou em função do experimento do qual os dados foram obtidos).

No display de eventos (como é chamada a tela do software visualizada pelos alunos) é possível ativar ou desativar a visualização das diversas estruturas e detectores do CMS, bem como os rastros deixados pelas partículas filhas. Esses rastros aparecem em cores diferentes para cada tipo de partícula (verde para os elétrons e vermelho para os múons, por exemplo) e, dependendo da curvatura desses rastros (sentido horário ou anti-horário), também é possível determinar o sinal da carga elétrica das partículas. No caso dos neutrinos, eles podem ser detectados indiretamente por meio de uma linha tracejada que mostra a “energia faltante” (missing energy).

Figura 1 – Display de eventos. Nas caixas de seleção à esquerda é possível ligar ou desligar a visualização de componentes do CMS e de partículas, que são mostradas na região à direita.

Fonte: <http://www.i2u2.org/elab/cms/ispy-webgl/>

Figura 2 – Display de eventos: A linha tracejada em rosa e a linha cheia vermelha representam a energia faltante e um múon respectivamente, fazendo deste evento um candidato a bóson W.

Fonte: <http://www.i2u2.org/elab/cms/ispy-webgl/>

Figura 3 – Estudantes observam o display de eventos durante a atividade de análise do Masterclass no IFT.

Fonte: Rodrigo Araújo, 2016

Uma vez identificadas as partículas filhas, baseados nas informações recebidas na palestra anterior à atividade os alunos devem identificar as partículas mães, que sofreram o decaimento. Entre as possíveis partículas mães estão os bósons W^+ , W^- , Z e Higgs. Caso não seja identificado nenhum decaimento conhecido, o evento é classificado como “zoo”. Outra informação fornecida pelo software que os alunos devem notar é a massa das partículas, medida em GeV (giga elétron-volts).

As partículas mães identificadas pelos estudantes para cada evento devem ser inseridas no CIMA (CMS Instrument for Masterclass Analysis), em um campo como o mostrado na imagem abaixo:

Figura 4 – Área de inserção dos resultados

Select Event Event index: 59 Event number: 4-59	final state ☐ Electron ☐ Muon (μ)	primary state candidate ☐ W^- ☐ NP ☐ W^+ ☐ W ☐ Higgs ☐ Zoo	NP Mass: <input type="text"/> GeV/c ² <input type="button" value="Submit"/>
--	--	---	---

Fonte: <https://www.i2u2.org/elab/cms/cima/>

No CIMA os estudantes devem selecionar o número do evento analisado e preencher dois campos: *final state* e *primary state candidate*. No primeiro campo eles devem informar quais partículas filhas foram identificadas (apenas elétrons ou múons), enquanto no segundo campo deve ser selecionada a partícula que sofreu o decaimento (partícula mãe). É possível marcar a partícula mãe como bóson W^+ , W^- , W (quando não se tem certeza sobre o sinal da carga), NP (partícula neutra), Higgs

ou Zoo. O último é escolhido quando o padrão observado não se encaixa em nenhum dos decaimentos conhecidos.

Quando os participantes identificam no evento analisado uma candidata a partícula neutra (NP), torna-se ativo um campo onde deve ser digitada a massa da partícula (visualizada no display de eventos). Caso seja identificada uma candidata a bóson de Higgs, o campo de massa é preenchido automaticamente. Quando todos os campos são preenchidos, os participantes submetem a análise daquele evento. Os dados são gravados e ajudam a compor um histograma de massa. O gráfico reúne as análises realizadas por todos os participantes que estão realizando a atividade naquele dia do Masterclass.

Figura 5 – Histograma: O gráfico mostra a quantidade de partículas neutras que foram encontradas com cada valor de massa.

Fonte: <https://www.i2u2.org/elab/cms/cima/>

Ao final dessa atividade de análise, com o histograma e com todos os dados registrados pelos participantes em mãos, os organizadores realizam uma breve discussão dos resultados com os participantes. Nessa discussão são analisadas as razões entre as quantidades de bósons W e Z, W^+ e W^- , de elétrons e múons, o formato do histograma (significado dos picos) e a quantidade de eventos candidatos a bóson de Higgs.

A última etapa da atividade é uma videoconferência mediada por pesquisadores no CERN. Nela, os mediadores recebem os dados de cada um dos institutos participantes (que explicam brevemente os resultados encontrados), combinam os dados em um histograma resultante com a distribuição de massas e discutem o resultado comparando-o com uma distribuição de massa real obtida no

CMS. Nessa comparação eles ressaltam que as diferenças encontradas são causadas pela seleção prévia dos eventos a serem analisados no Masterclass, onde uma quantidade proporcionalmente maior de eventos candidatos a bóson de Higgs é inserida propositalmente.

Para encerrar a programação proposta pelo IPPOG, os mediadores do CERN abrem um espaço para que os estudantes possam fazer perguntas (científicas ou sobre qualquer outro assunto que achem relevante) e comandam um quiz sobre a Física de partículas e sobre o CERN.

Figura 6 – Participantes do Masterclass do IFT assistem à análise dos resultados da atividade realizada por eles.

Fonte: Rodrigo Araújo, 2016

Figura 7 – Estudantes e professores participam de uma videoconferência com pesquisadores no CERN e participantes de outras localidades.

Fonte: Rodrigo Araújo, 2016

2.1.2.2 Atividades complementares no Masterclass do IFT

As atividades complementares das quais professores e alunos participam são um diferencial do evento promovido pelo SPRACE em relação à estrutura básica proposta pelo IPPOG. Essas atividades consistem basicamente em demonstrações, jogos e visitas guiadas.

Entre as demonstrações destaca-se a câmara de nuvens, que oferece a oportunidade de se discutir sobre raios cósmicos. Também há diversas demonstrações voltadas ao estudo da óptica, que visam a compreensão da formação de imagens, da composição de cores e das imagens tridimensionais. Para a montagem dessas demonstrações o SPRACE conta com a colaboração do projeto Arte e Ciência, desenvolvido por professores do Instituto de Física da USP.

Figura 8 – Estudantes observam a câmara de nuvens no IFT da Unesp durante o Masterclass.

Fonte: <https://www.sprace.org.br/>

Entre os jogos que são apresentados aos participantes (e que eles têm a oportunidade de jogar), há jogos de tabuleiro, de cartas, de dados e um jogo eletrônico, todos com temática científica. O jogo eletrônico em questão é o SPRACE GAME⁶, que foi desenvolvido e produzido por empresas brasileiras com o patrocínio do SPRACE e apoios do CNPq (na primeira versão) e da FAPESP (na segunda versão). Nele, o jogador controla uma nave que sofreu um processo de miniaturização até a escala subatômica e deve capturar partículas para analisá-las em um laboratório. Já entre os jogos de cartas, destaca-se o pôquer das partículas elementares, criado pelo Prof. Dr. Hélio Takai, do Brookhaven National Laboratory. Nesse jogo, que utiliza

⁶ <https://www.sprace.org.br/sprace-game/sprace-game-v2-pt>

cartas contendo partículas elementares (quarks e léptons), o objetivo é formar partículas maiores, sendo o átomo de hidrogênio a combinação mais valiosa.

Figura 9 – Cartas utilizadas no pôquer das partículas elementares, jogo criado pelo Prof. Dr. Hélio Takai, do Brookhaven National Laboratory.

Fonte: Rodrigo Araújo, 2018

Nas visitas guiadas os alunos e professores têm a oportunidade de conhecer os servidores no Núcleo de Computação Científica da Unesp (GRID Unesp), localizado no mesmo prédio que o IFT, e as instalações do CMS no CERN. No caso do CMS, trata-se de uma visita virtual.

1.1.2.3 Escolas participantes

A primeira edição do Masterclass realizada pelo SPRACE, em 2008, contou com apenas duas escolas, que foram convidadas pelos organizadores: a escola Dante Alighieri (uma escola particular de São Paulo) e a Escola de Aplicação da USP. Em 2009 e 2010 juntaram-se ao grupo o colégio Vera Cruz (também particular) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFTSP). Entre 2011 e 2012 o número de escolas aumentou para oito e dez respectivamente e em 2013 foi firmada uma parceria com a Secretaria da Educação do estado de São Paulo que resultou num aumento expressivo da participação das escolas estaduais no evento. Foram indicadas 13 escolas estaduais pela Secretaria da Educação, incluindo escolas de outras cidades do estado (principalmente da região do vale do Paraíba). Em 2016 o evento contou pela primeira vez com uma escola de outro estado: o

Colégio Estadual Maurício Azedo, do Rio de Janeiro. Nesse mesmo ano nove escolas fizeram parte do grupo avançado e treze do grupo iniciante.

Gráfico 1 – Quantidade de escolas participantes (por grupo e total) do Masterclass promovido pelo SPRACE por ano.

Fonte: <https://www.sprace.org.br>

1.2. A OFICINA DE FÍSICA DE PARTÍCULAS DO SPRACE

A Oficina de Física de Partículas promovida pelo SPRACE é um evento independente que teve duas edições até o momento: a primeira em 2012 e a segunda em 2015. A ideia da realização dessa Oficina surgiu da constatação, feita pelos organizadores, do baixo nível de conhecimento sobre a Física de partículas elementares por parte dos professores que participavam do Masterclass e também de uma demanda explicitada pelos próprios professores. A proposta dessa Oficina é prover informações aos participantes sobre o modelo padrão, partículas elementares, aceleradores e detectores de partículas, informar sobre pesquisas de fronteira que estão sendo realizadas nessa área, discutir sobre o ensino da Física de partículas no Ensino Médio e apresentar experimentos e atividades que possam ser utilizados pelos professores em suas aulas. Além de professores do Ensino Médio, as Oficinas contaram também com a participação de estudantes de graduação, principalmente de cursos de licenciatura em Física.

A primeira edição, promovida nos dias que antecederam o Masterclass 2012, teve duração de quatro dias. Durante as manhãs ocorreram palestras introdutórias sobre a Física de partículas, detectores, astroFísica e a Física do LHC, seguidas de discussões. As tardes foram reservadas para demonstrações e discussões sobre experimentos. Um dos cientistas que ministraram as palestras foi o professor Helio Takai do Brookhaven National Laboratory (BNL), de Long Island, EUA. O objetivo da Oficina foi familiarizar participantes com a Física moderna (particularmente a Física de partículas), possibilitando o entendimento de seus conceitos básicos.

As avaliações positivas dos participantes da primeira edição da Oficina encorajaram seus organizadores a realizar uma segunda edição em 2015. Essa edição teve duração de apenas dois dias e uma estrutura diferente da anterior. O quadro abaixo mostra a agenda do evento:

Quadro 4 – Agenda da II Oficina de Física de Partículas do SPRACE

Dia 1 – 14 de Outubro de 2015	
8h30	Apresentação dos participantes e do programa da Oficina
8h45	Situação de Aprendizagem (S.A.) 5 – Espectroscópio
10h15	Coffee Break
10h45	Palestra: Introdução à Física de Partículas (S.A. 11 e 12)
12h30	Almoço
13h30	S.A. 13 – Rastro das partículas Construção de Câmara de Nuvens
15h	Coffee Break
15h30	Introdução aos detectores e à Física do LHC.
Dia 2 – 15 de Outubro de 2015	
8h30	Apresentação de um projeto de acelerador feito por alunos do Ensino Médio Análise das imagens da S.A. 16
10h	Coffee Break
10h30	S.A. 14 – Modelo Padrão (quarks) Jogo de cartas e de dados
12h	Almoço
13h	S.A. 15 – Transformação de partículas (decaimentos, leis de conservação, etc.)
14h30	Coffee Break
15h	Jogos Avaliação da Oficina

Fonte: organização do evento

Participaram da segunda edição da Oficina trinta professores do Ensino Médio e estudantes de licenciatura, com idades entre vinte e cinquenta e sete anos. Entre os professores de Ensino Médio, o tempo médio de docência declarado foi 18,1 anos e metade dos participantes declararam nunca terem tido nenhum contato com tópicos de FMC como alunos em qualquer nível de ensino.

Uma característica interessante desta Oficina, que pode ser percebida na agenda, foi o fato das discussões serem baseadas em situações de aprendizagem (S.A.) propostas pelo currículo do estado de São Paulo. Também foram apresentados jogos relacionados à Física de partículas e o projeto de um acelerador produzido por alunos do Ensino Médio. O objetivo principal dessas atividades era relacionar aquilo que os professores viam no Masterclass e a atividade científica que acontece em centros de pesquisa como o SPRACE e o CERN com o conteúdo abordado em sala de aula.

1.3 ONDE MIRAMOS?

O Masterclass e a Oficina de Física de Partículas do SPRACE se mostram terrenos férteis para a pesquisa. A multiplicidade de vozes (cientistas, professores, alunos, etc.) encontradas neles nos permite explorá-los de diversas maneiras diferentes e, por isso, torna-se necessário uma delimitação ou um refinamento dos objetivos do trabalho.

Construímos a hipótese de que através da organização de eventos como esses, além de outras iniciativas no mesmo sentido, cientistas, laboratórios ou grupos de pesquisa podem influenciar indiretamente a atualização curricular do Ensino Médio oferecendo oportunidades de atualização e instrumentalização aos professores. Acreditamos que, apesar de não terem a formação de professores como foco principal, esses eventos podem servir como propulsores ou catalisadores para mudanças na prática docente de professores de ciências. Eles podem provocar reflexões sobre o ensino de ciências e servir como convites à mudança, dando impulso a uma sequência de investimentos pessoais que podem culminar em novas práticas em sala de aula e até mesmo na inovação curricular.

Desta forma decidimos investigar, ouvindo as vozes de professores participantes, a potencialidade desses eventos em impactar suas crenças de autoeficácia e suas práticas no sentido de investir no ensino da Física de partículas. Assim foi definido o escopo do trabalho em torno dos eventos promovidos pelo SPRACE.

2 PLANEJANDO A VIAGEM: PERCURSO METODOLÓGICO

Para um amante de viagens, toda viagem se inicia já a partir da escolha do destino. É claro que há sempre quem prefira comprar pacotes turísticos prontos e apenas seguir um roteiro pré-definido, mas assim se perde muito da etapa de preparação. O período de preparação da viagem pode ser quase tão prazeroso quanto a própria viagem em si: planejar o roteiro, decidir quanto tempo permanecer em cada local, separar os recursos necessários, pensar o que fazer em cada cidade, como fazer, conversar com outros viajantes que já fizeram o mesmo roteiro e, é claro, já se imaginar em cada lugar que será visitado. No caso de uma pesquisa acadêmica, tirando o fato de não existirem pacotes fechados, o procedimento é bastante semelhante: ela se inicia com a definição do objeto de pesquisa. Feita essa escolha, passa-se à definição dos objetivos, da pergunta sobre a qual queremos refletir, de onde buscar os dados e o suporte teórico para analisá-los, ao levantamento de quais recursos serão necessários para colocar todos os planos em prática, finalmente, à execução daquilo que foi planejado.

Outra semelhança entre os planejamentos de uma viagem e de uma pesquisa é que em ambos os casos, por mais meticulosa que seja essa etapa, o percurso sempre reserva surpresas e novidades: lugares ou teorias que eram desconhecidos mas que se mostram merecedores de serem explorados. Assim, é importante que os roteiros não sejam tão rígidos que impeçam a exploração de belezas inesperadas.

No capítulo anterior descrevemos nossos objetos de pesquisa: o Masterclass e a Oficina de Física de Partículas promovidos pelo SPRACE no IFT da Unesp. Neste capítulo detalharemos o trajeto metodológico trilhado descrevendo o planejamento, as escolhas dos referenciais teóricos (que serão expostos no capítulo 4), as mudanças de rota, a seleção dos sujeitos de pesquisa, a obtenção e a análise dos dados e tudo mais que esteve envolvido no planejamento e na execução dessa pesquisa.

Inicialmente, é importante ressaltar que o nosso interesse está mais voltado para o processo que leva os professores a ensinarem Física de partículas em suas aulas do que para produto final desse processo. Ou seja, não é nosso objetivo verificar se os professores conseguem ou não promover o aprendizado da Física de partículas em suas aulas; pretendemos estudar, isto sim, o que os leva a mobilizar esforços para

tentar fazê-lo. Assim, consideramos que para alcançar os objetivos traçados convém a utilização de uma abordagem qualitativa de pesquisa.

Com a utilização de uma abordagem qualitativa, nos propomos a “analisar os dados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto o possível, a forma em que estes foram registrados ou transcritos” (Bogdan e Biklen, 1994, p.48). Desta forma pretendemos avaliar como dois professores avaliam sua participação e atribuem sentidos à experiência de participar nos eventos e qual impacto dessa participação nas suas crenças de autoeficácia.

Grande parte dos trabalhos que se propõem a avaliar as crenças de autoeficácia de professores o fazem utilizando abordagens quantitativas, lançando mão de recursos como questionários do tipo Likert. No entanto, a abordagem qualitativa pode ser uma alternativa mais interessante para o estudo das crenças de autoeficácia de professores, visto que ela permite “observar as nuances desse constructo na prática dos professores que, por vezes, escapam da perspectiva quantitativa” (ROCHA, 2011, p.163).

2.1 SONDAGENS INICIAIS

Este trabalho teve início no primeiro semestre 2015. Já no mês de março deste ano foi realizada a primeira observação de campo, quando acompanhamos as atividades do Masterclass. A participação no evento nos permitiu compreender melhor a sua estrutura e a sua dinâmica, para então planejar as próximas etapas da pesquisa e a coleta de dados. Nesse primeiro reconhecimento do Masterclass também foi interessante observar os papéis desempenhados por organizadores, professores e alunos. Pudemos perceber algumas diferenças entre as posturas de cada grupo e entre integrantes de um mesmo grupo.

A primeira coleta de dados foi planejada para ocorrer durante a edição seguinte do Masterclass, em 2016. No entanto, no início do segundo semestre de 2015, os organizadores do Masterclass decidiram organizar também a II Oficina de Física de Partículas do SPRACE no mês de outubro. Essa decisão teve grande impacto no planejamento da pesquisa, visto que a Oficina era um evento voltado exclusivamente para professores e reuniria muitos participantes do Masterclass. Consideramos que

esta seria uma ótima oportunidade para conhecer melhor esses professores e coletar dados sobre suas ideias e práticas relacionadas à Física de partículas.

Assim, elaboramos um questionário online (APÊNDICE A) que foi respondido pelos participantes ao final do último dia do evento. Este questionário continha um conjunto de perguntas objetivas sobre a idade dos participantes, o tempo de docência, a participação em Masterclasses e Oficina anteriores, suas formações iniciais e um conjunto de perguntas mais subjetivas voltadas para a prática docente, sobre a inserção de FMC e, particularmente, sobre a física de partículas em suas aulas.

O objetivo deste questionário era conhecer melhor o perfil dos participantes, saber qual era o nível de envolvimento dos mesmos com a Física de partículas e suas opiniões sobre a abordagem desse tema no Ensino Médio, compreender como eles enxergavam o Masterclass e, a partir desses dados, selecionar possíveis sujeitos de pesquisa para uma posterior entrevista semiestruturada. O questionário foi respondido por trinta participantes.

As respostas mostraram que o público da Oficina era composto majoritariamente por professores com experiência docente variando entre 5 e 30 anos, sendo a média de 18,1 anos de docência. Destes, dezenove estavam lecionando à época da participação na Oficina e apenas oito relataram já ter tido alguma experiência com o ensino de Física de partículas. Aproximadamente um terço (onze) dos participantes que responderam o questionário já havia participado de edições anteriores do Masterclass e apenas dois haviam participado da primeira edição da Oficina, em 2012. A respeito da formação acadêmica, apenas doze (40%) dos participantes eram formados em licenciatura ou bacharelado em Física, dos quais apenas um havia cursado a pós-graduação.

Quanto à Física de partículas, metade dos respondentes afirmou nunca ter tido nenhum contato com o assunto enquanto os demais afirmaram ter tido esse contato na graduação (dez participantes, ou 34% do total, sendo que três deles ainda não lecionavam), no Ensino Médio (2 sujeitos), na pós-graduação (1 sujeito) ou apenas no Masterclass (2 sujeitos). As principais fontes de informação sobre esse assunto citadas pelos professores foram a internet, filmes, documentários e livros e apenas

seis participantes disseram que consideravam seus conhecimentos suficientes para ensinar Física de partículas⁷.

Acreditamos que os dois itens mais importantes do questionário eram aqueles sobre as dificuldades encontradas pelos professores para ensinar a Física de partículas e as contribuições de eventos pontuais como o Masterclass. Quanto à primeira pergunta, as dificuldades mais citadas foram a falta de conhecimento (incluindo comentários sobre as deficiências na formação dos professores), a falta de materiais e recursos didáticos relacionados a esse tema, a complexidade do assunto e a falta de tempo. Quanto às contribuições, a grande maioria das respostas contém afirmações de que o Masterclass e a Oficina⁸ podem ampliar o conhecimento do professor sobre a Física de partículas, servindo como uma formação adicional e/ou sobre os recursos didáticos e pedagógicos apresentados, que fornecem ideias sobre como abordar a Física de partículas no Ensino Médio.

Apesar de o questionário ter sido idealizado como um instrumento de sondagem inicial, cujos dados serviriam apenas para ajudar o planejamento do restante da pesquisa, a análise dos resultados se mostrou frutífera. Pudemos, a partir desses dados, verificar semelhanças entre as respostas fornecidas pelos participantes e os resultados de algumas pesquisas anteriores, principalmente no que se refere às dificuldades apontadas pelos professores para se trabalhar tópicos de FMC no Ensino Médio, e também confrontar esses resultados com os sentidos atribuídos a esses eventos pelos sujeitos escolhidos para o seguimento da investigação.

No primeiro semestre do ano seguinte, durante o Masterclass 2016, resolvemos utilizar mais dois questionários para coleta de dados com os participantes do evento: um para os professores e outro para os alunos.

O questionário voltado para os alunos (APÊNDICE B) era dividido em três partes. A primeira parte tinha como objetivo saber se em suas escolas havia sido feita alguma preparação para o Masterclass, se eles já tinham tido algum contato com a

⁷ Dos 24 participantes restantes, 10 afirmaram não acreditar que seus conhecimentos fossem suficientes para o ensino da Física de partículas e os outros 14 não responderam a essa pergunta. Acreditamos que um dos motivos dessa abstenção seja o fato desta pergunta não ter sido formulada de forma independente, estando no mesmo item que perguntava aos participantes sobre as principais fontes de informação utilizadas.

⁸ A pergunta contida no questionário citava apenas o Masterclass, mas acreditamos que muitos professores tenham confundido os dois eventos e respondido com base na Oficina. Essa inferência se deve principalmente às respostas dadas por professores que nunca haviam participado do Masterclass.

Física de partículas antes do Masterclass (por intermédio da escola ou de algum meio de comunicação), se eles gostariam que a Física de partículas figurasse entre os conteúdos a serem aprendidos nas escolas e quais eram suas curiosidades sobre o tema. A segunda parte consistia em uma avaliação do evento: o que foi considerado bom, ruim e o que poderia ser melhorado, quais eram suas expectativas antes do evento e se elas foram atendidas. Além disso, deveria atribuir uma nota indicativa da possibilidade de recomendarem a participação no evento a amigos. A terceira e última parte consistia em uma atividade que simulava a criação de uma postagem em uma rede social, na qual os alunos deveriam contar a seus amigos suas experiências no Masterclass.

O questionário voltado para os professores (APÊNDICE C) também era dividido em três partes. A primeira delas tinha como objetivo saber se eles incluíam ou não a Física de partículas em suas aulas, como (em caso positivo) e porquê (em caso negativo) e quais eram, em suas opiniões, as maiores dificuldades para se incluir a Física de partículas no currículo do Ensino Médio (parte 1).

A parte 2 continha perguntas a respeito da participação no Masterclass: de quantos e quais Masterclasses o professor já havia participado, quais haviam sido os aspectos positivos das participações anteriores que os fizeram retornar e qual havia sido a influência dos Masterclasses anteriores sobre suas aulas. Também perguntamos como eram selecionados os alunos que participariam do evento e qual era o papel do professor nessa seleção. No final desse bloco, perguntamos se o professor acreditava que o Masterclass poderia ajudar a inserir a Física de partículas no Ensino Médio e quais eram seus objetivos e expectativas ao participar desse evento.

A terceira e última parte do questionário continha perguntas a respeito da Oficina de Física de Partículas: se o professor havia participado da primeira ou da segunda edição e, em caso positivo, qual havia sido a influência dessa participação sobre os preparativos para o Masterclass.

O questionário destinado aos alunos tinha como objetivo a obtenção de dados auxiliares, que poderiam ser comparados às respostas fornecidas por seus professores. No entanto, as respostas a esse questionário não chegaram a ser analisadas de forma sistemática. Já as respostas dadas pelos professores forneceram informações valiosas a respeito das dificuldades enxergadas por eles para o ensino

da Física de partículas no Ensino Médio e das possíveis contribuições do Masterclass e da Oficina para o ensino desse tópico.

As dificuldades apontadas pelos professores para o ensino da Física de partículas mais uma vez confirmaram o que trabalhos anteriores haviam encontrado (deficiências na formação inicial dos professores, desconhecimento do tema, falta de materiais e recursos e falta de tempo foram as mais citadas). Já as contribuições dos eventos apontadas pelos respondentes do questionário nos ajudaram a compreender que os professores atribuíam sentidos diversos aos eventos, e nos pareceu relevante investir esforços para melhor compreensão desses aspectos.

Os dados obtidos com os dois questionários respondidos pelos professores, na Oficina e no Masterclass 2016, foram importantes para a realização de algumas correções de rota no trabalho. Pode-se afirmar que foi a partir desse ponto que o caminho a ser percorrido até a conclusão da pesquisa começou a ficar mais claro. Em primeiro lugar, chegamos à conclusão de que a Oficina deveria ser analisada juntamente com o Masterclass, visto que os professores tratavam de forma muito semelhante os dois eventos e chegavam até mesmo a confundi-los em algumas respostas. Além disso, a participação nos eventos nos pareceu exercer um papel importante na motivação dos professores para abordar a Física de partículas em suas aulas.

Buscamos então um referencial teórico que se mostrou conveniente para dar suporte à investigação dessas questões: as crenças de autoeficácia, que fazem parte da teoria social cognitiva de Albert Bandura. Esse referencial será exposto mais adiante, no capítulo 4.

2.2 ENTREVISTAS

Assim, visando aprofundar o entendimento sobre os sentidos atribuídos pelos professores ao Masterclass e à Oficina, bem como o impacto disso em suas crenças de autoeficácia, optamos por uma abordagem que nos permitisse dar maior profundidade à investigação, ainda que em detrimento da sua extensão. Desta forma, optamos por realizar entrevistas semiestruturadas com dois professores. O objetivo das entrevistas era conhecer mais detalhadamente suas trajetórias formativa e

profissional para compreendermos os caminhos que foram escolhidos por eles, quais investimentos foram necessários e quais foram (ou ainda são) as suas motivações para incluir o ensino da Física de partículas em suas práticas. Nesse contexto, a entrevista tem a vantagem de permitir o tratamento de temas complexos e de escolhas pessoais (LUDKE e ANDRÉ, 2014), além de “permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de alcance mais superficial, como o questionário” (ibid., p.39).

Optamos pela entrevista semiestruturada (ou não totalmente estruturada), pela possibilidade do entrevistador seguir um roteiro flexível, dando liberdade ao entrevistado para discorrer e se aprofundar mais em alguns pontos do que em outros. A liberdade proporcionada por esse método também permite ao entrevistador explorar mais as nuances das respostas, esclarecer dúvidas e adaptar o roteiro em função das reações do entrevistado. “Enquanto outros instrumentos têm seus destinos selados no momento em que saem das mãos do pesquisador que os elaborou, a entrevista ganha vida ao se iniciar o diálogo entre o entrevistador e o entrevistado” (ibid., p. 40).

A seleção dos sujeitos de pesquisa com os quais realizaríamos as entrevistas se deu a partir da análise das respostas aos questionários anteriores e da disponibilidade dos professores. Foram escolhidos um professor que leciona em uma escola pública de tempo integral e uma professora que leciona em três escolas particulares diferentes. Chamaremos esses sujeitos de Henrique e Valentina⁹.

Os critérios determinantes para a seleção desses sujeitos foram os estágios em que cada um deles se encontrava em relação ao ensino da Física de partículas e as crenças declaradas por ambos sobre a importância da abordagem desse assunto no Ensino Médio e em suas capacidades de fazê-lo.

Enquanto Henrique era um professor experiente, com diversas participações no Masterclass, que já incluía a Física de partículas e outros tópicos de FMC em suas aulas, Valentina era uma professora jovem que estava participando pela primeira vez do evento e ainda não havia conseguido abordar esse assunto em sala de aula, mas demonstrava o desejo e a crença de que poderia fazê-lo em breve.

Outra diferença entre os dois professores que nos pareceu interessante foi o fato de Henrique lecionar em uma escola pública, que segue as diretrizes curriculares

⁹ Nomes fictícios

do estado de São Paulo (e consequentemente inclui a Física de partículas entre os tópicos a serem abordados ao longo do Ensino Médio), enquanto Valentina leciona apenas em escolas particulares que, por priorizarem temas mais recorrentes em vestibulares e no ENEM, não incluem a Física de partículas entre os tópicos a serem abordados nas aulas de Física.

Cada professor foi entrevistado em duas ocasiões diferentes: no segundo semestre de 2016 e no primeiro semestre de 2018. As entrevistas seguiram (dentro do possível e respeitando a flexibilidade exigida pelo modelo de entrevistas semiestruturadas) o mesmo roteiro. Como veremos adiante, a estratégia de realizar duas entrevistas separadas por pelo menos um ano se mostrou vantajosa, já que entre a primeira e a segunda entrevistas Valentina conseguiu incluir a Física de partículas em algumas de suas aulas. Todas as entrevistas foram transcritas e as transcrições serviram de base para a análise posterior.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para apresentarmos e analisarmos previamente os dados obtidos a partir das entrevistas, optamos pela análise narrativa, que se constitui em um estudo baseado

em casos particulares (ações e eventos), mas cuja análise (narrativa, no sentido estrito) produz a narração de um enredo ou argumento, através de um relato narrativo que torna os dados significativos. Aqui não buscamos elementos comuns, mas elementos singulares que compõem a história. (BOLÍVAR, 2002, pág. 13).

Nas palavras de Cury, Souza e Silva (2014),

a análise narrativa desempenharia o papel de constituir o significado das experiências dos narradores mediante a busca de elementos unificadores e idiossincráticos, buscando com isso um desvelamento do modo autêntico da vida individual dos depoentes e da situação/contexto investigado (p.916)

Ou seja, nesse tipo de análise, a partir das transcrições das entrevistas, o pesquisador deve construir uma narrativa que unifica e dá significado aos dados, priorizando o que é singular e autêntico da vida dos sujeitos em detrimento da busca por elementos comuns e generalizantes. Nesse processo de reconstrução e

ressignificação o pesquisador deve, contudo, tomar o cuidado de não manipular as vozes dos narradores (ou depoentes).

Tais narrativas dão significado aos relatos sem a necessidade de se buscar categorizações. Nelas, são ressaltados tanto os elementos distintivos, singulares, que tornam a história de cada indivíduo única, respeitando suas individualidades, quanto os elementos compartilhados entre os diferentes indivíduos. Nesse tipo de análise buscamos revelar as singularidades de cada caso, tendo por critérios a autenticidade, a coerência e o caráter único (BOLÍVAR, 2002).

Essa forma de análise, que se surge como uma alternativa à visão e às práticas científicas positivistas, ganhou força após

a virada hermenêutica das Ciências Sociais, ocorrida na década de 1970, fundada em teóricos como Paul Ricoeur, [com a qual] as vivências humanas e o mundo passaram a ser vistos como textos, o que promoveu a busca por diferentes instrumentos e estratégias metodológicas para lidar com estas novas leituras de mundo (CURY, SOUZA E SILVA, 2014, p. 913-914).

Nas palavras de Bolívar (2002),

rompendo decisivamente com uma concepção de racionalidade instrumental ou tecnológica da educação, em que o ensino é um meio para alcançar certos resultados, a narrativa aborda a natureza contextual, específica e complexa dos processos educacionais, importando o julgamento do professor neste processo, que sempre inclui, além dos aspectos técnicos, dimensões morais, emocionais e políticas. (p.7)

A análise narrativa se oferece como uma alternativa à análise paradigmática, na qual os dados devem ser categorizados, correndo o risco de perderem autenticidade e significado. No entanto, essas duas formas de análise não devem ser vistas como mutuamente excludentes. Bolívar (2002) alerta que na análise narrativa pura, corre-se o risco de se analisar os dados do ponto de vista dos próprios entrevistados, carecendo de pressupostos epistemológicos. Assim, a análise narrativa não deve abandonar por completo o modo paradigmático de análise, correndo o risco de se transformar em pura transcrição. O pesquisador deve dar conta de descrever os fatos como narrados pelo entrevistado, mas adicionando elementos de análise externa para que o relato sirva aos propósitos da pesquisa.

Em um segundo nível de análise, realizamos mais dois movimentos. Primeiro buscamos em nosso referencial teórico as características de professores que

possuem alto índice de crenças de autoeficácia. Utilizamos algumas dessas características como descritores e, em seguida, construímos um conjunto de indicadores para cada descritor, para analisar os dados dos professores selecionados. No segundo movimento nos concentramos nos sentidos atribuídos aos eventos por esses professores e na mobilização das suas crenças de autoeficácia.

No próximo capítulo apresentaremos as narrativas de Henrique e Valentina, os professores selecionados como nossos sujeitos de pesquisa.

3 CONHECENDO OS HABITANTES E SUAS HISTÓRIAS: NARRATIVAS

Ao conhecer um lugar novo, um viajante também toma conhecimento dos hábitos, da cultura e da história daquele lugar. As fontes dessas informações ou as formas de apreendê-las podem ser as mais diversas: admirando paisagens, conhecendo edifícios e museus, experimentando comidas diferentes ou observando comportamentos, entre outros. Tudo à nossa volta tem o potencial de narrar uma história, mas dentre todas essas possíveis fontes, o diálogo e as interações com as pessoas ainda estão entre as mais reveladoras.

Ao longo desta pesquisa também buscamos nos apropriar das histórias contadas por diferentes elementos: a organização dos eventos estudados, os materiais disponibilizados, os comportamentos dos participantes e dos organizadores, as interações entre eles etc. No entanto, para compreendermos as possíveis influências da participação nesses eventos sobre as crenças de autoeficácia dos professores, era necessário ouvi-los e recontar as suas histórias. Esse foi o objetivo das entrevistas realizadas com os sujeitos de pesquisa selecionados, a partir das quais foram construídas as narrativas que serão apresentadas neste capítulo.

3.1. HENRIQUE: UM VELHO CONHECIDO DO MASTERCLASS

Henrique é um professor de física e química em uma escola de tempo integral de uma cidade do vale do Paraíba, interior de São Paulo. Entusiasta do ensino da Física moderna e contemporânea no Ensino Médio, principalmente de astronomia, ele aborda a Física de partículas no terceiro ano do Ensino Médio desde que o assunto passou a figurar no caderno dos alunos do estado de São Paulo e chegou, inclusive, a reescrever uma das situações de ensino para facilitar a compreensão da mudança do mundo macroscópico para o subatômico. Além das aulas regulares, Henrique ministra disciplinas eletivas nas quais também aborda temas relacionados à FMC e à tecnologia. Quanto aos eventos promovidos pelo IFT-Unesp, ele participou das duas edições da Oficina de Física de Partículas e é um recordista em participações no Masterclass, tendo levado alunos a este evento desde 2012.

Filho de pai militar, Henrique morou em várias cidades e estudou em diversas escolas durante a juventude até a família se estabelecer definitivamente no vale do Paraíba. Bom aluno, ao longo dos ensinamentos fundamental e médio ele não encontrou dificuldades nos estudos, tendo facilidade tanto nas ciências humanas quanto nas exatas. Tinha, inclusive, maior inclinação para as ciências humanas. Tal facilidade nos estudos, segundo ele, até dificultou posteriormente a escolha da sua carreira. Nas suas palavras, no processo de escolha de uma carreira “a pior dificuldade que você pode ter é não ter uma dificuldade específica em alguma área”. Por ter afinidade com todas as áreas do conhecimento, a escolha de uma carreira não foi uma tarefa fácil para Henrique.

Em meio às dificuldades apontadas por Henrique para escolher uma carreira, uma das opções ganhou a sua preferência: o curso de Química. No entanto, como esse curso não era oferecido em sua cidade e ele não pretendia se mudar da casa dos pais, acabou optando pelo curso de Física, que era “o mais próximo da Química”.

Ao longo da graduação em Física, Henrique teve contato com alguns professores que aparentemente exerceram grande influência sobre a sua carreira, especialmente o professor Demétrio Delizoikov. No terceiro ano de curso, Demétrio apresentou à turma de Henrique o material do GREF¹⁰ para que eles fizessem algumas leituras e aplicassem algumas de suas propostas em sala de aula. Henrique se recorda desse episódio como um dos que o fizeram se interessar mais pelo ensino de Física e, ao final do terceiro ano (momento do curso no qual deveria optar entre as modalidades bacharelado e licenciatura), optar pela licenciatura.

Após o término da graduação, Henrique começou a lecionar e passou algum tempo frequentando grupos de pesquisa em ensino na Unesp, no campus mais próximo à sua cidade. Ele também iniciou um mestrado em “Física pura”, na área do estudo de plasmas, mas devido ao aumento da sua carga horária como professor acabou abandonando a pós-graduação para se dedicar à carreira docente.

¹⁰ Coleção em três volumes publicados pela editora da USP. O GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) é um grupo de professores da rede estadual de ensino de São Paulo coordenados por docentes do Instituto de Física da USP. O objetivo do grupo é elaborar uma proposta de ensino de Física para o Ensino Médio que esteja vinculada à experiência cotidiana dos alunos, procurando apresentar a eles a Física como um instrumento de melhor compreensão e atuação na realidade. (<http://if.usp.br/gref/>)

Quando começou a lecionar, a maioria das aulas atribuídas a Henrique era de Química, com poucas aulas de Física nos primeiros seis ou sete anos de docência. Nesse período, mesmo nas aulas de Química, Henrique já mostrava disposição para inovar e abordar tópicos de FMC em suas aulas. Além de aproveitar as aulas em que abordava radioatividade para falar em partículas elementares, ele incentivava a busca de informações pelos alunos por meio de trabalhos escolares. Sobre essa época, ele relembra:

Eu pedi um trabalho sobre modelos atômicos e como eu estava no começo também de carreira, tava bem empolgado com a questão do material do GREF também... aí eu pedi um trabalho falando dos vários modelos atômicos, inclusive os mais estranhos possíveis, que nem apareciam no currículo... então eu pedi Sommerfeld, pedi aquele modelo do... acho que é o do Hideki Yukawa, que era um modelo bem diferente e os alunos retornaram muito bem isso, eles trouxeram uns modelos bem interessantes.¹¹

Após alguns anos de docência, Henrique começou a trabalhar na diretoria de ensino da sua cidade, no núcleo de tecnologia educacional: uma área da diretoria de ensino responsável pela informatização das escolas públicas. Henrique permaneceu nesse emprego por quatro anos, período em que também lecionou em uma escola técnica particular, ministrando disciplinas como Química Aplicada ao Meio Ambiente.

Trabalhando no núcleo de tecnologia ele também teve a oportunidade de atuar na capacitação de professores voltada ao uso de computadores, visto que o acesso aos mesmos e (mais ainda) à internet era muito restrito àquela época (início dos anos 2000). Nessa função, Henrique ministrou treinamentos aos professores para que eles pudessem utilizar os equipamentos recém-adquiridos pelas escolas. Ou seja, trata-se de uma capacitação técnica e não pedagógica.

A oportunidade de trabalhar com a formação de professores voltada para a atuação docente dos mesmos surgiu com o lançamento de um programa do governo do estado de São Paulo chamado Teia do Saber¹², do qual ele participou planejando cursos de formação continuada e buscando parcerias com universidades para implementá-los. Henrique permaneceu neste projeto por aproximadamente quatro anos, até que ele foi encerrado. Após esse período ele retornou para a capacitação

¹¹ Todas as citações que aparecem neste capítulo foram retiradas das transcrições das entrevistas.

¹² A Teia do Saber foi um projeto de formação continuada de professores lançado em 2003 pelo governo estadual com o objetivo propiciar fundamentação teórica aos professores e promover a articulação entre a teoria e a prática, a contextualização dos conhecimentos trabalhados e a interdisciplinaridade, além da socialização de experiências docentes. (PALMA FILHO, 2009)

de professores e em 2012 retornou definitivamente para a sala de aula, já na escola onde trabalha atualmente.

Em 2012 o governo do estado de São Paulo lançou um novo modelo de escolas de tempo integral. Nesse novo modelo a jornada dos estudantes foi ampliada para nove horas e meia por dia e os professores passaram a trabalhar em regime de dedicação exclusiva. Na primeira etapa do projeto, apenas dezesseis escolas do estado adotaram esse modelo em regime experimental. Atraído pelo projeto, Henrique conta que resolveu voltar a lecionar encarando esse retorno como um desafio:

O projeto da escola de tempo integral é assim: A escola Ryoiti Yassuda foi uma das dezesseis primeiras escolas em que o modelo foi implantado. Então, quando isso foi oferecido no estado, realmente foram os professores que queriam ir. Tudo bem, tem um acréscimo de salário pela dedicação exclusiva mas na realidade as pessoas que foram naquele primeiro momento, foram porque compraram a ideia, porque era, na realidade era uma insegurança muito grande, porque você abria mão de estar na sua sede para estar designado em outra escola, né, então o professor ficou um pouco receoso. Então quem foi, foi porque comprou a ideia

Uma das vantagens que ele enxergou no projeto da escola de tempo integral foi a redução na quantidade de alunos, já que não há uma turma diferente em cada período. O fato de sua escola ter menos alunos que outras escolas com dois períodos torna o trabalho menos burocrático, estressante e desgastante, já que os professores têm a possibilidade de acompanhar melhor o desenvolvimento dos alunos, conhecê-los melhor e assim evitar, ou pelo menos reduzir, os casos de indisciplina. Isso não significa, é claro, que ele está imune a situações estressantes em seu trabalho.

Na sua visão, a maior fonte de estresse tem origem em fatores que extrapolam os muros da escola, como a desvalorização do magistério, o entendimento social da função do professor e a precarização do trabalho. Quando ocorrem situações estressantes na escola, situações essas que, segundo ele, são inerentes ao trabalho do professor, Henrique busca se apoiar no grupo e no projeto da escola, dividindo o problema com a coordenação de área ou a coordenação geral. Em suas palavras, dividir o problema ajuda a minimizá-lo:

Basicamente você tem que se apoiar no grupo, né. Você tem que se apoiar no grupo. Uma das vantagens é você ter um grupo pra repartir. A solidão no magistério também é muito prejudicial. Você tá sozinho dentro da sala de aula, você sai e não tem muito com quem dividir. [Para os professores de] Exatas, acho que é ainda pior. Por exemplo, Física, a maioria das escolas é só um professor, não tem vários professores de Física. Então, só um professor, se

você não passar esse sentido de grupo, de mais pessoas, acaba ficando muito mais difícil.

Quanto às disciplinas que leciona, Henrique continua dividindo sua carga de trabalho entre a Física e a Química no Ensino Médio, além de ministrar disciplinas eletivas semestrais. Desde que começou a trabalhar nesta escola ele leciona astronomia como disciplina eletiva (utilizando softwares de simulação entre os recursos didáticos) e em 2018 passou a lecionar também robótica. Nas disciplinas eletivas Henrique também consegue abordar tópicos de FMC além daqueles que já constam no currículo do estado de São Paulo. No primeiro semestre de 2016, por exemplo, ao oferecer astronomia como disciplina eletiva, ele aproveitou essas aulas para abordar a formação de elementos químicos no interior das estrelas:

[...] no primeiro semestre eu fiz a eletiva de astronomia... [...] Eu abordo um pouco de Física moderna também, quando eu faço eletiva de astronomia porque geralmente a gente passa por formação de estrelas. E quando passa por formação de estrelas, a gente passa pela nucleossíntese, como é que os elementos químicos se formam no interior das estrelas. Aí a gente aproveita pra abordar essa questão, “Ah, como é que ela gera tanta energia? Como é que ela libera essa energia? Como que acontece a fusão lá dentro?”. Geralmente, a gente segue o caminho dos neutrinos, aí que dá o espaço pra gente falar um pouco de Física de partículas.

Dado que a atribuição das turmas e disciplinas é feita pelo diretor da escola, não é todo ano que Henrique leciona Física para o terceiro ano do Ensino Médio, mas sempre que tem essa oportunidade ele aborda em suas aulas os tópicos de FMC que constam no quadro de conteúdos e aparecem no caderno dos alunos. No caso específico da Física das partículas elementares, Henrique resolveu reescrever uma das sequências didáticas e utilizar um jogo com o objetivo de facilitar a compreensão dos alunos quanto à mudança da Física do mundo macroscópico para a do universo quântico das partículas elementares:

Eu até reescrevi uma das situações de aprendizagem do caderno do aluno, tentando fazer essa transição um pouquinho mais leve... introduzindo numa sequência didática um jogo que ele tentava (...) suavizar essa passagem aí do macroscópico pro microscópico.

Mesmo em outros momentos do curso, como no segundo ano do Ensino Médio, Henrique enxerga a possibilidade de tratar temas relativos à FMC em outras frentes da disciplina, como na óptica e na ondulatória.

[...] mesmo no segundo ano, quando a gente tá falando de óptica, eu cobro bastante agora, né, a questão de ondas, a questão de funcionamento de lâmpadas, a gente tem um gancho aí muito grande pra falar das novas tecnologias a partir da Física moderna, da Física do século XX. Não dá pra falar de telecomunicações, GPS, sem falar de Física moderna, equipamentos eletrônicos.

A abordagem de tópicos de FMC pelo professor não é, segundo ele, uma iniciativa unilateral, pois na sua percepção os alunos também demonstram curiosidade a respeito de assuntos relacionados à Física moderna e desde o primeiro ano fazem perguntas relativas a esses temas e sobre os cientistas de maior fama, como Albert Einstein, e suas teorias. Segundo ele,

[...] os alunos sempre querem saber de Física moderna, eles entram no Ensino Médio e você fala que dá Física, eles já perguntam do Einstein... Eles “nossa, professor, o que é relatividade?”... essas perguntas são comuns aos alunos que gostam um pouco da área de exatas e mesmo os que não gostam eles têm curiosidade em saber, né, quais são os trabalhos do Einstein, quais são os físicos mais, mais... O ano passado, com o [filme] Interestelar, eles queriam que passasse o filme... tem muito aluno que viu e não entendeu, que vem e pergunta... então eles têm uma curiosidade natural.

Quanto à forma de abordar tópicos de Física moderna no Ensino Médio, Henrique afirma preferir utilizar uma abordagem histórica, salientando os experimentos mais importantes e as origens das teorias e sem “matematizar muito a questão”, mostrando ser possível tratar tais assuntos no Ensino Médio apesar da complexidade existente na formalização matemática dessas teorias.

Quanto à sua opinião sobre os demais professores de Física, apesar de conseguir transitar com aparente facilidade entre os diversos tópicos da Física contemporânea, Henrique não acredita que esta seja a regra entre seus pares do Ensino Médio. Ele acredita que a maioria dos professores de Física não estão aptos a abordar esses tópicos em sala de aula e elege a precariedade da formação inicial dos docentes como o principal motivo para essa inaptidão.

Existe uma deficiência muito grande na formação do professor dessa área... eu falo das duas [disciplinas] que foram introduzidas no currículo: astronomia e Física moderna. Você sai da faculdade, você até tem como disciplina, mas você não tem, por exemplo, uma aula de instrumentação para o ensino dessas disciplinas... Isso é uma dificuldade.

Outro motivo que se soma a essa deficiência na formação dos professores seria, segundo Henrique, o receio dos mesmos de se depararem com perguntas feitas pelos alunos às quais não saibam responder:

Outra dificuldade que o professor muitas vezes tem é a questão dele não estar aberto, não estar aberto pra expor dúvidas pros alunos, né? Que é aquela visão do professor como suma sapiência ali, né? É que ele tem toda sabedoria contida e não é assim. Quando você vai pra astronomia, quando você vai pra Física moderna, conseqüentemente, vai aparecer alguma dúvida em algum momento, porque o aluno ele vai trazer notícias que são extremamente atuais... você tá falando de um assunto e o aluno “Ah, eu vi ontem no jornal, eu vi essa semana que uma partícula apareceu, uma partícula nova”, então muitas vezes eles trazem isso, e muitas vezes alguns professores não se sentem à vontade com essa situação, né?

Essa percepção de Henrique sobre a ausência da Física moderna (ou da instrumentação para o ensino da mesma) na formação inicial dos professores encontra respaldo na sua própria experiência como aluno. Curiosamente a sua única lembrança de contato com algum tópico de FMC durante o ensino básico remete a uma disciplina não científica cursada no ensino fundamental: OSPB¹³ (Organização Social e Política do Brasil).

Eu tinha um professor que [...] uma vez por semana, ele falava assim: “a tarefa é vocês recortarem alguma matéria jornalística, trazerem pra escola e a gente discutir a respeito”. E eu acabei recortando uma matéria sobre Angra dos Reis... Sobre a usina nuclear de Angra, que é em Parati, aqui próximo e a gente acabou discutindo isso bastante na sala de aula... [...]. E não sei por que, eu guardei esse recorte por muito tempo... engraçado que olhando depois, anos depois, eu guardei esse recorte... os dois recortes que eu guardei dessa época, um era de Angra dos Reis e o outro era do Isaac Asimov.

Ele também afirma que mesmo na graduação, apesar de ter cursado disciplinas do bacharelado como “Física dos reatores”, os momentos de contato com tópicos de FMC foram raros e se deram mais de forma transversal do que pelo programa das disciplinas cursadas. Foi o caso de um seminário (solicitado pelo professor Demétrio Delizoikov) no qual coube a ele falar sobre o éter. Seu trabalho deveria ser “sobre a existência de éter ou não a partir da perspectiva do Einstein”. Assim, para realizar essa tarefa ele se dedicou ao estudo de experimentos como o interferômetro de

¹³ Organização Social e Política Brasileira: disciplina criada e imposta ao currículo escolar brasileiro por meio do decreto-lei nº 869, de 12 de dezembro de 1969. A disciplina OSPB, assim como a disciplina Educação Moral e Cívica, tornada obrigatória no mesmo decreto-lei, tinha como objetivo enaltecer os princípios do culto à pátria e aos símbolos nacionais, da obediência às leis e fidelidade ao trabalho, entre outros valorizados pelo regime militar. As disciplinas foram extintas pela lei 8663 de 14 de junho de 1993, que revogou o decreto-lei 869/69.

Michelson e Morley e a câmara de nuvens. No entanto, na sua opinião, apenas a formação recebida ao longo da graduação não seria suficiente para que ele se considerasse apto a abordar a Física moderna em sala de aula como professor.

A consciência da necessidade de formação mostrada por Henrique também reflete o seu comportamento em relação à própria formação continuada. Além de ter trabalhado por oito anos com a formação (tecnológica ou pedagógica) de professores, ele próprio afirma buscar continuamente por cursos e visitar espaços extraescolares como museus e planetários.

[...] eu sempre investi muito... por conta própria, eu visito o planetário nessa época de férias pra depois levar os alunos... quase todo ano, desde que eu voltei, que eu tô nessa escola de tempo integral, cinco anos já, eu levo uma vez por ano os alunos ou em algum museu ou em algum espaço ligado à ciência e tecnologia... então assim, ao longo do ano, eu sempre tenho me engajado em algum tipo de curso.

E foi justamente durante a sua participação em um evento voltado para professores (o USP escola) que Henrique tomou conhecimento do Masterclass. Ele chegou a se inscrever duas vezes em um curso de Física de partículas oferecido durante esse evento (e que era, segundo ele, um pré-requisito para a participação no Masterclass organizado na própria USP), mas a sua inscrição não foi aceita. Assim, ele só passou a participar do Masterclass em 2012, após ser convidado pela Secretaria de Educação, mas não na USP e sim no IFT da Unesp. Desde então, todos os anos Henrique seleciona alguns alunos e os leva para São Paulo para que participem desse encontro.

Dado que o número de alunos que cada professor pode levar ao evento é limitado, em sua primeira participação no Masterclass, Henrique afirma ter escolhido os alunos que mais se destacavam no estudo da Física para acompanhá-lo. A partir daí, a divulgação feita na escola pelos alunos selecionados fez com que nos anos seguintes outros estudantes se candidatassem a participar do evento.

Henrique acredita que a participação no Masterclass pode trazer benefícios tanto para os professores quanto para os estudantes. Ele enxerga o Masterclass como uma “formação adicional” e crê que os professores são beneficiados no plano pessoal pela aquisição de informações a respeito da Física de partículas, pelo maior conhecimento de como a ciência é feita nos laboratórios e institutos de pesquisa e pela atualização a respeito de novas descobertas, dado que o tema abordado no

evento é um assunto fronteiro para a Física. Apesar de já abordar a Física de partículas em suas aulas, Henrique acredita que a participação no Masterclass melhorou as suas aulas sobre esse tema. Durante o Masterclass de 2015 ele foi convidado pelos organizadores para dar um depoimento sobre as disciplinas eletivas que ministrava em sua escola e como ele abordava a Física de partículas nessas disciplinas.

Na escola, ao trabalhar com os alunos a Física de partículas (algo que ocorre sempre após a participação no Masterclass), Henrique afirma encontrar maior interesse por parte dos alunos que estiveram no evento e estes acabam atuando como auxiliares e multiplicadores:

[...] esses alunos que vão no Masterclass, mesmo eu não sendo o professor regente da Física no terceiro ano, esses alunos, quando chega o assunto, eles estão mais envolvidos, então eles acabam ajudando na sala de aula... eles acabam mais motivados, eu acho, a falar, eles reconhecem já o assunto... quando eu resolvi falar de modelo padrão eles “ah, nossa, eu vi no Masterclass”, vai falar de partícula tal, “ah, eu vi no MasterClass”. No caderno do aluno tem uma situação de aprendizagem que fala do rastro que as partículas deixam e eles associam sempre isso à questão do jogo, eles associam isso à questão da simulação... eles já sabem do... do Muon, então ajuda nisso. Geralmente, eu levo alguns alunos do terceiro ano e eles acabam... quando a turma chega, eles acabam funcionando como divulgadores, né, como auxiliares do professor...

Henrique diz também que muitos alunos que participaram de edições anteriores do Masterclass (alguns que até já saíram da escola) ainda participam dos grupos voltados para o evento em redes sociais e demonstram interesse em continuar divulgando suas experiências (se disponibilizam, por exemplo, a ir na escola contar para os novos alunos como foi participar do evento). Na visão de Henrique, isso mostra que essa experiência consegue “influenciar a vida dos alunos positivamente”.

Além de ser um recordista de participações no Masterclass, Henrique participou da segunda edição da Oficina de Física de Partículas promovida pelo SPRACE. Na sua visão a Oficina tem um potencial ainda maior que o Masterclass para a instrumentalização dos professores visando o ensino da Física de partículas. Ele avalia que o fato de participarem apenas os professores, sem os alunos, tem alguns pontos positivos: aumenta o tempo de interação entre os professores, torna a troca de experiências mais efetiva e permite que os professores tirem suas dúvidas em um ambiente em que se sentem seguros, sem o possível julgamento dos alunos.

No caso da Oficina, além da sua própria experiência, Henrique afirma embasar as suas opiniões na experiência de uma colega de trabalho:

Olha, eu acho, pra mim, assim o que foi bem legal [da Oficina] é que eu pude levar comigo uma outra professora aqui da minha escola. (...) No Masterclass do ano anterior, eu tinha convidado pra ir e ela acabava que nunca... assim... não ia. Acho que era um pouco de insegurança: “ah, vou chegar com aluno, vai que o aluno me pergunte alguma coisa”, então tinha essa dificuldade. Como a gente acabou indo antes [na Oficina] e era um grupo só de professores, isso acabou dando mais segurança pra que ela pudesse ir depois no Masterclass comigo. Foi a parte legal. (...) Eu acho que deu mais segurança pra ela tratar [esse assunto na escola]. Vamos ver agora esse ano, como ela tá agora na regência do terceiro ano e vai chegar o momento da Física de partículas. Mas eu acho que deu mais segurança porque, por exemplo, ela já chegou e já colocou a tabela de partículas (...) no laboratório. Os alunos perguntam e ela já tem mais autonomia em falar, então achei que ajudou sim.

Quanto ao futuro, além de continuar participando de todas as edições do Masterclass e de outros eventos promovidos do SPRACE, Henrique afirma ter a intenção de levar a sua experiência para outros professores que não têm essa oportunidade:

Eu acho que o que poderia melhorar no Masterclass é se a gente tivesse encontros bimestrais ou se tivesse alguma coisa como [na área de ensino de] astronomia, que tem uns encontros regionais de ensino de astronomia, o EREA. Uma coisa que eu acho que poderia ter era isso. (...) É uma coisa que se tudo der certo, eu acho que eu vou tentar fazer um desses encontros no molde do EREA, fazer um regional e tentar convidar ou convencer alguém a vir... porque dentro da região você acaba atraindo muita gente que não vai querer se deslocar até São Paulo, ou não tem condição, ou não tem apoio. Mas muitas vezes na região ele vem, né?

Apenas acompanhando a vida profissional de Henrique será possível saber se esses projetos sairão ou não do papel (ou da cabeça de Henrique). No entanto, conhecendo a sua disposição para a inovação e para o engajamento em novos desafios, não podemos duvidar da realização desses projetos.

3.2. VALENTINA: UMA TRAJETÓRIA REPLETA DE IDAS E VINDAS

Valentina é uma jovem professora de física, também de uma cidade do vale do Paraíba, no interior de São Paulo, que teve uma trajetória de formação tortuosa, oscilando entre o bacharelado e a licenciatura em Física, entre diferentes

universidades e passando por uma graduação inacabada no exterior até chegar ao mestrado e ao doutorado na área de ensino de Física. Valentina participou da Oficina de Física de Partículas do SPRACE, participa do Masterclass desde 2015 e também teve a oportunidade de participar da primeira edição do evento voltada apenas para mulheres. Sua carreira docente foi (e continua sendo) construída em escolas particulares, sendo que atualmente ela leciona em três colégios diferentes. Em sala de aula, tenta fomentar a colaboração entre seus alunos, prefere a conscientização às broncas em casos de indisciplina e está dando os primeiros passos no ensino de tópicos de Física moderna.

Valentina nasceu e cresceu na mesma cidade do vale do Paraíba, em São Paulo. Lá ela cursou todo o ensino fundamental em escola pública e no Ensino Médio passou a frequentar uma escola particular descrita por ela mesma como um "colégio mediano". Valentina descreve a si mesma nessa época como uma "aluna média", sem grande interesse pela Física, que nunca teve notas baixas mas também nunca foi excepcional.

Valentina se lembra que durante o Ensino Médio teve aulas com um professor de Física que à época cursava o doutorado no ITA¹⁴ e exerceu uma grande influência sobre a sua escolha profissional. Em suas palavras,

era um professor que era diferenciado (...). Ele incentivava bastante, levava (...) a gente no ITA pra fazer campeonato de foguete, essas coisas assim. (...) Ele teve uma boa influência... além disso, a pré-disposição dele, ele era sempre muito disposto a nos ajudar e etc.

A admiração por esse professor despertou em Valentina o desejo de estudar engenharia no ITA e seguir a carreira acadêmica. Estudar no ITA, no entanto, não era uma tarefa fácil dada a grande concorrência e o alto nível de exigência do exame de admissão dessa instituição. A consciência dessa dificuldade levou Valentina a se matricular em um curso pré-vestibular cujo foco é a aprovação de estudantes nesse vestibular. Porém, ao longo do curso pré-vestibular (novamente influenciada por um de seus professores), ela percebeu que seu interesse era maior pela Física do que pela engenharia e no ano seguinte acabou ingressando em uma faculdade particular de pequeno porte, em uma cidade vizinha à sua, na licenciatura (única modalidade oferecida na faculdade) em Física.

¹⁴ Instituto Tecnológico da Aeronáutica

Já no primeiro ano de graduação, determinada a seguir a carreira acadêmica, Valentina teve a oportunidade de desenvolver um projeto de iniciação científica no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos, onde conheceu diferentes pesquisadores e estudantes de pós-graduação oriundos de outras universidades. Essa convivência e a comparação entre as instituições que ela e seus colegas cursavam aumentaram o descontentamento que ela já sentia com o seu curso e despertaram a vontade de mudar para uma faculdade melhor conceituada, já que ela própria avaliava sua faculdade como “muito fraca”. Foi nessa época que surgiu uma oportunidade de estudar Física em outro país: a Rússia.

Valentina aproveitou essa oportunidade e se mudou para a Rússia, onde estudou Física por dois anos e teve novas vivências em uma faculdade de Física daquele país, com um sistema de ensino diferente, outra realidade, novos professores e novas experiências. Ao final de dois anos, no entanto, ela acabou retornando ao Brasil devido a problemas familiares e não terminou o curso. Apesar da interrupção deste projeto, a experiência no exterior serviu para reforçar a sua crença de que a escolha da carreira tinha sido acertada, bem como o desejo de estudar em uma universidade pública no Brasil. Foi assim que ela decidiu terminar sua graduação na Unesp, no campus de Guaratinguetá.

Mesmo depois de tantas idas e vindas a trajetória de Valentina continuou tortuosa (mas sempre em torno da Física). Ao ingressar na Unesp, sua intenção era se formar na modalidade bacharelado e seguir a carreira acadêmica como pesquisadora (a opção entre o bacharelado e a licenciatura deveria ser feita ao final do segundo ano de graduação). Segundo Valentina, nessa época ela sequer conhecia a possibilidade de realizar pesquisas em ensino de Física: “Na verdade, não conhecia nem como... não considerava uma área de pesquisa, porque a minha intenção era trabalhar com pesquisa e isso sempre foi minha vontade. Mas eu não sabia que existia essa área especificamente”. Valentina começou a descobrir o ensino de Física como uma área de pesquisa ao participar de um grupo do PIBID¹⁵, que apresentou a ela novos problemas de pesquisa ligados à licenciatura. Em suas palavras, “foi bastante importante essa vivência, inclusive para o meu conhecimento dessa área de pesquisa,

¹⁵ O Pibid é um programa de formação de professores do Ministério da Educação (MEC) que visa proporcionar aos alunos dos cursos de licenciatura uma vivência prática do cotidiano das escolas de educação básica da rede pública.

dos problemas que existiam na área e etc., né? E aí eu comecei a olhar com outros olhos pra licenciatura”.

Paralelamente à sua participação no PIBID, “por via das dúvidas”, Valentina também desenvolveu um projeto de iniciação científica voltado para o bacharelado, “na área de teoria de campos, mais especificamente, na área de relatividade geral”. O projeto foi desenvolvido a partir de uma situação-problema proposta por seu orientador proporcionou a ela a primeira oportunidade de contato com tópicos de FMC enquanto aluna. Este mesmo projeto acabou se transformando em seu trabalho final de graduação, tendo influenciado posteriormente a escolha do tema de seu mestrado.

Em meio a dúvidas entre a escolha da licenciatura ou do bacharelado e precisando de um trabalho que lhe ajudasse a se sustentar, no terceiro ano de graduação Valentina conseguiu um emprego em uma escola particular de Guaratinguetá e começou a lecionar Física. Apesar das dificuldades encontradas no início da profissão, essa experiência foi decisiva para a definição do seu futuro:

Então eu tive uma experiência boa, assim, vamos dizer, não foi a melhor experiência, era um colégio grande, a responsabilidade foi muito grande e eu caí meio de paraquedas na sala de aula. Eu tava no terceiro ano da faculdade e assumi dezoito aulas (...). Foi bem complicada a experiência assim nessa situação. Porém, eu comecei a ver que eu gostava de dar aula, eu gostava da parte profissional dessa área e etc. Os problemas da sala de aula me interessavam, então eu comecei a ficar bastante dividida nesse período aí.

Assim, com a docência tendo se mostrado uma alternativa economicamente viável e com o crescente interesse pelos problemas vividos em sala de aula, entre o bacharelado e a licenciatura, Valentina optou pela licenciatura:

...apesar de fazer a iniciação científica na área de teoria de campos, eu optei por fazer licenciatura, principalmente, por questões de empregabilidade. Porque eu vi, por questão estratégica mesmo, que por mais que eu tivesse gosto por fazer o bacharelado e que eu tinha interesse por fazer as disciplinas do bacharelado... eu tinha medo de terminar o curso e não ter nenhum emprego (...) fora do mestrado. Então, isso me preocupou bastante e aí eu decidi então fazer a licenciatura.

Após ter tomado essa decisão, o encantamento com as disciplinas específicas da licenciatura e a vivência como professora a fizeram mergulhar na pesquisa sobre o ensino de Física e iniciar um mestrado nessa área logo após o término da graduação.

Valentina ingressou em um mestrado profissional na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), em Minas Gerais, e logo em seguida migrou para o mestrado acadêmico quando o mesmo passou a ser oferecido pela universidade. O tema da sua pesquisa é relacionado ao ensino de Física moderna e foi escolhido principalmente devido ao seu trabalho de conclusão de curso. À época da primeira entrevista, Valentina estava terminando o mestrado e planejava ingressar no doutorado na USP, o que de fato aconteceu.

O início da carreira docente de Valentina, como já foi exposto, se deu por motivos econômicos ainda durante a graduação e apesar das dificuldades encontradas, foi um dos fatores determinantes na sua escolha pela licenciatura. Desde então ela tem lecionado em escolas particulares da região de Guaratinguetá, sendo que a maioria delas utiliza materiais didáticos “apostilados” de grandes franquias e são voltados para a aprovação dos alunos no exame vestibular. Apenas recentemente ela começou a trabalhar também em uma escola com características diferentes: um colégio confessional, da rede salesiana de ensino, que utiliza material didático próprio e não coloca (ao menos de forma explícita) a aprovação dos alunos nos vestibulares como principal objetivo da escola. Atualmente Valentina trabalha em três escolas: duas que utilizam sistemas de ensino apostilados e a escola salesiana.

A adoção de materiais didáticos apostilados parece incomodar Valentina por restringir a sua liberdade na escolha dos tópicos a serem abordados e pelo pouquíssimo tempo que sobra para que ela desenvolva algum projeto com seus alunos. Mesmo assim, sempre que pode ela desenvolve atividades paralelas e organiza eventos e palestras relacionados a temas que não figuram nos materiais didáticos utilizados.

Em 2017, em uma das escolas em que trabalha, Valentina aproveitou a crescente discussão sobre o terraplanismo nas redes sociais para promover um desses eventos extracurriculares: “Eu achei muito pertinente essa questão e pedi para um professor da Unesp que trabalha com astronomia e organizei com ele uma palestra. Os alunos vieram na Unesp, assistiram a palestra, eu dei certificado para eles.” Também em 2017 ela participou com as alunas da escola confessional da primeira edição do Masterclass para mulheres e em 2018, em outra escola, nas semanas que antecederam o Masterclass ela utilizou três aulas para falar sobre a

Física das partículas elementares, mesmo sem que esse assunto figurasse no currículo escrito da escola.

Em sala de aula, dada a pressão para seguir com o programa das apostilas, Valentina procura ajudar os alunos que encontram dificuldades de duas maneiras: antes de toda aula ela retoma rapidamente o assunto abordado na aula anterior e durante as atividades, incentiva o trabalho colaborativo entre os estudantes.

Eu agora to tentando incentivar o trabalho colaborativo. Eu to usando a Física como um meio para que os alunos além de aprenderem Física, eles aprendam a trabalhar em colaboração com os outros, ajudar os outros, esse tipo de coisa. Eu peço que os alunos leiam o capítulo antes de ir para a aula e façam uma síntese desse capítulo.

Nos momentos de realização de atividades, Valentina pede que os alunos sentem-se em duplas formadas preferencialmente por um aluno que tenha maior facilidade na disciplina e sintam-se apto a ajudar seus colegas e outro aluno que tenha encontrado dificuldades na leitura do capítulo ou que esteja apresentando baixo rendimento na disciplina. Os parceiros de duplas são então incentivados a discutir o tema da aula e realizar as atividades em colaboração.

Como as escolas onde trabalha não realizam aulas extras de recuperação para os alunos com aproveitamento abaixo da média, Valentina procura usar a plataforma virtual Khan Academy¹⁶, recomendando vídeos para os alunos e acompanhando quais alunos acessaram ou não o conteúdo recomendado.

A professora afirma ter um bom relacionamento com coordenadores e diretores e enfrentar poucas situações estressantes no seu cotidiano de professora. Em casos de indisciplina dos alunos, ela afirma tentar resolver os problemas por meio da conscientização dos mesmos, tentando mostrar que eles estão tendo uma oportunidade de aprender e que essa oportunidade deve ser valorizada. Segundo ela, dar broncas e retirar alunos da sala de aula não são as melhores opções para lidar com casos de indisciplina.

Mesmo afirmando enfrentar poucas situações estressantes ligadas ao seu trabalho, Valentina se queixa de um problema que não é enfrentado por todos os professores: o machismo. Ela afirma que a sua condição de professora de Física

¹⁶ Plataforma educacional que oferece vídeos voltados para o ensino de diferentes disciplinas, onde o professor pode criar salas virtuais, indicar vídeos aos seus alunos e acompanhar quem está ou não assistindo aos vídeos recomendados. (<https://pt.khanacademy.org/>)

mulher e jovem infelizmente faz com que ela precise afirmar e demonstrar sua competência com maior frequência que seus colegas homens. Além de ouvir afirmações carregadas de preconceitos como a de que mulheres são melhores professoras para as séries iniciais (onde os salários são mais baixos) por serem mais “maternais”, ela sente que seus colegas homens são privilegiados na atribuição de aulas.

Quanto ao ensino da Física de partículas ou outros tópicos da FMC, a atuação em escolas particulares voltadas para a aprovação em vestibulares impõe, na visão de Valentina, algumas limitações. As grades curriculares dessas escolas priorizam os tópicos que, historicamente, estão mais presentes nos vestibulares, tais como mecânica, eletricidade, óptica, ondulatória e termodinâmica clássicas. Quanto à FMC, ela sequer figura nas apostilas por ser ainda pouco recorrente nos vestibulares e no EMEM:

(...) Como é um tema que eu vejo que não cai muito nos vestibulares, no ENEM e etc., é um tema que é pouco recorrente no vestibular, as escolas não dão ênfase pra isso, não dá tempo [de abordar esses temas em sala de aula] porque aí as escolas acabam que te encham de conteúdos, né, e aprofundam conteúdos da Física clássica e você tem que seguir aquele cronograma proposto pela apostila, pelo sistema.

Já o material didático da escola confessional inclui alguns tópicos de FMC entre os conteúdos de Física do terceiro ano do Ensino Médio e nessa escola Valentina sente que poderá trabalhar esse assunto com seus alunos. No entanto, devido a alguns atrasos no cronograma, na ocasião da primeira entrevista ela acreditava que não conseguiria atingir esse objetivo naquele ano.

Desta forma, apesar de se sentir capacitada para abordar tópicos de FMC e considerar que essa abordagem seja importante, nessa época Valentina ainda não havia tido oportunidade de incluir tais tópicos em suas aulas apesar de já ter participado do Masterclass com seus alunos:

Eu ainda não consegui... só através do Masterclass... Através do Masterclass, aí os alunos acabam que se envolvem com esse tema. (...) Eu já organizei palestra com um professor aqui da UNESP que vai lá e aborda esse tema com os alunos e tal... eventuais dúvidas, coisas bem superficiais. Mas nunca tive a oportunidade de trabalhar mesmo, como parte do conteúdo. (...) Por mim, eu vejo que a dificuldade é realmente encaixar esse tema, dar prioridade a esse tema porque eu só trabalhei, só trabalho em escolas particulares, e essas escolas, elas querem resultados... e quais resultados? Os resultados do aluno passar nos vestibulares. (...) Então, por conta disso, eu vejo que esse, pra mim, esse é meu maior empecilho.

Já à ocasião da segunda entrevista, Valentina afirmou que no ano letivo de 2018 ela havia utilizado três aulas para falar especificamente de Física de partículas antes da participação de seus alunos no Masterclass. Ela utilizou essas aulas como preparação para o evento para que os estudantes chegassem ao mesmo conhecendo algo sobre o assunto e tirassem melhor proveito das palestras e da atividade prática. As aulas, contudo, não foram exclusivas para os alunos que participariam do Masterclass, mas sim para todos os alunos da classe.

Esse ano eu também enviei alunos dessa mesma escola para o Masterclass e, por conta disso, eu dei umas três aulas sobre Física de partículas para eles. Eu dei uma parada no conteúdo corrente e dei umas aulas. Mesmo que nem todos fossem, porque eram só dez vagas, eu dei uma aula para todos, em geral, de Física de partículas, falando das partículas, um pouco da parte histórica... Não foi muito aprofundado, mas eu usei o material do SPRACE, que eles disponibilizam no site, e acabei dando essa aula para eles, para eles irem para o Masterclass não totalmente crus.

Já em outra escola onde também leciona, Valentina planeja promover um evento voltado para o estudo da Física de partículas, realizando encontros com palestras sobre o tema:

Esse ano eu estou planejando, no final do ano, em uma das escolas que eu trabalho, fazer um evento de Física de partículas na escola. Eu estou organizando com a coordenação para a gente fazer umas três ou quatro tardes onde eu vou inicia-los no tema e depois eu vou convidar alguns professores da Unesp para que eles fossem lá falar sobre o tema. Algo mais ou menos parecido com o Masterclass, porém sem a videoconferência, sem os experimentos extras, mas apenas essa parte da palestra, dos conteúdos e tal, porque eu quero que esses mesmos alunos possam participar ano que vem do Masterclass. (...) Outra coisa que eu quero é envolver a professora de inglês nesse projeto também para os alunos terem essa coisa de falar inglês também, fazer as perguntas, entender o que tá sendo dito [na videoconferência do Masterclass].

A sua motivação para organizar esse evento está relacionada (entre outros fatores) à visão que ela tem da estrutura do Masterclass: um evento onde a informação é muito condensada, dificultando a compreensão dos alunos que não conhecem o tema.

No Masterclass é uma enxurrada de informação em um ou dois dias, então eu percebo que os alunos gostam muito, acham bacana e tal, mas eles retêm pouca informação. Eu tenho sentido essa necessidade. Eu acho que para levar os alunos lá. Pra eles aproveitarem de fato mesmo, terem dúvidas.

Apesar de considerar que no seu caso o maior empecilho para o ensino de FMC seja a grade curricular das escolas onde trabalha (o que a leva a abordar a Física de partículas em situações bem específicas e eventos extracurriculares), Valentina acredita que a maioria dos professores encontre outras dificuldades. Curiosamente, segundo ela, o primeiro capítulo da sua dissertação de mestrado trata exatamente deste tema: “quais as dificuldades que os professores têm em abordar os conteúdos de Física moderna”.

De acordo com os resultados de sua pesquisa, uma das dificuldades mais apontadas pelos professores é a formalização matemática da Física moderna, que não estaria ao alcance dos alunos do Ensino Médio. Na sua opinião, porém, essa preocupação não se justifica:

Eu vejo, através da pesquisa que eu fiz, que grande parte dos professores alegam um empecilho matemático. Porém, se você for olhar com cuidado, vários assuntos da Física moderna, relatividade restrita, vários assuntos, radioatividade, etc., não exigem uma matemática tão mais difícil do que eles já vêm na Física clássica. (...) Eu encaro [essa justificativa] um pouco como uma desculpa de muitos professores.

Além disso, na sua opinião, uma abordagem histórica da construção dos conceitos da Física moderna, menos matematizada, seria mais produtiva. Para ela, a principal dificuldade encontrada pela maioria dos professores está relacionada à formação inicial dos mesmos, onde os temas da FMC são abordados de forma técnica e muito distante da realidade do Ensino Médio, sem nenhuma preocupação com a transposição didática:

E aí é claro que o professor que sai dessa faculdade, que viu os temas de Física moderna só através de equações, de contas e etc., é claro que ele vai achar isso impossível de se ensinar no Ensino Médio e ele próprio também vai ter suas dificuldades de segurança, vamos dizer assim, porque pra você ir pra sala de aula você tem que ter um pouco de segurança nesse assunto, nesse tema...

Assim, para ela, a formação inicial dos professores não favorece o desenvolvimento da autonomia dos mesmos, autonomia esta necessária para que eles possam abordar tais temas em sala de aula. Ela própria afirma que por nunca ter aprendido nada relacionado à Física moderna ao longo do ensino básico e mesmo na graduação esses temas terem sido pouco trabalhados, tem menos confiança para abordar tópicos de FMC do que assuntos da Física clássica em suas aulas e que para ensinar tais tópicos, precisaria de maior dedicação.

... A maior parte da faculdade, eu passei vendo os temas de Física clássica e só em um período que eu pude ter contato com a Física moderna, que foi na disciplina de estrutura da matéria e laboratório de estrutura da matéria... Então, assim, isso claro que dá uma insegurança de você ir abordar esses temas e principalmente que são temas que trazem controvérsias, não são temas intuitivos. A própria questão da dilatação do tempo, essas coisas, são ideias, né, antes de tudo... antes de questões matemáticas, são ideias filosóficas, né, complicadas de você passar isso de uma maneira tranquila.

É nesse ponto que ela acredita que a participação de professores no Masterclass pode contribuir para o ensino da FMC. Instrumentalizados com mais conhecimento, os professores poderiam adquirir a segurança necessária para abordar a FMC.

(...) o Masterclass, como eu te falei, ele é uma oportunidade para os professores se aprimorarem nesse conteúdo e, além disso, é uma oportunidade assim... que ele não tem que enfrentar sozinho, né? Porque quando ele chega no Masterclass, ele não tem que dar palestra, ele não tem que dar nenhuma aula prévia pros alunos... então é uma coisa que ele pode fazer de uma maneira tranquila porque ele vai vivenciar o Masterclass junto com os alunos... só que ele vai poder aprender também... e espera-se que não seja a primeira vez que ele vai ter contato com esse assunto. E aí ele vai poder assimilar coisas que ele não assimilou anteriormente e depois do Masterclass, acredito que fica mais fácil de ele romper a barreira e poder trabalhar com esse assunto. E ver como que os professores lá do Masterclass dão suas palestras, o que eles abordam, a ênfase que eles dão... mostrar que não tem nada de matemática, de derivadas, integrais, de equações diferenciais, não tem nada disso. (...)

Especificamente no seu caso, Valentina afirma que participar do Masterclass ajudou a elucidar diversos pontos sobre a Física de partículas, visto que ela não cursou nenhuma disciplina que abordasse esse assunto durante a graduação.

Isso não significa, segundo Valentina, que simplesmente por ter participado de uma edição de Masterclass um professor estará apto a abordar a Física de partículas em suas aulas. Contudo, essa participação, a observação e a troca de experiências com os organizadores e os outros professores podem servir como incentivo (ou um pontapé inicial, em suas palavras) para que o professor busque mais informações com a finalidade de adquirir a confiança necessária para ensinar Física de partículas e outros temas relacionados à FMC:

Acho que o Masterclass, para o professor, traz essa, esse vislumbre, vamos dizer assim, nesse sentido... e pra ele próprio, né, aprender também, se motivar a olhar não só a Física de partículas, mas também outros temas da Física moderna, né? Então eu acho que é o pontapé inicial... pra quem nunca teve nada, ir participar do Masterclass é o pontapé inicial.

Outro benefício da participação no Masterclass que Valentina percebeu está ligado ao seu relacionamento com os alunos, que retornam mais motivados para o estudo da Física:

eu vejo que os alunos, eles... ficam mais abertos pra mim... eles se sentem muito mais motivados a estudar, não Física moderna, mas a estudar de uma forma geral pelo contato que eles têm com a universidade pública, com o instituto de Física... o contato que eles têm com outros estudantes de outras escolas... Então, assim, pra mim, nesse aspecto, eu vejo que é muito bacana que o Masterclass seja no início do ano porque eu vejo que eu tenho um ano diferenciado por conta da ida ao Masterclass.

Os elogios feitos pela professora ao evento não a impedem, no entanto, de enxergar alguns pontos a serem melhorados pela sua organização para que os estudantes tenham um aproveitamento melhor das atividades oferecidas. Segundo ela, a agenda do Masterclass se torna cansativa para os estudantes devido à duração e à quantidade de palestras. Mudar essa característica do evento, permitiria que os alunos aprendessem mais sobre os assuntos abordados.

Em 2015 Valentina também teve a oportunidade de participar da Oficina de Física de Partículas do SPRACE. Ela foi convidada por um dos organizadores para auxiliar na organização e atuar como tutora. Quanto à importância desse evento para os participantes, a sua opinião é semelhante àquela sobre o Masterclass:

Ah, sim, eu acho que é... para o professor, é essencial o workshop, acho que é muito legal porque, é como eu te falei, o próprio professor eu acho que nesse aspecto de Física de partículas, Física moderna, o professor se sente despreparado. Então, o workshop é uma formação que complementa né, e pode ajudá-lo. E você ter ali contato com os professores da universidade, com os pesquisadores da área de Física de partículas mesmo... Você ter contato com pessoas que estão na fronteira do conhecimento dessa área, eu acho que isso, para o professor do Ensino Médio, é fundamental. Então, o workshop, eu acredito que é uma chance de crescimento profissional muito interessante para o professor do Ensino Médio.

Atualmente Valentina segue no doutorado e tem planos de permanecer na docência, mas preferencialmente no ensino superior, em uma universidade que valorize a pesquisa, onde ela possa realizar seu sonho de ser pesquisadora.

4 A TRILHA DOS MIRANTES: REFERENCIAIS TEÓRICOS

Uma pesquisa acadêmica tem um percurso, um roteiro a ser seguido. Esse roteiro não é tão rígido que não admita algumas variações, mas ainda assim tem etapas que não podem ser puladas. Uma delas é a busca por referenciais teóricos que dão suporte ao trabalho. Podemos pensar nessa etapa do trabalho de pesquisa como algo parecido com um passeio por uma trilha cheia de mirantes: o que precisamos fazer é encontrá-los e apontar nossa vista ou nossas lentes para as belezas da natureza, focalizando aquilo que nos interessa. É possível que nossos interesses e experiências nos levem a observar, a partir desses mirantes, algum detalhe que até então não havia sido percebido pelos demais visitantes do parque. Pode ser também que alguém já tenha visto esse detalhe, mas simplesmente não se interessou por ele. Seja como for, para que nós e os demais visitantes do parque pudéssemos avistar a paisagem e focalizar algum detalhe, alguém precisou descobrir esses pontos de observação.

Da mesma forma, nenhum trabalho de pesquisa começa do zero. Existe sempre alguém que, mesmo que não tenha se debruçado sobre o mesmo problema que nos interessa, trilhou caminhos e descobriu pontos de observação de onde agora podemos contemplar a natureza, o comportamento humano, o funcionamento de uma máquina, de uma instituição e o que mais quisermos observar. Neste capítulo tentaremos expor as pesquisas e teorias que nos serviram de mirante (e de lentes) ao longo dessa pesquisa.

4.1. AS PESQUISAS SOBRE A FMC NO ENSINO MÉDIO

As pesquisas sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio tiveram início na década de 1970 mas se consolidaram e passaram a questionar o currículo escolar baseado apenas na Física clássica a partir da década de 1980 (SILVA, ARENGHI E LINO, 2013). No Brasil, a primeira grande revisão bibliográfica sobre o tema foi realizada por Ostermann e Moreira (2000). Os trabalhos analisados foram divididos em seis grandes grupos de acordo com os focos de pesquisa:

- Justificativas para a inserção de FMC no Ensino Médio;
- Questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC; estratégias de ensino e currículos;
- Concepções alternativas acerca de tópicos de FMC;
- Temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio;
- Propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem;
- Livros didáticos de Ensino Médio que incluem temas de FMC.

Os autores concluíram que até aquela data havia uma grande concentração de trabalhos que apresentavam temas da FMC como forma de divulgação ou bibliografia de consulta para professores, enquanto os trabalhos que estudavam concepções alternativas de professores e alunos sobre tópicos da FMC ou apresentavam propostas testadas em sala de aula apareciam em menor quantidade. De acordo com a conclusão dos autores, essa distribuição temática desigual dos trabalhos indicava uma necessidade de amadurecimento da pesquisa nessa área. Outra revisão bibliográfica da mesma época (GRECA E MOREIRA, 2001), sobre estudos relativos ao ensino de mecânica quântica introdutória, também ressaltou a escassez de trabalhos a respeito das concepções dos alunos sobre esse tema.

Posteriormente, Pereira e Ostermann (2009) realizaram uma nova revisão bibliográfica na qual foram analisados artigos publicados entre 2001 e 2006. Nesta revisão os artigos foram divididos em quatro grandes grupos:

- Propostas didáticas testadas em sala de aula;
- Levantamento de concepções de professores e alunos sobre temas da FMC;
- Bibliografia de consulta para professores e
- Análise curricular.

Foi constatado pelos autores que “apesar do notável aumento relativo de publicações sobre o ensino de FMC que apresentam resultados de pesquisa, a maioria dos artigos ainda se refere a bibliografia de consulta para professores” (PEREIRA E OSTERMANN, 2009, p.414).

Em uma revisão bibliográfica mais recente, Silva, Arenghi e Lino (2013) analisaram 29 trabalhos acadêmicos (4 teses e 25 dissertações) que investigavam a inserção da FMC no Ensino Médio e os categorizaram em função das justificativas apontadas pelos mesmos para o ensino da FMC na escola de nível médio. As justificativas foram agrupadas em quatro categorias:

- Compreensão das tecnologias da atualidade;
- Atualização curricular do Ensino Médio;
- Compreensão do processo de desenvolvimento da ciência através da quebra de paradigma provocada pela Física moderna e
- Compreensão e crítica das questões atuais que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Foi criado ainda um quinto grupo com outras justificativas que não se encaixaram em nenhuma das categorias anteriores.

É particularmente interessante o apontamento dos autores para o fato de que muitas pesquisas ainda utilizam como justificativa a necessidade de atualização do currículo de Física, apesar de documentos oficiais já ressaltarem a importância do ensino da FMC no Ensino Médio e de alguns tópicos da FMC já fazerem parte de alguns currículos escolares (caso do currículo do estado de São Paulo, por exemplo). Ainda de acordo com os autores, as justificativas pertencentes aos dois últimos grupos representam melhor as necessidades da educação atual, num contexto em que os documentos oficiais já ressaltam a necessidade de compreensão das novas tecnologias presentes no cotidiano dos alunos e que os currículos já foram (pelo menos em parte) atualizados.

Pode-se observar então, a partir dessas revisões bibliográficas, que a pesquisa sobre o ensino da FMC no Ensino Médio tem crescido, amadurecido e se diversificado ao longo dos anos. Mesmo assim não se pode afirmar que o ensino de tópicos da FMC está consolidado no Ensino Médio. Devemos lembrar que entre a pesquisa e a prática, entre o currículo escrito e a sala de aula situa-se o professor (com suas condições de trabalho muitas vezes inadequadas, nos mais variados contextos sociais, sofrendo pressões por resultados, com formação deficitária ou sem formação na área específica que ensina, etc.), que é quem levará a cabo qualquer inovação planejada e por isso deve ter papel de destaque em qualquer reforma educacional.

Pode-se dizer até que “o sucesso ou fracasso de uma reforma pode ser entendido a partir da real relevância que foi dada aos professores” (SIQUEIRA, 2012, p.17).

Parece-nos claro que a atualização curricular não pode prescindir de um esforço para a compreensão sobre como os professores aprendem, como suas práticas mudam ao longo do tempo, como eles se apropriam das inovações propostas e quais são os fatores determinantes para que eles implementem as mudanças desejadas. Além disso, a atualização curricular do Ensino Médio demanda uma atualização da própria formação inicial e continuada do professorado. Nas palavras de Ostermann e Moreira (2001), “como queremos atualizar o currículo de Física das escolas de Nível Médio se não viabilizamos a atualização da própria formação inicial do professor?” (p.146). “Não basta estruturar cuidadosa e fundamentadamente um currículo se o professor não receber um preparo adequado para aplicá-lo.” (CARVALHO E GIL-PEREZ, 2011, p.10). Conforme já foi citado na introdução deste trabalho, Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) também afirmam a necessidade de uma renovação nos cursos de licenciatura e na formação continuada dos professores, que são os atores principais dessa inovação curricular. Por isso, recentemente, estão surgindo cada vez mais trabalhos a respeito dos professores em situações de inovação curricular, como os de Rocha (2011) e Siqueira (2012).

Para compreendermos melhor as relações entre a formação dos professores, os seus saberes, suas crenças e a inovação curricular, buscamos também alguns referenciais teóricos sobre a formação de professores e os saberes docentes, baseando-nos principalmente nos trabalhos de Shulman e Tardif.

4.2. SABERES DOCENTES E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Se quisermos que as reformas curriculares que promovam inovações no ensino cheguem efetivamente às salas de aula, há que se fazer um grande esforço para se compreender

[...] como os professores aprendem a ensinar; o que os professores sabem; como seu conhecimento é adquirido; como isso muda com o tempo; e que processos provocam mudanças nas práticas individuais dos professores, bem como mudanças profundas e duradouras nas salas de aula de ciências. (DAVIS, 2003, p.5)

Essa necessidade de se levar em consideração os saberes dos professores e como eles são construídos ou modificados ao se pensar em uma reforma curricular ou na implementação de novidades nas salas de aula reside em um fato incontestável:

enquanto grupo social, e em virtude das próprias funções que exercem, os professores ocupam uma posição estratégica no interior das relações complexas que unem as sociedades contemporâneas aos saberes que elas produzem e mobilizam com diversos fins. (TARDIF, 2014; p.33)

Ou seja, os professores exercem um papel fundamental para a disseminação dos saberes sociais através da escolarização e se quisermos que os avanços da ciência (como as teorias que compõem a Física moderna e contemporânea) cheguem às salas de aula, o professorado deve ser envolvido nesse projeto, pois em última instância são os professores que levarão esses conhecimentos para as salas de aula (DAVIS, 2003).

Contudo, ao pensarmos na função dos professores nesse processo, também devemos ter o cuidado de não reduzir a função dos mesmos à mera transmissão de conhecimentos prontos. Não se pode enxergar os professores como meros mensageiros dos avanços científicos, pois no exercício da prática docente o professor mobiliza e produz diferentes saberes. Como afirma Tardif (2014), “pode-se definir o saber docente como um saber plural, formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais” (p.36).

Shulman (1986), propondo-se a categorizar os diferentes saberes dos professores, dividiu-os em três categorias distintas: o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK ou pedagogical content knowledge, em inglês) e o conhecimento curricular.

O conhecimento do conteúdo, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, não se restringe ao conhecimento das teorias relativas à disciplina lecionada pelo professor. Mais do que isso, o conhecimento do conteúdo está relacionado ao fato de que

Os professores não devem apenas ser capazes de definir para os alunos as verdades aceitas em um domínio. Eles também devem ser capazes de explicar por que uma determinada proposição é considerada justificada, por que vale a pena conhecê-la e como ela se articula com outras proposições, tanto dentro quanto fora da disciplina, tanto na teoria quanto na prática. [...] O professor precisa não apenas entender *que* algo é assim; o professor precisa, mais do que isso, entender *por que* é assim [...]. Além disso,

esperamos que o professor entenda por que um determinado tópico é particularmente central em uma disciplina, enquanto outro pode ser periférico. (SHULMAN, 1986, p.9, destaques do autor)

Já o conhecimento pedagógico do conteúdo está relacionado às formas de se abordar o mesmo: trata-se de conhecer quais são as melhores representações, analogias, explicações, exemplos e demonstrações para se ensinar um determinado tópico. Ou seja, o PCK está relacionado “às formas de representar e formular um assunto que o tornam compreensível aos outros” (SHULMAN, 1986, p.9). Esse conhecimento também é o que permite ao professor adaptar o assunto e a forma de ensiná-lo em função do seu público, dos conhecimentos prévios de seus alunos, das suas concepções alternativas sobre aquele tema e das condições nas quais o ensino se desenvolve.

Finalmente, o conhecimento curricular está relacionado a fatores que cercam o ensino no contexto escolar, ao domínio dos materiais e dos programas curriculares, que servem como ferramentas de trabalho para o professor. O conhecimento curricular permite, por exemplo, que o professor lance mão de métodos, materiais, tecnologias e conceitos alternativos para o ensino de um determinado tópico quando os alunos encontram dificuldades, ou que ele relacione o assunto abordado com outros tópicos que são, foram ou serão abordados em outras aulas ou outras etapas da escolarização.

Já Tardif (2014), adota outra forma de classificação dos saberes docentes. Segundo o autor, esse conjunto de saberes engloba aqueles que são oriundos da formação profissional, os saberes disciplinares, saberes curriculares e saberes experienciais ou práticos.

Os saberes oriundos da formação profissional são aqueles adquiridos ao longo da formação (inicial e contínua) dos professores, transmitidos pelas instituições responsáveis por essa formação. Eles incluem conhecimentos relacionados às ciências da educação, produzidos e transmitidos principalmente por pesquisadores e teóricos de forma vertical, obedecendo “uma lógica da divisão do trabalho entre produtores de saber e executores ou técnicos” (TARDIF, 2014, p.37). Articulados com as ciências da educação, também são transmitidos ao longo da formação dos professores os saberes pedagógicos. Estes saberes surgem da reflexão sobre a prática educativa e acabam sendo incorporados à formação docente, “fornecendo, por

um lado, um arcabouço ideológico à profissão e, por outro, algumas formas de saber-fazer e algumas técnicas” (ibid., p.37).

Os saberes disciplinares, que não fazem parte daqueles produzidos pelas ciências da educação ou a partir da reflexão sobre a ação educativa, também são transmitidos durante os cursos de formação inicial e contínua, mas por meio de disciplinas distintas daquelas voltadas exclusivamente para a formação dos professores. “Os saberes das disciplinas emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes” (ibid., p.38).

Quanto aos saberes curriculares, estes são construídos ao longo da carreira docente (e não durante a formação). Esses saberes estão relacionados à forma como a escola organiza e apresenta os saberes classificados por ela como dignos de serem transmitidos dentro da instituição escolar.

Os saberes experienciais ou práticos, finalmente, são construídos pelos professores no exercício de suas funções. Esses saberes são ao mesmo tempo produzidos e validados na experiência docente, incorporando-se às práticas individuais e coletivas dos professores na forma de um saber-ser e saber-fazer.

Resumindo, Tardif (2014) afirma que

Em suma, o professor ideal é alguém que deve conhecer sua matéria, sua disciplina e seu programa, além de possuir certos conhecimentos relativos às ciências da educação e à pedagogia e desenvolver um saber prático baseado em sua experiência cotidiana com os alunos (ibid., p.39)

Seja na visão de Shulman ou na de Tardif, é importante percebermos a pluralidade dos saberes envolvidos na atividade docente e dos recursos mobilizados pelos professores no exercício de suas funções. Assim, se desejamos que a atualização curricular seja levada a cabo em sala de aula pelos professores, devemos levar em conta essa diversidade inerente às práticas educativas. Esperar que ocorra na prática uma mudança efetiva no ensino de Física com a simples atualização dos programas escolares significaria ignorar essa pluralidade. Mais do que isso, significa enxergar o professor como um técnico que tem apenas a função de utilizar ferramentas pedagógicas concebidas por especialistas para transmitir aos alunos um conhecimento pronto, pré-definido, contido em uma lista de tópicos (o currículo escrito) também elaborada por especialistas. Essa visão positivista e tecnicista do

trabalho docente, que já foi citada anteriormente, faz parte da chamada racionalidade técnica.

Apesar das diversas críticas ao modelo da racionalidade técnica (SILVESTRE E PLACCO, 2011; MELLADO JIMÉNEZ, 2001) e da incompatibilidade entre o mesmo e a diversidade dos saberes docentes nas visões de Shulman (1986) e Tardif (2014), ela ainda tem servido de pressuposto teórico na estruturação de cursos de formação inicial de professores de Física, nos quais podemos observar diversas marcas da mesma (SILVESTRE E PLACCO, 2011; MONTEIRO, NARDI E BASTOS FILHO, 2012; ARAÚJO E ZAGO, 2016). A formação do professor baseada na racionalidade técnica não favorece o desenvolvimento da autonomia do professor, que é tão necessária para que este promova inovações no ensino.

Outra característica que pode ser vista como um empecilho à inovação curricular são as crenças dos professores sobre a educação. Essas crenças traduzem a forma como o professor enxerga a própria atividade, o papel da escola e dos alunos, sua capacidade de influenciar o rendimento dos estudantes, o seu papel dentro da instituição escolar e tudo o mais que permeia as atividades educacionais. Essas crenças são construídas ao longo de toda a vida do professor, desde a sua época de estudante e por isso mesmo, são estáveis e formam um núcleo duro resistente às mudanças necessárias para que ocorra uma inovação curricular (SIQUEIRA, 2012).

A importância de levarmos essas crenças em consideração reside no fato de que os professores (assim como todos os seres humanos) tendem a reproduzir esquemas mais ou menos estáveis, nos quais se sentem seguros e que eles julgam ser eficientes. Isso dificulta a inovação na medida em que ela tira o professor da sua zona de conforto.

Dada a complexidade da atividade docente, a diversidade dos saberes mobilizados pelos professores e a estabilidade das crenças dos professores a respeito do ensino, podemos ter uma ideia das dificuldades que se impõem sobre um processo de inovação curricular. No entanto, há um conjunto de crenças específicas mais maleáveis (ou menos estáveis) que parece ser determinante nesse processo e vem sendo explorado por diversos pesquisadores: o conjunto das crenças de autoeficácia dos professores.

4.3. CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA

À medida que este trabalho se desenvolveu e ficou mais claro que deveriam ser investigadas as razões que levam os professores a ensinar ou evitar a Física de partículas em suas aulas, surgiu também a necessidade de um referencial teórico que desse suporte à análise dessas questões de caráter psicológico. Nas palavras de Bzuneck (2008),

sem uma teoria psicológica como referencial, uma pesquisa, por exemplo, sobre a motivação de alunos ou professores não passará de uma exploração, por vezes até necessária em uma certa contingência, mas de difícil interpretação. (p. 11)

Foi assim que chegamos à Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura, que se baseia no princípio da agência¹⁷ para explicar o comportamento humano.

4.3.1. A origem da Teoria Social Cognitiva

Albert Bandura (nascido em 1925 no Canadá) teve sua formação fortemente influenciada pelas teorias behavioristas, que eram predominantes à época. De acordo com essas teorias a aprendizagem só ocorre por meio de respostas a estímulos ambientais, ou seja, pela experiência direta. Bandura discordava das teorizações behavioristas e acreditava que o aprendizado ocorre em grande parte pela observação e pela modelação social, sem que haja necessariamente uma resposta do indivíduo aos estímulos do meio. Segundo ele,

[...] era difícil imaginar uma cultura cuja língua, moral, costumes e práticas familiares, competências ocupacionais e práticas educacionais, religiosas e políticas fossem moldadas gradualmente em cada novo membro pelas consequências reforçadoras e punitivas de seus comportamentos de tentativa e erro. Esse processo tedioso e potencialmente perigoso, no qual os erros têm um custo elevado, era encurtado pela modelação social. (Bandura, 2008, p.16)

A importância da modelação social já havia sido reconhecida por John Dollard e Neal Miller, autores do trabalho intitulado *Social Learning and Imitation* (1941), obra

¹⁷ Agência significa a capacidade que um indivíduo possui de se planejar, prever resultados e, por vontade própria, “influenciar o próprio funcionamento e as circunstâncias de vida de modo intencional” (Bandura, 2008, p. 15)

com a qual Bandura teve contato e que exerceu alguma influência sobre suas ideias. No entanto, para Dollard e Miller, os modelos mentais criados a partir da observação serviam apenas como um padrão para que o observador executasse respostas por imitação. Bandura viria a discordar deste ponto.

Em 1957, Bandura iniciou um programa de pesquisas na universidade de Stanford sobre a agressividade em crianças e adolescentes, onde concluiu que até mesmo as crianças eram capazes de aprender comportamentos agressivos apenas pela observação, independentemente de colocarem em prática o comportamento aprendido, ou seja, sem a necessidade de executarem uma resposta por imitação. Para que o comportamento aprendido fosse colocado em prática, Bandura percebeu que era necessária uma motivação. Esse resultado reforçou a crença de Bandura na importância da modelação social para aprendizagem de comportamentos além de mostrar que a aprendizagem poderia ocorrer independentemente da resposta do indivíduo. Em 1963, junto com Richard Walters, ele publicou *Social learning and personality development*, trabalho no qual é delineada a base da sua teoria da aprendizagem social, mais tarde renomeada como teoria social cognitiva.

A teoria da aprendizagem social de Bandura se opõe à ideia do ser humano como organismo simplesmente reativo, bem como à ideia de que o seu comportamento é moldado apenas por fatores que fogem ao seu controle. Segundo o autor, "a mente humana é produtiva, criativa, proativa e reflexiva, e não apenas reativa." (BANDURA, 2008b, p.72).

Na teoria social cognitiva de Bandura (1986), os indivíduos são auto-organizados, proativos, auto-reflexivos e auto-regulados, em vez de organismos reativos que são moldados e orientados por forças ambientais ou movidos por impulsos interiores encobertos. O pensamento humano e a ação são considerados produtos de uma inter-relação dinâmica entre influências pessoais, comportamentais e ambientais (PAJARES e OLAZ, 2008, p.98)

Essa inter-relação dinâmica entre influências pessoais, comportamentais e ambientais é chamada por Bandura de *determinismo recíproco* ou *interação recíproca triádica*. Além dos fatores ambientais e de impulsos biológicos e evolutivos, o próprio comportamento dos indivíduos aparece como fator capaz de influenciar as demais variáveis e os comportamentos futuros. A imagem abaixo ilustra esquematicamente a interação recíproca triádica defendida por Bandura.

Figura 1 – Interação Recíproca Triádica

Fonte: PAJARES E OLAZ, 2008 (p. 98)

Operando dentro desse esquema de interação triádica, a agência humana possui quatro características básicas: intencionalidade, antecipação, autorreatividade e autorreflexão (Bandura, 2008). Isso significa que os sujeitos elaboram estratégias e planejam suas ações com o objetivo de concretizar as suas intenções (intencionalidade) e são capazes de antever as consequências de suas ações, estabelecer metas para si próprios e se motivarem, orientando seus comportamentos por projeções do futuro (antecipação). Além disso, os indivíduos monitoram seus próprios atos e se autorregulam (autorreatividade) para que suas ações produzam “satisfação e um sentido de amor próprio, abstendo-se de atos que levem à autocensura” (Bandura, 2008, p.15). Por fim, as pessoas possuem a capacidade meta-cognitiva de avaliar suas próprias ações, motivações e valores (autorreflexão).

Bandura também diferencia três modos diferentes de agência humana: as agências pessoal, delegada e coletiva. Ou seja, os indivíduos podem tomar decisões e agir de modo a obter os resultados por eles desejados, podem tentar persuadir a outras pessoas (que estejam em uma posição mais favorável) para que ajam a seu favor ou podem agir colaborativamente para alcançar objetivos compartilhados.

4.3.2. As crenças de autoeficácia

Na década de 1970, enquanto estudava o tratamento de fobias (mais especificamente a fobia a cobras), Bandura percebeu que as crenças que um indivíduo possui nas próprias capacidades de estabelecer planos de ação e executar

uma determinada tarefa de forma satisfatória desempenhavam um importante papel nas mudanças do comportamento humano. Essas crenças, chamadas pelo autor de “crenças de autoeficácia”, passaram a desempenhar um papel central na teoria da aprendizagem social de Bandura (rebatizada nessa época como “teoria social cognitiva”) e no estudo dos mecanismos de motivação humana. Nas palavras de Bandura (2008),

As crenças de eficácia são a base da agência humana. A menos que as pessoas acreditem que podem produzir os resultados que desejam e prevenir os resultados prejudiciais por meio de seus atos, elas terão pouco incentivo para agir ou perseverar frente a dificuldades. (p. 78)

As crenças de autoeficácia permeiam a vida de todos os seres humanos. Elas influenciam nossas decisões sobre engajarmo-nos ou não em atividades desafiadoras, perseguirmos objetivos, termos resiliência e perseverar frente a obstáculos ou, ao contrário, evitarmos situações potencialmente ameaçadoras, furtando-nos a encarar desafios e assim evitarmos frustrações, sentimentos negativos e autocensura.

Como as crenças de autoeficácia de um indivíduo em relação a uma determinada tarefa são construídas com base nas interpretações do sujeito sobre as suas capacidades e suas realizações anteriores (entre outros fatores), pessoas com habilidades ou capacidades semelhantes podem apresentar níveis bem distintos de crenças de autoeficácia e isso pode ser determinante em suas decisões sobre enfrentar situações desafiadoras ou evitá-las.

É importante ressaltar, no entanto, que crença de autoeficácia (ou expectativa de eficácia) não é a mesma coisa que expectativa de resultado (Bandura, 1977).

Uma expectativa de resultado é definida como a estimativa de uma pessoa de que determinado comportamento conduzirá a determinados resultados. Uma expectativa de eficácia é a convicção de que se pode executar com êxito o comportamento necessário para produzir os resultados. As expectativas de resultados e de eficácia são diferenciadas, pois os indivíduos podem acreditar que um determinado curso de ação produzirá determinados resultados, mas se eles nutrirem sérias dúvidas sobre se poderão realizar as atividades necessárias, tais informações não influenciam seu comportamento. (p.194, tradução nossa)

Deixar clara essa distinção é importante porque, como veremos mais adiante, a diferenciação entre esses dois conceitos teve papel central nas discussões sobre as dimensões das crenças de eficácia dos professores.

4.3.2.1. Autoeficácia coletiva

Dado que a agência humana também ocorre de forma coletiva, as crenças de eficácia também apresentam uma dimensão social. Além das crenças em suas próprias capacidades de se estabelecer planos de ação e executar uma determinada tarefa, as pessoas possuem crenças sobre as capacidades de grupos aos quais pertencem. Estas são chamadas de crenças de eficácia coletiva. Tais crenças, apesar de serem coletivas, têm seus lócus nos indivíduos participantes do grupo (não em uma consciência coletiva emergente do mesmo) e, por dizerem respeito à capacidade coletiva, podem concordar ou divergir das crenças de autoeficácia pessoais de cada membro.

Grupos formados por indivíduos com elevadas crenças de autoeficácia podem apresentar baixos níveis de eficácia coletiva, assim como o contrário também pode ocorrer. A título de exemplo, podemos pensar em um jogador de futebol consagrado individualmente e com alta crença de eficácia pessoal. Esse mesmo atleta, devido a problemas de relacionamento ou à adoção de táticas inadequadas pela comissão técnica de seu time, pode apresentar um nível baixo de eficácia coletiva em relação à sua equipe. Em oposição, um jogador com baixo nível de crenças de autoeficácia pessoal pode apresentar uma elevada crença de eficácia coletiva por acreditar na capacidade do seu time como um todo.

4.3.2.2. As fontes das crenças de autoeficácia

As crenças de autoeficácia são construídas com base em informações fornecidas por quatro fontes distintas: experiências de domínio, experiências vicárias, persuasões sociais e estados emocionais e fisiológicos (Bandura, 1977).

As experiências de domínio (interpretação dos resultados de experiências pessoais anteriores) são a fonte de maior peso na construção das crenças de autoeficácia. Ao longo da vida as pessoas interpretam seus desempenhos e os resultados obtidos nas atividades das quais participam e, com base nessas interpretações, constroem suas crenças de autoeficácia.

Enquanto os desempenhos e resultados interpretados como bem-sucedidos produzem um incremento nas crenças de eficácia, aqueles interpretados como fracassos produzem o efeito contrário.

Essa interpretação dos resultados como bem ou mal sucedidos, no entanto, depende de diversos fatores. Como afirmam PAJARES e OLAZ (2008), “as experiências de domínio são apenas dados brutos, e muitos fatores influenciam a maneira como tais informações são processadas cognitivamente e afetam a auto avaliação do indivíduo” (p.104).

As experiências vicárias vêm da observação do desempenho de outras pessoas ao realizarem a mesma tarefa ou tarefas semelhantes à qual se referem as crenças. A observação de outra pessoa logrando sucesso em uma tarefa pode surtir um efeito positivo nas crenças de eficácia ao passo que fracassos alheios podem produzir efeitos negativos. As experiências vicárias são menos influentes sobre as crenças de autoeficácia que as experiências de domínio, mas na ausência destas, ganham grande relevância. De acordo com Bandura (1977),

A experiência vicária, baseada nas inferências da comparação social, é uma fonte menos confiável de informações sobre as capacidades do que a evidência direta de realizações pessoais. Consequentemente, as expectativas de eficácia induzidas apenas pela modelação tendem a ser mais fracas e mais vulneráveis à mudança. (p.197, tradução nossa)

É importante perceber que essas experiências também podem ter maior ou menor peso dependendo dos modelos observados. Quando a atividade à qual se referem as crenças de eficácia é realizada com êxito por diversos modelos distintos, o efeito da modelação se mostra mais forte do que nos casos em que um único modelo é observado (Bandura, ibidem). Além disso, quanto mais parecido com o modelo o indivíduo se considerar, maior será o efeito da modelação. Consideremos, por exemplo, um professor de ciências que pretende ensinar tópicos de cosmologia aos seus alunos. Assistir um vídeo de um físico consagrado, laureado com o prêmio Nobel

de Física, proferindo uma palestra sobre cosmologia provavelmente terá um efeito menor sobre as crenças de autoeficácia deste professor do que os resultados animadores obtidos por colegas de profissão que trabalham na mesma escola ao tentarem realizar a mesma tarefa. Isto é, “a experiência vicária é particularmente poderosa quando observadores enxergam semelhanças em alguns atributos e acreditam que o desempenho do modelo é diagnóstico de sua própria capacidade” (Pajares e Olaz, 2008, p.104).

As persuasões sociais são resultantes das interações sociais do indivíduo, incluindo os julgamentos que os outros explicitam sobre as suas ações.

As pessoas são levadas, através de sugestões, a acreditarem que podem lidar com sucesso com o que as oprimiu no passado. As expectativas de eficácia induzidas desta maneira também são provavelmente mais fracas do que aquelas que surgem das próprias realizações, pois elas não fornecem uma base experiencial autêntica. (Bandura, 1977, p.198, tradução nossa)

Além da baixa efetividade da persuasão social em promover sozinha as crenças de eficácia de um indivíduo, Pajares e Olaz (2008) afirmam que “geralmente é mais fácil enfraquecer crenças de autoeficácia por meio de avaliações negativas do que fortalecer tais crenças por meio de encorajamentos positivos” (p.105).

Finalmente, os estados emocionais e fisiológicos tais como ansiedade, humor e estresse também podem afetar as crenças de autoeficácia dos sujeitos. As reações Físicas e emocionais experimentadas por alguém que se vê diante de uma tarefa desafiadora, bem como as sensações e estados emocionais experimentados em tarefas semelhantes anteriores podem afetar as crenças de autoeficácia do indivíduo. Essa influência pode ser tanto positiva quanto negativa, elevando ou diminuindo as crenças de autoeficácia do indivíduo. O que determina o efeito do estado físico e emocional sobre as crenças de autoeficácia de uma pessoa pode ser o tipo de reação Física (como estresse ou excitação) ou a interpretação que o sujeito atribui àquela reação. A ansiedade que um sujeito sente ao imaginar ou planejar uma ação, por exemplo, pode ser interpretada de forma positiva ou negativa, produzindo efeitos opostos sobre as suas crenças de autoeficácia.

4.3.2.3. A Teoria Social Cognitiva Aplicada à Educação

Ashton (1984), Dembo e Gibson (1985) e Bzuneck (2000) apontam que as primeiras pesquisas sobre as motivações dos professores que utilizaram o conceito de crenças de eficácia foram conduzidas na década de 1970 e começaram a ganhar maior relevância a partir dos trabalhos¹⁸ de Armor *et al* (1976) e Berman *et al* (1977).

Parte dessas pesquisas iniciais (incluindo as de Armor e Berman) utilizava como referencial a teoria da aprendizagem social de Rotter (1966). Essa teoria, derivada de teorias behavioristas, associa as mudanças de comportamento de um indivíduo provocadas por um reforço ou recompensa que segue um determinado comportamento, às causas que o indivíduo atribui a tais recompensas.

O efeito de um reforço após algum comportamento por parte de um sujeito, em outras palavras, não é automático, mas depende se a pessoa percebe ou não uma relação causal entre seu próprio comportamento e a recompensa. (Rotter, 1966, p.1, tradução nossa¹⁹)

Indivíduos que interpretam uma resposta positiva a uma ação como uma consequência dos seus comportamentos (lócus de controle interno) tendem a repetir tais comportamentos. Em oposição, indivíduos que atribuem causas externas ou eventuais aos resultados de uma ação (lócus de controle externo) têm menor incentivo para repetir o comportamento que levou a esse resultado. O lócus de controle exerce na teoria de Rotter um papel semelhante ao exercido pelas crenças de autoeficácia na teoria de Bandura. Nas pesquisas que usavam a teoria de Rotter como referencial, o senso de eficácia dos professores é definido como “o quanto os professores acreditam que eles ou elas possuem a capacidade de produzir um efeito no aprendizado dos alunos” (Armor et Al., 1976, p.23, tradução nossa).

¹⁸ Esses trabalhos são comumente citados fazendo-se referência à Rand Corporation (<https://www.rand.org>), instituição de pesquisa para a qual os autores trabalhavam. Desta forma, utilizaremos neste trabalho os nomes “Rand 1” e “Rand 2” como referência aos dois itens presentes no questionário utilizado nessas pesquisas.

¹⁹ No texto original: “The effect of a reinforcement following some behavior on the part of a human subject, in other words, is not a simple stamping-in process but depends upon whether or not the person perceives a causal relationship between his own behavior and the reward”. Nesta frase o termo “stamping-in process” refere-se ao ato de se associar um determinado comportamento a uma recompensa. De acordo com teorias behavioristas anteriores a Rotter, essa associação tende a produzir comportamentos semelhantes no sujeito como resultado da recompensa independentemente da causa atribuída pelo sujeito à recompensa.

Para medir as crenças de eficácia dos professores, Armor *et al* (1976) e Berman *et al* (1977) utilizaram um questionário composto por duas questões com respostas numa escala do tipo Likert. A primeira afirmação (à qual nos referiremos como Rand 1) era a seguinte: “No final das contas, um professor não pode fazer muito – a motivação e o aprendizado dos alunos ou das alunas dependem do ambiente familiar dos mesmos” (tradução nossa). Já a segunda afirmação (Rand 2), apresentava o texto: “Se eu realmente me esforçar, posso obter bons resultados até mesmo com os alunos mais difíceis ou desmotivados” (tradução nossa).

Esses estudos levaram os pesquisadores à conclusão de que o senso de eficácia dos professores exercia uma influência significativa sobre o desenvolvimento da leitura dos alunos (Armor *et al*, 1976), bem como sobre o alcance de metas e a continuidade de programas educacionais federais em escolas dos Estados Unidos (Berman *et al*, 1977). O questionário utilizado para a medição das crenças de eficácia dos professores nessas pesquisas acabou servindo de base para diversos trabalhos e instrumentos de pesquisa posteriores.

Ashton, Webb e Doda (1983) foram pioneiros na utilização da teoria social cognitiva de Bandura como referencial para o estudo das crenças de eficácia dos professores. Eles aplicaram o mesmo questionário das pesquisas supracitadas a professores atuantes em diferentes níveis de ensino nos Estados Unidos. A análise dos dados obtidos nesse estudo mostrou que as respostas dadas pelos professores aos dois itens do questionário (Rand 1 e Rand 2) apresentavam baixa correlação, isto é, apresentavam alto grau de independência entre si. Essa constatação levou os autores a proporem um modelo multidimensional hierarquicamente organizado para o estudo das crenças de eficácia dos professores.

De acordo com esse modelo as crenças de eficácia dos professores possuem duas dimensões: a *crença na eficácia do ensino em geral* e a *crença de eficácia pessoal no ensino*.

A *crença na eficácia do ensino em geral* corresponde, segundo os autores, ao que Bandura havia chamado de *expectativa de resultados*. Essa dimensão das crenças de eficácia reflete as crenças dos professores sobre a relação entre ensino e aprendizagem - a capacidade dos professores (de forma geral) para motivar e produzir efeitos positivos sobre a aprendizagem dos alunos. Sujeitos com baixa crença de eficácia geral no ensino tendem a subestimar a influência dos professores (e da escola

como um todo) sobre a aprendizagem dos alunos. Já os indivíduos com elevada crença na eficácia do ensino em geral tendem a acreditar que os professores possuem maior capacidade de motivar os estudantes e exercer uma influência positiva na aprendizagem dos mesmos. Desta forma, Ashton, Webb e Doda (ibid.) afirmaram que as respostas ao primeiro item do questionário (Rand 1) estavam associadas a (ou eram determinadas por) essa dimensão das crenças de eficácia dos professores.

A *crença de eficácia pessoal no ensino*, por sua vez, reflete a crença do professor em sua própria capacidade de produzir efeitos positivos na aprendizagem dos alunos e corresponde ao que, na teoria social cognitiva, Bandura (1977) chamou de expectativas de eficácia. Um professor com alto nível de crença de eficácia pessoal no ensino é aquele que acredita que pode, ele próprio, exercer uma influência positiva no aprendizado dos alunos. De acordo com Ashton, Webb e Doda (ibid.), essa dimensão da crença de eficácia dos professores era refletida nas respostas dadas ao segundo item do questionário (Rand 2). Por ser mais específica, a *eficácia pessoal no ensino* é a melhor preditora de comportamento dos professores em sala de aula e do relacionamento destes com os alunos.

Dada a independência entre as duas dimensões (crenças de eficácia no ensino em geral e crenças de eficácia pessoal no ensino), são possíveis diferentes combinações das mesmas. Um professor pode apresentar alto nível de crenças de eficácia no ensino em geral mesmo tendo um nível baixo de crenças de eficácia pessoal. Também há professores com um alto nível de crenças de eficácia pessoal mesmo apresentando um baixo nível de eficácia no ensino em geral e, é claro, professores que apresentam níveis semelhantes de eficácia geral e pessoal, sejam esses níveis altos ou baixos.

Esse modelo multidimensional proposto por Ashton, Webb e Doda (ibid.) foi adotado por Gibson e Dembo (1984) que, também baseados nas pesquisas de Armor et al (1976) e Berman et al (1977), desenvolveram e utilizaram um questionário mais amplo, com trinta itens, para medir as crenças de eficácia dos professores. Os resultados dessa pesquisa levaram os autores a concordarem que as duas dimensões propostas por Ashton, Webb e Doda (1983) correspondiam às expectativas de resultado e de eficácia às quais Bandura (1977) havia se referido. Segundo Gibson e Dembo (1984),

[...] todos os itens incluídos no fator 1 [que representa a crença de eficácia pessoal dos professores] refletem o senso de responsabilidade pessoal dos professores sobre o aprendizado e/ou comportamento dos alunos e correspondem à dimensão da autoeficácia de Bandura. [...] O segundo fator [que representa a crença de eficácia geral no ensino] claramente corresponde à dimensão da expectativa de resultados de Bandura (p.573-574, tradução nossa).

Essa associação entre as dimensões da eficácia dos professores e a teoria social cognitiva de Bandura seria criticada posteriormente por Woolfolk e Hoy (1990). De acordo com esses autores, a incongruência da associação encontra-se no fato de que, diferentemente do que propuseram Ashton, Webb e Doda (1983) e Gibson e Dembo (1984), a eficácia geral no ensino não corresponderia à noção de expectativa de resultados encontrada no trabalho de Bandura:

Para Bandura, uma expectativa de resultado é um julgamento das consequências prováveis de uma ação, enquanto uma expectativa de eficácia é um julgamento sobre a capacidade de realizar uma ação. A questão de saber se os professores podem superar os efeitos de influências externas adversas (Rand 1) é uma expectativa de eficácia, não uma expectativa de resultado, porque envolve o potencial para realizar. Neste caso a expectativa de eficácia está relacionada com as crenças sobre os professores em geral, não consigo mesmo como professor. (WOOLFOLK E HOY, 1990, p.82, tradução nossa)

Guskey e Passaro (1994) também fizeram críticas às dimensões propostas por Ashton e seus colaboradores. A aplicação de um questionário elaborado a partir daquele utilizado por Dembo e Gibson (1984), mas com afirmações redigidas de forma diferente, levou esses autores a constatarem que a eficácia dos professores de fato apresenta duas dimensões relativamente independentes. No entanto, eles não encontraram evidências de que a distinção entre as duas dimensões estivesse relacionada às crenças na capacidade pessoal ou geral dos professores em influenciar o aprendizado dos alunos. Ao invés disso, os resultados da pesquisa “indicaram que a diferença residia em uma distinção interna versus externa, similar à distinção de *locus* de controle encontrada em medidas de atribuição causal” (Guskey e Passaro, 1994, p.637), retomando as ideias da teoria da aprendizagem social de Rotter.

A despeito dessas críticas, diversas pesquisas posteriores seguiram e ainda seguem utilizando o modelo multidimensional de Ashton, Webb e Doda (1983) no estudo das crenças de eficácia dos professores. Dados a independência entre essas

dimensões das crenças de eficácia dos professores e os objetivos deste trabalho, também adotaremos esta distinção entre as crenças de eficácia geral e pessoal. Contudo, compreendemos a dimensão da eficácia geral da mesma forma que Woolfolk e Hoy (1990): não correspondendo àquilo que Bandura chamou de expectativa de resultados, mas sim de eficácia. Além disso, voltaremos nosso foco prioritariamente para a dimensão pessoal que, como já afirmamos no capítulo 4, é a melhor preditora do comportamento dos professores.

4.3.2.4. Efeitos das crenças de autoeficácia dos professores

Bandura (1989) afirma que as crenças de autoeficácia têm o poder de moldar o comportamento dos indivíduos e, conseqüentemente, elevadas crenças de autoeficácia podem trazer diversos benefícios a um sujeito:

- Quanto mais elevadas forem as crenças de autoeficácia de um indivíduo, mais desafiadoras serão as metas que ele estabelecerá para si próprio e maior será o seu comprometimento com o cumprimento dessas metas. Metas mais desafiadoras também exercem um efeito positivo sobre a motivação e a performance dos indivíduos.

- As crenças de autoeficácia de um indivíduo determinam seu nível de motivação, quanto esforço ele dispenderá em busca de um objetivo e quanto ele perseverará frente a obstáculos. Quanto mais robustas forem suas crenças em suas capacidades, maiores e mais persistentes serão os seus esforços.

- As crenças de autoeficácia afetam a capacidade dos indivíduos de suportar estresse, tensões e depressão quando eles enfrentam situações difíceis ou ameaçadoras. Elas serão importantes até mesmo para definir a forma como esses indivíduos interpretarão cada situação (como ameaçadoras ou não).

E no caso específico dos professores? Quais são os efeitos e as conseqüências das crenças de autoeficácia sobre o trabalho docente?

Bzuneck (2000) apresentou uma amostra de resultados de pesquisas sobre as crenças de eficácia de alunos e professores, realizadas durante as décadas de 1980

e 1990. Esses resultados foram categorizados por ele de acordo com os efeitos das crenças de eficácia sobre o ensino:

- 1) Professores com crenças de autoeficácia mais elevadas parecem ser mais comprometidos com o ensino, mais dispostos a permanecer na carreira docente e tendem a ser avaliados como mais competentes por seus supervisores;
- 2) As crenças de autoeficácia dos professores se relacionam positivamente com a disposição para inovar no ensino e adotar novas práticas em sala de aula;
- 3) Professores com crenças de eficácia pessoal mais elevadas se mostraram mais convictos de que os procedimentos de remediação, no que se refere aos alunos portadores de problemas de aprendizado ou de disciplina, dependem principalmente do próprio professor e não de fatores externos;
- 4) Professores com elevadas crenças de eficácia pessoal apresentam maior probabilidade de construírem um ambiente favorável à aprendizagem, mais democrático, onde os alunos são mais ativos e têm rendimento melhor em matemática e linguagem;
- 5) As crenças de autoeficácia dos alunos em relação à aprendizagem de matemática parecem ser influenciadas pelas crenças de eficácia pessoal dos seus professores.
- 6) Professores de ciências com baixas crenças de eficácia enraizadas em fracassos dos mesmos ainda como estudantes tendem a tratar as matérias de forma mais superficial e apresentar baixo nível de envolvimento nas tarefas de ensino.
- 7) Professores com crenças de eficácia mais elevadas parecem ser menos susceptíveis ao estresse e esgotamento. Além disso, eles tendem a lidar de forma mais eficaz com situações estressantes e se relacionar de forma mais positiva com seus colegas, corpo administrativo e pais de alunos.
- 8) Estudantes futuros professores com elevados senso de eficácia pessoal e no ensino em geral adotam ideologias de controle mais humanísticas com

seus alunos. Além disso, há uma tendência entre aqueles com maior crença de eficácia no ensino a serem menos burocráticos.

Resumindo, Bzuneck (2000) diz que

Em síntese, altas crenças de eficácia dos professores apareceram relacionadas com: (a) melhor desempenho dos alunos, em diversas disciplinas focalizadas; (b) incrementos das crenças de autoeficácia dos próprios alunos, consideradas como variável determinante de sua motivação; e (c) a adoção de estratégias mais adequadas de lidar com os alunos, especialmente com alunos-problema. E, inversamente, professores com percepções mais baixas de autoeficácia caracterizaram-se por uma tendência de evitar atividades e até de planejá-las, quando as consideravam acima de suas capacidades; eram menos persistentes no trato com alunos portadores de dificuldades e se mostravam menos dispostos a inovações (p.123)

Em trabalho mais recente, voltado especificamente para a relação entre as crenças de autoeficácia dos professores e a inserção da FMC no Ensino Médio Rocha (2014) conclui que professores com elevadas crenças de autoeficácia “são sim mais propensos a trabalhar com FMC” (p.162). No mesmo trabalho o autor reflete que seria interessante que cursos de formação continuada para professores levassem em consideração e se preocupassem, além das questões disciplinares e pedagógicas, com as crenças de autoeficácia dos participantes. Essa reflexão vai ao encontro da conclusão de um trabalho anterior (ROCHA E RICARDO, 2011) segundo a qual os níveis de crença de autoeficácia dos professores, no que se refere ao ensino da FMC, estão diretamente relacionados à forma como esse tema é abordado durante a formação dos mesmos.

Todas as referências apresentadas nesse capítulo reforçaram a nossa convicção sobre a relevância de considerar as crenças de autoeficácia dos professores entre os elementos necessários para estudar e compreender processos que possam promover inovações no ensino de ciências.

Esses processos obviamente incluem a melhoria da formação dos professores, tanto inicial como continuada. Mas nesse estudo, estamos interessados, sobretudo, em entender como professores que já estão na ativa são influenciados em suas crenças de autoeficácia pela participação em uma atividade específica de divulgação científica (DC).

Sem a intenção de afirmar que a DC tem como objetivo a melhoria do ensino de ciências, a promoção de inovações curriculares ou a formação continuada de

professores, partimos da hipótese de que de forma indireta ou mesmo não intencional, a DC pode contribuir para esses processos.

O papel educacional da DC e sua possível relação com a escola no contexto específico de visitas a laboratórios científicos é uma questão levantada por Watanabe e Kawamura (2015), que defendem “a ideia da necessidade do reconhecimento de perspectivas educacionais mais amplas para a escola, de modo a construir ações de DC que possam articular e enriquecer a compreensão social da atividade científica”. (p.212)

Neste trabalho voltamos nossa atenção para um evento de DC (o Masterclass) para alunos e professores do Ensino Médio, organizado por cientistas pesquisadores da área de Física de altas energias, e outro evento, associado ao primeiro, voltado para professores do ensino básico (a Oficina de Física de Partículas). O conhecimento específico discutido é, em grande parte, desconhecido da maioria dos professores e alunos da educação básica. Como acontece com a maior parte das atividades de DC, um dos potenciais do evento é despertar o interesse do público e motivá-lo para o estudo da Física de partículas.

Pode-se dizer que esses eventos são um convite para que seus participantes conheçam a Física de altas energias. Mas o que faz com que alguns professores adiram a essa ideia e mobilizem recursos para levar adiante o convite que recebem, enquanto outros o abandonam? O conceito de convite adotado por Franzoni (2003) parece ser de grande valia nesse contexto, pois para esta autora “os convites docentes parecem ter o potencial de transformar uma motivação externa numa motivação interna, abrindo espaço para uma experiência de aprendizagem” (2003, p.4). Voltando à teoria social cognitiva de Bandura e às pesquisas sobre as crenças de autoeficácia dos professores, essas crenças parecem ser um dos fatores relevantes para o aceite desse convite.

5 MONTANDO O ÁLBUM DE FOTOGRAFIAS: ANÁLISE E CONCLUSÕES

Neste capítulo pretendemos juntar as peças que fazem parte deste quebra-cabeça que é a pesquisa acadêmica, dar sentido ao todo e compreender a imagem formada (aquilo que ela nos revela e também o que ela nos instiga a buscar daqui em diante). Voltando à analogia da trilha dos mirantes, este é o momento de montarmos o álbum de fotografias após o passeio para então refletirmos sobre o que poderia existir além de onde nossa vista alcançou.

O primeiro passo dessa análise consiste na retomada de alguns elementos dos referenciais teóricos que nos permitam analisar de forma qualitativa as crenças de autoeficácia dos sujeitos de pesquisa (Henrique e Valentina) em relação à atividade docente.

Para fazer essa análise, nos apoiamos nas características dos professores com elevados níveis de crenças de autoeficácia apontados por Bzuneck (2000). Utilizamos algumas dessas características como descritores de altos níveis de crenças de autoeficácia e construímos, para cada um desses descritores, um conjunto de indicadores, ou seja, elementos que indiquem a existência dessas características nas práticas dos professores. Finalmente, buscamos esses indicadores nos dados construídos a partir das entrevistas realizadas com os sujeitos de pesquisa.

Em um segundo movimento de análise, buscaremos interpretar a partir das falas dos professores, os sentidos atribuídos pelos mesmos à participação nos eventos estudados. Nosso objetivo nessa etapa da análise é compreender como os professores se apropriam das atividades e qual importância atribuem aos eventos.

Finalmente, baseados nessas análises, buscaremos uma conclusão possível para o trabalho e refletiremos sobre as suas limitações, as questões já existentes que permaneceram em aberto e aquelas que surgem a partir deste trabalho.

5.1 AS CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA DE HENRIQUE E VALENTINA

As crenças de autoeficácia, que são elementos centrais da teoria social cognitiva de Bandura e das quais tratamos no capítulo anterior, podem fornecer informações sobre a forma como os professores enxergam o ensino de Física (e mais especificamente o ensino da Física de partículas) e também sobre o quão capazes de lograr êxito nessa tarefa eles se sentem.

Analisar as crenças de autoeficácia desses professores é importante por dois motivos principais: porque eles representam exemplos de professores que aceitaram (ou estão aceitando) o desafio de abordar a Física moderna em suas aulas e porque ao compararmos essa análise com os sentidos atribuídos pelos mesmos aos eventos que estudamos poderemos avaliar as possíveis influências das participações nesses eventos sobre essas crenças.

É importante lembrarmos também que as crenças de autoeficácia não são traços de personalidade globais dos sujeitos. Elas são orientadas a tarefas específicas. Desta forma, para estudar as crenças de autoeficácia dos professores, devemos olhar como eles se relacionam com tarefas específicas ligadas à atividade docente. O caminho que escolhemos para essa análise foi buscar nos dados construídos sobre cada professor a presença ou ausência de características de professores com elevadas crenças de autoeficácia.

Bzuneck (2000), revisando diversas pesquisas sobre as crenças de autoeficácia dos professores, apontou as seguintes características como pertencentes aos professores com elevadas crenças de autoeficácia:

- elevado nível de comprometimento com o ensino;
- disposição para inovar e adotar novas práticas em sala de aula;
- convicção de que os procedimentos de remediação de problemas de aprendizagem e indisciplina dependem mais do professor do que de elementos externos;
- propensão à construção de um ambiente favorável à aprendizagem.

Além disso, as pesquisas de Bzuneck (2000) mostraram que professores com baixos níveis de crenças de autoeficácia devido a fracassos ocorridos enquanto os

mesmos ainda eram alunos tendem a se envolver menos em atividades pedagógicas e tratar a disciplina de forma mais superficial, que quanto maiores os níveis de autoeficácia de um professor, menos susceptível ao estresse e esgotamento ele será e, finalmente, que existe uma relação direta entre as crenças de autoeficácia dos professores e a tendência dos mesmos adotarem uma ideologia de controle mais humanística com seus alunos.

Baseados nessas características e nos dados que emergem das narrativas apresentadas no capítulo 3, construímos quatro descritores de elevadas crenças de autoeficácia: o comprometimento com o ensino, a disponibilidade para a inovação, o investimento na criação de um ambiente favorável à aprendizagem e a susceptibilidade a fatores de estresse. Acreditamos que estes sejam os indicadores que melhor se adequam aos dados obtidos e que eles formam um conjunto suficiente para a avaliação qualitativa das crenças de autoeficácia dos sujeitos de pesquisa em relação à docência. Em seguida, refletimos sobre quais seriam os principais indicadores para cada um desses descritores e chegamos ao conjunto sintetizado no quadro abaixo:

Quadro 1 – Descritores e indicadores de elevados níveis de crenças de autoeficácia.

Descritor	Indicadores
Comprometimento com o ensino	O professor demonstra comprometimento com o ensino ao <ul style="list-style-type: none"> - engajar-se em atividades didáticas; - buscar formação complementar; - persistir na profissão docente, apesar de eventuais dificuldades; - buscar e apresentar soluções para os problemas encontrados na escola; - valorizar a profissão docente.
Disponibilidade para a inovação	O professor demonstra disponibilidade para a inovação ao <ul style="list-style-type: none"> - propor e desenvolver atividades extras em sua escola; - acatar mudanças curriculares; - Incluir em suas aulas conteúdos não previstos no currículo escrito; - Utilizar novas tecnologias e/ou metodologias didáticas em sala de aula; - valorizar práticas inovadoras que ocorrem na sua escola ou em outras escolas;
Investimento na criação de um ambiente favorável à aprendizagem	O professor demonstra investir na criação de um ambiente favorável à aprendizagem quando <ul style="list-style-type: none"> - Incentiva a participação dos alunos em suas aulas; - Abre espaço para que os alunos expressem suas opiniões e sugestões sobre a disciplina e o andamento das aulas; - valoriza o conhecimento prévio dos alunos ou informações obtidas por eles em outros meios e trazidas durante as aulas; - mostra-se consciente de não ser a única fonte de saber na sala de aula;

Susceptibilidade a fatores de estresse	<p>O professor se mostra menos susceptível a fatores de estresse quando</p> <ul style="list-style-type: none"> - O professor se sente capaz de atenuar os fatores de estresse - O professor atribui o estresse a fatores que fogem ao seu controle - O professor consegue encontrar mecanismos para lidar com essas situações e minimizá-las
--	---

Com esse conjunto descritores e indicadores analisamos as crenças de autoeficácia dos sujeitos de pesquisa conforme apresentamos nos próximos tópicos.

5.1.1 Comprometimento com o ensino

O professor Henrique foi escolhido como um dos sujeitos de pesquisa por trabalhar em uma escola pública, por ser um dos recordistas em participações no Masterclass, ter participado da Oficina de Física de Partículas do SPRACE e pela sua experiência no ensino de FMC, inclusive a Física das partículas elementares. Já Valentina, foi selecionada por ser uma professora jovem da rede privada de ensino, que havia participado tanto do Masterclass quanto da Oficina de Física de Partículas do SPRACE e por estar dando os primeiros passos em direção ao ensino da Física de partículas e de outros tópicos de FMC. Apesar dos obstáculos impostos pelas características das escolas onde leciona, mostrava-se convicta da importância de se ensinar esses tópicos no Ensino Médio. Algo muito interessante que pudemos observar no caso de Valentina, dado o intervalo transcorrido entre as duas entrevistas, foi o fato de ela ter conseguido, nesse intervalo, começar a ministrar aulas sobre a Física de partículas, mostrando que ela se encontrava exatamente no processo pelo qual nos interessamos.

Enquanto a história de Henrique sugere uma certa linearidade, a narrativa sobre Valentina se mostrou interessante pelas constantes idas e voltas e pelas incertezas enfrentadas ao longo de sua formação quanto aos meios para alcançar seus objetivos, apesar destes objetivos terem se mostrados estáveis ao longo desse tortuoso caminho.

A primeira característica que chama a atenção na história de Henrique é a sua versatilidade e disposição para se engajar em novos projetos. Além de lecionar Física

e Química, Henrique começou sua carreira como professor, trabalhou no setor de tecnologia da delegacia de ensino de sua cidade, participou de projetos de formação de professores e assim que foram implantadas as novas escolas de tempo integral no estado de São Paulo, retornou à sala de aula. Apesar das mudanças na sua carreira, ele sempre esteve envolvido em atividades relacionadas à docência ou voltadas para a escola. Enquanto professor, Henrique nunca deixou de buscar formação adicional ou de investir na sua carreira, utilizando até mesmo seu tempo de férias para realizar visitas e planejar atividades didáticas como revela uma de suas falas:

eu sempre investi muito... por conta própria, eu visito o planetário nessa época de férias pra depois levar os alunos... quase todo ano, desde que eu voltei, que eu tô nessa escola de tempo integral, cinco anos já, eu levo uma vez por ano os alunos ou em algum museu ou em algum espaço ligado à ciência e tecnologia... então assim, ao longo do ano, eu sempre tenho me engajado em algum tipo de curso.

A importância dada por Henrique à busca por formação continuada também pode ser observada em outros dois momentos da narrativa: o primeiro é aquele em que ele expressa a satisfação por ter incentivado a participação de uma colega de trabalho na Oficina do SPRACE e no Masterclass e por ter percebido um resultado positivo dessa participação; o segundo é aquele em que ele expressa a sua vontade de dividir a sua experiência com professores que não tiveram a oportunidade de participar desses eventos, organizando encontros regionais nos moldes de outros dos quais ele já participou. Ou seja, seu comprometimento com a docência estende-se aos outros professores e não se limita à sua própria formação.

Desde que retornou à docência na escola de tempo integral, Henrique aproveitou a oportunidade de utilizar o período vespertino para desenvolver novas atividades pedagógicas e lecionar astronomia e outros tópicos não cobertos pela grade curricular da escola em disciplinas eletivas. Além disso, nesse período ele nunca deixou de participar do Masterclass com seus alunos.

Todas essas características aliadas aos seus planos futuros, que parecem ser voltados para a docência e para o seu desenvolvimento profissional, e até mesmo à sua preocupação com o desenvolvimento de outros professores, podem ser interpretados como indicadores de um alto nível de comprometimento com o ensino.

Apesar da docência não ter sido a primeira opção de Valentina e parecer ter entrado em sua vida quase ao acaso como uma alternativa estratégica e

economicamente viável durante a graduação, servindo talvez um meio para chegar à carreira de pesquisadora, ela também se mostra comprometida com a profissão, enfrentando as suas dificuldades e persistindo na carreira. Como ela própria afirma, sua entrada na docência foi “de paraquedas” e teve várias dificuldades, mas também a encantou com as questões que são características da sala de aula. Mesmo tendo demorado a se decidir definitivamente pela licenciatura, assim que tomou a decisão, Valentina passou a investir na sua formação como professora.

Ao contrário de Henrique, ela nunca trabalhou em escolas públicas e, conseqüentemente, não segue a mesma grade curricular das escolas estaduais, onde a Física de partículas figura entre os tópicos previstos para o terceiro ano do Ensino Médio. Valentina percebe a lógica comercial que se impõe às escolas particulares, que pautam seus currículos em avaliações externas, vestibulares e o ENEM, e é crítica a essa lógica. No entanto, ela não se acomodou a essa situação e tenta remediá-la propondo atividades extras.

Outra situação relatada que mostra a não passividade de Valentina frente às limitações da escola é aquela relacionada ao uso da plataforma digital Kahn Academy para ajudar os alunos que estão com dificuldades e não encontram na escola aulas de recuperação. Essa iniciativa mostra claramente que a professora não se deixa limitar pela estrutura imposta pela escola e busca constantemente alternativas para garantir o aprendizado de seus alunos.

Dados o engajamento em atividades didáticas, a constante busca por formação, persistência na profissão mesmo nos momentos de maiores dificuldades e a busca por soluções para as limitações impostas pelas escolas onde trabalha, podemos afirmar que Valentina demonstra elevado nível de comprometimento com o ensino.

5.1.2 Disponibilidade para a inovação

Outro descritor de elevados níveis de crenças de autoeficácia muito presente nas narrativas de ambos os professores é a disposição para a inovação de ambos. Vejamos antes o caso de Valentina: primeiramente, por trabalhar em escolas particulares com currículos tradicionais que contemplam apenas a Física clássica, a participação no Masterclass com seus alunos já representa por si só uma ação inovadora. Essa característica se torna ainda mais evidente à medida que Valentina consegue incluir algumas aulas sobre a Física de partículas no seu planejamento e ministra-las não só para os alunos participantes do Masterclass, mas para todos os alunos daquela turma. O fato da entrevista ter acontecido em dois momentos cronologicamente distintos acabou se mostrando interessante por nos permitir observar Valentina em duas situações também distintas: uma na qual ela ainda não havia conseguido abordar a Física de partículas em sala de aula apesar do desejo de fazê-lo e outra na qual esse desejo já havia se concretizado.

O uso da plataforma Khan Academy para ajudar os alunos com dificuldades de aprendizagem, além de demonstrar o comprometimento de Valentina com o aprendizado de seus alunos e com a docência, também mostra a sua disposição para a inovação. Ela não se deixou limitar pela estrutura encontrada na escola e foi em busca de alternativas com o auxílio da tecnologia.

Henrique pode ser descrito como um entusiasta da inovação curricular que não só acatou de imediato as mudanças que ocorreram no currículo do estado de São Paulo, mas foi além e chegou a reescrever uma das situações de aprendizagem. Desde o início da sua carreira docente, muito antes da Física de partículas aparecer no currículo oficial do estado de São Paulo, Henrique já buscava abordar esse e outros assuntos relacionados à FMC em suas aulas, o que pode ser ilustrado pelo relato sobre o trabalho a respeito dos modelos atômicos que ele pediu para seus alunos fazerem, incluindo “os [modelos] mais estranhos possíveis, que nem apareciam no currículo”.

A abordagem de assuntos como a astronomia nas disciplinas eletivas ministradas por ele na escola de tempo integral e o desejo manifesto de organizar

encontros regionais sobre a Física de partículas também nos permitem afirmar que Henrique apresenta atitudes inovadoras.

5.1.3 Investimento na criação de um ambiente favorável à aprendizagem

Sobre a postura em sala de aula ou frente aos questionamentos dos alunos, Henrique se mostra muito consciente da importância de valorizar os conhecimentos dos estudantes e não se colocar como único detentor de conhecimento, não tendo medo de ser confrontado com perguntas para as quais talvez não tenha a resposta. Em suas palavras,

Outra dificuldade que o professor muitas vezes tem é a questão dele não estar aberto, não estar aberto pra expor dúvidas pros alunos, né? Que é aquela visão do professor como suma sapiência ali, né? É que ele tem toda sabedoria contida e não é assim. Quando você vai pra astronomia, quando você vai pra Física moderna, consequentemente, vai aparecer alguma dúvida em algum momento, porque o aluno ele vai trazer notícias que são extremamente atuais... você tá falando de um assunto e o aluno “Ah, eu vi ontem no jornal, eu vi essa semana que uma partícula apareceu, uma partícula nova”, então muitas vezes eles trazem isso, e muitas vezes alguns professores não se sentem à vontade com essa situação, né?

Dessa crítica, podemos inferir que Henrique não só aceita, mas valoriza a participação de seus alunos, mesmo que eles tenham dúvidas ou tragam informações a respeito de assuntos que ele não domine. Mais do que isso, ele demonstra a consciência de não ter todas as respostas e da necessidade de constante atualização.

Outro ponto da narrativa de Henrique que mostra a abertura dada por ele à participação dos estudantes é aquele em que ele fala da atuação dos alunos que ele leva ao Masterclass como multiplicadores do conhecimento na escola. Essa visão do professor sobre a atuação dos alunos como auxiliares e multiplicadores do conhecimento na escola revela um comportamento democrático e não centralizador na gestão da sala de aula. Ao permitir que os alunos participem do processo de ensino, o professor demonstra realmente rejeitar a ideia de ser detentor único do saber, fonte de todo o conhecimento e da verdade.

Já em relação a Valentina, o fato da professora incentivar a colaboração entre os estudantes mostra claramente que ela valoriza as vozes e os saberes dos mesmos,

que acabam participando ativamente das aulas, dividindo seus conhecimentos com seus colegas.

Eu agora to tentando incentivar o trabalho colaborativo. Eu to usando a Física como um meio para que os alunos além de aprenderem Física, eles aprendam a trabalhar em colaboração com os outros, ajudar os outros, esse tipo de coisa.

Essa é claramente uma atitude de uma professora que busca criar um ambiente favorável à aprendizagem, uma vez que professores centralizadores, que buscam se colocar perante os alunos como únicos detentores de conhecimento não delegam a seus alunos a oportunidade de auxiliar aqueles que encontram maiores dificuldades.

Outro episódio que mostra a abertura dada pela professora aos seus alunos é aquele em que ela relata ter organizado uma palestra sobre o terraplanismo com a ajuda de um professor universitário. A ideia de levar os estudantes à universidade para uma palestra sobre o assunto surgiu, segundo Valentina, de comentários realizados pelos próprios estudantes. Mais uma vez, podemos afirmar que ela ouviu as vozes de seus alunos e utilizou-as de forma construtiva, propondo uma atividade que os colocou em contato com outro universo: o da universidade.

Assim, apesar de não contarmos com observações diretas das atuações de Henrique e Valentina em suas escolas, suas falas apontam para a valorização do conhecimento dos alunos além de uma postura voltada para a promoção de um ambiente democrático e aberto às dúvidas e à participação dos alunos em sala de aula.

5.1.4 Susceptibilidade a fatores de estresse

Finalmente, quanto à susceptibilidade às situações estressantes relacionadas ao trabalho, Henrique afirma encontrar poucas situações causadoras de estresse na sala de aula, visto que os casos de indisciplina são raros (devido principalmente à possibilidade de haver maior proximidade entre professores e alunos em uma escola de tempo integral) e ele mantém uma boa relação com o corpo gestor (coordenação e direção). A inferência de que Henrique mantém uma boa relação com seus colegas

de trabalho, coordenação e direção surge justamente da sua afirmação de que nas ocasiões em que enfrenta problemas em sala de aula, ele se apoia no grupo.

O fato de Henrique afirmar que as principais causas de estresse na profissão docente são fatores extraescolares como a desvalorização da profissão e da instituição escolar pode ser interpretado como uma atribuição das causas do estresse a fatores externos e fora do seu controle, enquanto os fatores internos, nos quais ele pode interferir, parecem ser facilmente controlados.

No caso de Valentina, há duas passagens de sua narrativa que nos ajudam a compreender a forma com a qual ela lida com as situações estressantes. A primeira se refere ao machismo percebido pela professora no ambiente de trabalho. Apesar de ser uma condição imposta sobre cujas causas ela não tem controle, ainda assim Valentina se sente capaz de superá-la com seu trabalho e com a busca por formação e aprimoramento, mostrando que pode ser tão capaz quanto (ou mais que) os demais professores.

A segunda situação que ilustra a forma como a professora lida com situações estressantes é aquela em que ela relata a sua estratégia para tratar a indisciplina em sala de aula. Ao tentar remediar tais casos conscientizando os alunos sobre a importância de se valorizar os estudos e evitar retirá-los de sala de aula, Valentina mostra claramente que se sente capaz de lidar com essas situações, além de demonstrar o quanto ela própria valoriza a educação. Dessa forma, pela maneira de encarar e lidar com situações estressantes, podemos afirmar que Valentina tem uma postura positiva, de enfrentamento e sentimento de capacidade de resolução frente às mesmas, o que certamente diminui a sua susceptibilidade ao esgotamento.

Assim, podemos afirmar que encontramos nas histórias de Henrique e Valentina diversos indicadores dos descritores de elevada crença de autoeficácia e podemos classificar como elevados os níveis de crenças de autoeficácia pessoal de ambos em relação ao exercício da profissão docente, o que é compatível com o perfil de professores que aceitam desafios, engajam-se em novas atividades e ajudam a promover inovações no ensino de Física.

Apesar de termos focado essa análise nas crenças de eficácia pessoais (ou de autoeficácia) de Henrique e Valentina, as narrativas e as falas de ambos também nos fornecem algumas pistas sobre suas crenças de eficácia geral no ensino. Partindo da

conclusão de Woolfolk e Hoy (1990) de que as crenças de eficácia geral no ensino de um professor estão relacionadas com suas crenças sobre os professores em geral e não consigo mesmo como professor, consideramos que, contrastando com suas elevadas crenças de autoeficácia (ou eficácia pessoal), as crenças de eficácia geral quanto ao ensino de FMC tanto de Henrique quanto Valentina apresentam níveis reduzidos. Essa conclusão está baseada no fato de ambos acreditarem que a maioria dos professores, incluindo alguns colegas de trabalho, não está preparada para abordar a Física de partículas ou outros tópicos de FMC em suas aulas devido a uma formação inicial deficitária, à falta de conhecimento sobre a matéria ou à falta de conhecimento sobre como abordá-la no Ensino Médio.

É importante ressaltar também que não há nenhuma contradição no fato das crenças de eficácia geral e pessoal de Henrique e Valentina apresentarem níveis distintos. Como ressaltamos no capítulo 4, essas crenças são independentes e podem se combinar de todas as formas possíveis.

5.2 OS EVENTOS NA VISÃO DOS PROFESSORES: SENTIDOS ATRIBUÍDOS

Quando um artista pinta um quadro, compõe uma música, escreve uma poesia ou constrói qualquer outra forma de arte, certamente existe uma intencionalidade por trás do ato de pintar, compor, escrever ou qualquer que seja a ação que dá vida a essa obra.

A obra de arte nasce em um determinado contexto e tem um significado para quem a criou. No entanto, após sua criação e divulgação, ela adquire o potencial de ser interpretada de diferentes formas e causar diferentes sensações em quem a ela tiver acesso. O artista deixa de ter controle sobre o impacto de sua obra. Um evento de divulgação científica realizado em um instituto de pesquisa não é uma obra de arte, mas pode ter características semelhantes. Um evento como o Masterclass, por exemplo, necessita de planejamento e organização para acontecer. Os organizadores (o SPRACE, nesse caso) têm uma visão própria sobre o evento e o moldam em função dos objetivos que traçam para o mesmo, que talvez já não sejam os mesmos objetivos que foram imaginados por seus idealizadores (o IPPOG). No entanto, os participantes do evento possuem objetivos próprios, enxergam o evento sob o filtro de suas

experiências e de suas histórias e revestem o evento de significados que podem diferir daqueles imaginados pelos organizadores e idealizadores.

O significado dado ao evento por um participante não altera o objetivo traçado pelo organizador, mas influenciará a forma pela qual ele irá se apropriar da sua experiência e as possíveis consequências dessa experiência para ele.

Tanto na narrativa de Henrique quanto na de Valentina, nos parece claro que ambos atribuem três características principais tanto ao Masterclass quanto à Oficina de Física de Partículas: formativa, de instrumentalização e motivacional. A primeira característica (de formação) está associada à aprendizagem do tema abordado pelos eventos (ou pelo menos ao contato com esse tema, visto que não há nenhuma avaliação que nos permita afirmar que os professores participantes de fato aprendem algo sobre a Física de partículas). A segunda característica (de instrumentalização) está associada ao contato com diferentes formas de abordagem do assunto em sala de aula ou com instrumentos (tais como atividades didáticas, jogos, experimentos, etc.) que facilitem essa abordagem. A terceira característica está relacionada ao encorajamento ou ganho de confiança por parte dos professores para que possam incluir a Física de partículas em suas aulas ou ao menos iniciar um processo que os leve a isso. Cabe ressaltar que a terceira característica, a motivacional, aparece como uma consequência das duas primeiras.

Vejamos inicialmente o caso de Valentina, que afirma que

[...] o Masterclass, [...] é uma oportunidade para os professores se aprimorem nesse conteúdo e, além disso, é uma oportunidade que ele [o professor] não tem que enfrentar sozinho, né? Porque quando ele chega no Masterclass, ele não tem que dar palestra, ele não tem que dar nenhuma aula prévia pros alunos... então é uma coisa que ele pode fazer de uma maneira tranquila porque ele vai vivenciar o Masterclass junto com os alunos. Só que ele vai poder aprender também e espera-se que não seja a primeira vez que ele vai ter contato com esse assunto. E aí ele vai poder assimilar coisas que ele não assimilou anteriormente [...]

Essa fala deixa clara a visão de Valentina sobre o Masterclass como uma oportunidade para que os professores aprimorem seus conhecimentos sobre o assunto, ou seja, ressalta o potencial formativo que ela enxerga no evento. A sequência dessa fala de Valentina, que também consideramos de grande relevância, além de ressaltar o caráter de instrumentalização do evento, mostra que a professora

acredita que a participação no mesmo pode dar maior confiança aos professores para posteriormente abordarem esse assunto em sala de aula:

[...] e depois do Masterclass, acredito que fica mais fácil de ele romper a barreira e poder trabalhar com esse assunto. E ver como que os professores lá do Masterclass dão suas palestras, o que eles abordam, a ênfase que eles dão... mostrar que não tem nada de matemática, de derivadas, integrais, de equações diferenciais, não tem nada disso. [...]

Assim, podemos afirmar que, na visão de Valentina, a participação dos professores no Masterclass tem o potencial de prover conhecimento específico a respeito da Física de partículas, muni-los de métodos e recursos para abordar o assunto em sala de aula e de motivá-los a fazê-lo, além de servir como um incentivo para a realização de novos investimentos em formação.

[...] pra ele próprio, né, aprender também, se motivar a olhar não só a Física de partículas, mas também outros temas da Física moderna, né? Então eu acho que é o pontapé inicial... pra quem nunca teve nada, ir participar do Masterclass é o pontapé inicial.

Referindo-se à sua própria experiência, Valentina ressalta a importância do Masterclass como fonte de inspiração e de recursos para abordar a Física de partículas:

Pra mim não foi o pontapé inicial porque eu já tive a chance de ter esse contato, de alguma forma, na graduação... através do PIBID, através dessas atividades... então eu tive esse contato, então pra mim não foi bem um pontapé inicial, mas foi uma ajuda muito grande no crescimento pessoal no sentido de ver como fazer. Acho que o difícil é a gente entender como que a gente vai fazer isso, como vai levar esse assunto, de que maneira abordar... hoje, a grande questão que paira no ar é justamente essa: como abordar esses temas no Ensino Médio e em que momento.

Já a respeito do papel da Oficina (workshop) de Física de partículas nesse processo de formação e motivação dos professores, Valentina afirma que

para o professor, é essencial o workshop. Acho que é muito legal porque, é como eu te falei, o próprio professor eu acho que nesse aspecto de Física de partículas, Física moderna, o professor se sente despreparado. Então, o workshop é uma formação que complementa e pode ajudá-lo [...] Então, o workshop é assim, eu acredito que é uma chance de crescimento profissional muito interessante pro professor do Ensino Médio.

Sentidos semelhantes parecem ser atribuídos pelo professor Henrique aos dois eventos. A característica formativa atribuída ao Masterclass fica clara à medida que ele afirma textualmente que encara o Masterclass como uma formação complementar:

Ah, eu acho que é uma formação complementar. A gente vê no Masterclass ano a ano que tem sempre essa preocupação de incorporar novos professores né, eu vejo assim. Como eu fui em quase todos, assim... na Unesp eu fui em todos, eu acho, [...] você vê que também tá sempre chegando gente nova e isso é muito bom pro professor porque tem muito professor que não teve essa oportunidade na graduação. Ou se ele teve na graduação, ele teve um negócio extremamente acadêmico, muito fechado.

A última parte dessa fala já deixa transparecer também o sentido de instrumentalização atribuído por Henrique ao evento à medida que ele contrapõe o contato que o professor tem com a Física de partículas no Masterclass à formação que ele possa ter tido na universidade, classificada por Henrique como muito “acadêmica”, “fechada” ou pouco preocupada com a transposição didática para o Ensino Médio.

Essa atribuição de significado fica ainda mais nítida se olharmos as respostas de Henrique aos questionários respondidos durante a Oficina e o Masterclass 2016. Em uma pergunta sobre as possíveis contribuições de eventos pontuais como o Masterclass para o ensino da Física de partículas no Ensino Médio, Henrique respondeu que acredita que a participação em tais eventos pode “ampliar nosso conhecimento, apresentar novas propostas didáticas, motivar [...]”. Nessa resposta, em apenas uma frase, é possível observar as três características: formativa, de instrumentalização e motivacional.

Já a respeito da Oficina de Física de Partículas, Henrique afirma que considera que suas principais contribuições para os professores estão relacionadas à formação e à troca de experiências. Em suas palavras, “você acaba trocando experiência com outros colegas de uma maneira bem mais efetiva”. Também consideramos muito significativo o relato de Henrique sobre a experiência de sua colega de trabalho, que não demonstrava confiança para participar do Masterclass com seus alunos, receosa de deixar transparecer sua falta de conhecimentos sobre a Física de partículas, mas que após a participação na Oficina de Física de Partículas passou a se mostrar mais confiante e acabou por participar do Masterclass seguinte (2016):

Olha, eu acho, pra mim, assim o que foi bem legal [da Oficina] é que eu pude levar comigo uma outra professora aqui da minha escola. (...) No Masterclass do ano anterior, eu tinha convidado pra ir e ela acabava que nunca... assim... não ia. Acho que era um pouco de insegurança: “ah, vou chegar com aluno, vai que o aluno me pergunte alguma coisa”, então tinha essa dificuldade. Como a gente acabou indo antes [na Oficina] e era um grupo só de professores, isso acabou dando mais segurança pra que ela pudesse ir depois no Masterclass comigo. Foi a parte legal. (...) Eu acho que deu mais

segurança pra ela tratar [esse assunto na escola]. Vamos ver agora esse ano, como ela tá agora na regência do terceiro ano e vai chegar o momento da Física de partículas. Mas eu acho que deu mais segurança porque, por exemplo, ela já chegou e já colocou a tabela de partículas (...) no laboratório. Os alunos perguntam e ela já tem mais autonomia em falar, então achei que ajudou sim.

Desta forma, podemos afirmar que assim como Valentina, Henrique atribui as três características citadas anteriormente aos dois eventos: formativa, de instrumentalização e motivacional.

Finalizando esta análise, consideramos interessante o fato das narrativas mostrarem que apesar de Henrique e Valentina serem professores de gerações diferentes, que chegaram à docência por caminhos distintos e construíram ou estão construindo carreiras diferentes, há diversos pontos em comum nas formas como cada um interpreta e dá significado às suas experiências. Além disso, as atuações em escolas com características diferentes (pública no caso de Henrique e privadas no caso de Valentina), levam cada um a enfrentar dificuldades diferentes no que se refere ao ensino da Física de partículas. Como exemplo, vale lembrar que as escolas onde Valentina leciona não incluem a Física de partículas no conteúdo programático, ao contrário das escolas estaduais. Mesmo assim, os dois conseguiram superar as adversidades encontradas e de alguma forma incluíram a Física das partículas elementares entre os tópicos que abordam com seus alunos. Por isso, suas histórias merecem ser contadas e analisadas.

6 CONCLUSÕES SOBRE O QUE VIMOS E REFLEXÕES SOBRE O QUE PODE HAVER ALÉM DE ONDE A VISTA ALCANÇOU

Tendo em conta a análise realizada no capítulo anterior sobre as crenças de autoeficácia dos sujeitos de pesquisa e os sentidos atribuídos por eles às suas participações no Masterclass e na Oficina de Física de Partículas do SPRACE, sentimo-nos agora em condições de olhar para trás (ou para o nosso álbum de fotografias) e elaborar conclusões a respeito do potencial desses eventos para mobilizar os professores em relação ao ensino da Física de partículas e outros tópicos da FMC.

Conforme já foi discutido no capítulo 4, as crenças de autoeficácia dos professores estão diretamente relacionadas às suas propensões a promover inovações no ensino, inclusive no que se refere à abordagem de tópicos de FMC. Assim, para avaliarmos a potencial contribuição dos eventos estudados para o ensino da Física de partículas, optamos por analisar os efeitos da participação nos mesmos sobre as crenças de autoeficácia dos professores.

Essa correlação positiva entre as crenças de autoeficácia e a propensão à inovação no ensino pôde ser observada na primeira etapa da análise, quando caracterizamos as crenças de autoeficácia de Henrique e Valentina. É claro que o fato de ambos possuírem elevadas crenças de eficácia pessoal e apresentarem atitudes compatíveis com a inovação no ensino não nos permitem concluir univocamente sobre a existência de uma relação direta entre essas crenças e a propensão à inovação. Contudo, essa constatação não deixa de ser significativa à medida que reforça as conclusões de pesquisas anteriores – como a de Siqueira (2012) – nesse sentido.

Na segunda etapa da análise buscamos compreender os sentidos atribuídos por Henrique e Valentina às suas participações (e também às participações dos demais professores) nos eventos estudados. Essa busca pelos sentidos atribuídos se justifica pela influência que os mesmos podem exercer sobre as crenças de autoeficácia dos professores.

Como discutimos acima, ambos atribuem três sentidos principais tanto ao Masterclass quanto à Oficina de Física de Partículas: formativo, de instrumentalização e motivacional. As duas primeiras características estão fortemente ligadas às crenças

de autoeficácia dos professores: suas crenças de autoeficácia são tão maiores quanto melhor preparados eles se sentem para enfrentar uma tarefa específica e quanto melhor eles percebem suas próprias formações. Vale lembrar que a abordagem da FMC em suas formações iniciais e a falta de materiais e recursos didáticos (ou seja, de instrumentos) para abordar esse tema no Ensino Médio são citadas com frequência pelos professores como barreiras para o ensino da Física de partículas no Ensino Médio. Ao serem revestidos de um significado formativo vistos como uma fonte de recursos para realizar essa tarefa, os eventos estudados certamente impactam positivamente as crenças de autoeficácia dos professores.

Mas como podemos explicar esse impacto sob a ótica da teoria social cognitiva de Bandura? Retornando às fontes de crenças de autoeficácia apontadas pelo autor, a observação de abordagens possíveis e a troca de experiências com outros professores durante o Masterclass e a Oficina podem ser interpretados como experiências vicárias, que vêm da observação do desempenho de outras pessoas ao realizarem tarefas iguais ou semelhantes àquela à qual se referem as crenças de eficácia. Ao observarem outros sujeitos realizando uma tarefa ou ao tomarem conhecimento de experiências bem sucedidas de outros professores, os participantes podem aumentar suas crenças em suas próprias capacidades de realizar a mesma tarefa. As experiências vicárias são menos influentes sobre as crenças de autoeficácia que as experiências de domínio, mas na ausência destas, ganham grande relevância. É possível afirmar com base nas análises que Henrique e Valentina compartilham essa visão por afirmarem que ao verem como os organizadores do Masterclass organizam suas palestras e ao trocar experiências com outros professores durante a Oficina, os participantes sentem-se mais confiantes em relação ao ensino da Física de partículas.

A terceira característica atribuída por Henrique e Valentina aos eventos, a motivacional, pode ser interpretada diretamente como uma percepção da influência dos eventos sobre as crenças de autoeficácia dos participantes. É interessante notar que ambos, ao falarem sobre essa característica, utilizaram a expressão “ganhar confiança” para descrever um dos possíveis benefícios para os professores ao participarem do Masterclass e da Oficina. Henrique foi mais específico ao citar explicitamente o caso de sua colega de trabalho que, ao participar da Oficina, adquiriu a confiança que lhe faltava para participar também do Masterclass e abordar a Física

de partículas em suas aulas. Tais falas nos permitem inferir de forma inequívoca que, ao menos na visão de Henrique e Valentina, a participação nesses eventos pode exercer uma influência positiva sobre as crenças de autoeficácia dos professores. Essa influência positiva resulta em um sentimento de maior capacidade de abordar esse assunto ou ao menos iniciar um processo que os leve a esse fim (um pontapé inicial, nas palavras de Valentina).

Assim, as três principais características atribuídas pelos dois sujeitos de pesquisa aos eventos apontam para a possibilidade de um incremento no nível das crenças de autoeficácia dos professores participantes.

Apesar de na maioria das suas falas os sujeitos de pesquisa terem se referido a “outros professores”, pouco utilizando o discurso em primeira pessoa, acreditamos que ao atribuir a possibilidade de outros professores aprimorarem suas formações, conhecerem novas metodologias e materiais para trabalhar esse assunto e ganharem confiança para realizar essa abordagem, Henrique e Valentina estavam também falando de si próprios, fornecendo pistas de como eles mesmos se sentiram ao participar desses eventos, mas expressando esses sentimentos através da possibilidade de outros professores enxergarem as mesmas contribuições.

Assim, acreditamos ter chegado em ponto que nos permite concluir de que mesmo que a formação e a motivação dos professores para os mesmos passem a ensinar tópicos de Física de partículas no Ensino Médio não figurem entre os seus objetivos explícitos, mesmo sem podermos afirmar que os professores participantes de fato aprendem algo sobre a Física de partículas ao participar desses eventos, tanto o Masterclass quanto a Oficina de Física de Partículas promovidos pelo SPRACE podem sim contribuir nesse processo. Essa contribuição se concretiza por meio dos sentidos atribuídos pelos professores participantes a esses eventos e pelo resultado dessa participação sobre as crenças de autoeficácia dos professores.

Em geral, ao avaliarmos o potencial de um evento ou qualquer outra iniciativa para o ensino de Física, buscamos evidências de que o mesmo produza um aprendizado sobre o tema abordado (relacionado aos saberes disciplinares) e forneça instrumentos para o professor abordar aquele assunto (o saber-fazer). Neste estudo nós não buscamos evidências de que o Masterclass ou a Oficina produzam aprendizados efetivos, mas há evidências de que os professores participantes acreditam que esse aprendizado ocorra. A produção dessa percepção pode se

configurar como uma contribuição real à medida que a mesma tem o potencial de produzir mudanças nas crenças de autoeficácia dos professores e levá-los a trilhar um caminho de investimentos pessoais que podem culminar na abordagem da Física de partículas em suas aulas.

Não pretendemos de forma alguma afirmar que o aprendizado efetivo da Física de partículas não seja necessário ou desejável: pelo contrário, temos certeza de que não se pode ensinar o que não se aprendeu, mas também estamos convencidos de que conhecer um assunto pode ser condição necessária, mas não suficiente para ensiná-lo. Sem a crença de que pode realizar essa tarefa de forma satisfatória, mesmo acreditando na sua importância, dificilmente um professor ou uma professora se engajarão nessa atividade. Ao influenciar as crenças de autoeficácia dos professores, eventos como o Masterclass e a Oficina organizados pelo SPRACE têm o potencial de servir como uma centelha que produz a ignição de um processo que pode resultar no ensino da Física de partículas no Ensino Médio.

6.1 REFLEXÕES SOBRE AS LIMITAÇÕES DO NOSSO OLHAR E O QUE PODE HAVER ALÉM DE ONDE ENXERGAMOS

No capítulo 4 comparamos os referenciais teóricos utilizados em uma pesquisa a mirantes de onde podemos avistar o objeto da pesquisa. Mantendo essa analogia, devemos nos lembrar que um mesmo mirante pode oferecer vistas distintas em função de onde o observador se posiciona. Da mesma forma, podemos dizer que as conclusões apresentadas acima, mesmo embasadas em referenciais teóricos bem estabelecidos, não deixaram de ser impactadas pelas escolhas que fizemos ao longo do trabalho. No caso específico deste trabalho, avaliamos que duas escolhas podem ter exercido maior influência sobre os resultados obtidos: a seleção dos sujeitos de pesquisa e dos instrumentos para a coleta de dados.

Quanto aos sujeitos de pesquisa, vale lembrar que o nosso objetivo ao selecioná-los era apresentar casos de superação das dificuldades encontradas pelos professores e narrar histórias que pudessem servir de exemplo e inspiração, que apontassem caminhos possíveis. Contudo, avaliamos (e já havíamos previsto) que essa escolha tem um custo. Henrique e Valentina são entusiastas do ensino da FMC

e foram selecionados em um universo já reduzido de professores que estavam participando dos eventos estudados. Assim, não podemos descartar as possibilidades de que ambos apresentassem uma propensão a valorizar os eventos dos quais estavam participando e de que resultados diferentes possam ser obtidos em função da seleção dos sujeitos de pesquisa. Não obstante, acreditamos que esta característica da pesquisa não diminui o valor dos resultados obtidos, uma vez que, como afirmamos, nosso objetivo era apresentar casos de sucesso que pudessem servir como exemplo e inspiração.

A respeito do instrumento de coleta de dados e do método de análise, consideramos que a escolha dos mesmos tenha sido acertada em função da natureza qualitativa do trabalho. É possível que o uso de outros instrumentos, tais como questionários baseados em uma escala do tipo Likert, tão comuns em trabalhos dedicados à avaliação das crenças de autoeficácia de professores, poderiam revelar dados mais objetivos sobre um universo maior de sujeitos. Contudo, acreditamos que as opções por uma abordagem qualitativa e pela realização de entrevistas semiestruturadas aliadas à análise narrativa foi capaz de revelar nuances e sutilezas das práticas dos professores e da percepção dos mesmos sobre os eventos que talvez não pudessem ser acessadas por meio de uma abordagem quantitativa.

Entendemos ainda que este trabalho suscita novas possibilidades de investigação a respeito da de eventos semelhantes aos que foram estudados. Uma das possibilidades que consideramos importantes refere-se às características desses eventos ou de outros semelhantes que podem exercer maior ou menor influência sobre as crenças de autoeficácia dos participantes. Outra questão que este trabalho não se propôs a responder mas que parece de grande relevância diz respeito ao aprendizado produzido por esses eventos e aos saberes docentes por eles mobilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS²⁰

ARAÚJO, Rodrigo; ZAGO, Letícia. Física Moderna e Contemporânea nos cursos de Licenciatura Em Física: Uma análise das marcas da racionalidade técnica. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 10, n. 4, p. 7, 2016.

ARMOR, David et al. **Analysis of the school preferred reading program in selected Los Angeles minority schools**. 1976.

ASHTON, Patricia. Teacher efficacy: A motivational paradigm for effective teacher education. **Journal of teacher education**, v. 35, n. 5, p. 28-32, 1984.

ASHTON, Patricia T.; WEBB, Rodman B.; DODA, Nancy. **A Study of Teachers' Sense of Efficacy**. Final Report, Volume I. Gainesville: University of Florida, 1983.

BANDURA, Albert. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological review**, v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.

_____. A evolução da teoria social cognitiva. In: BANDURA, A.; AZZI, R. G.; POLYDORO, S. (Orgs.) **Teoria Social Cognitiva: Conceitos Básicos**. Porto Alegre: ArtMed, p. 15-41, 2008.

_____. A teoria social cognitiva na perspectiva da agência. In: BANDURA, A.; AZZI, R. G.; POLYDORO, S. (Orgs.) **Teoria Social Cognitiva: Conceitos Básicos**. Porto Alegre: ArtMed, p. 69-96, 2008b.

BARLOW, Roger. **How the Particle Physics Masterclasses began**. CERN Courier, Jan 22, 2014, disponível em <http://cerncourier.com/cws/article/cern/55890>, acessado em 01 de Maio de 2018

BERMAN, Paul et al. **Federal Programs Supporting Educational Change**, Vol. VII: Factors Affecting Implementation and Continuation. 1977.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora, p. 15-80, 1994.

BOLÍVAR, Antonio. “¿De nobis ipsis silemus?”: Epistemología de la investigación biográfico-narrativa en educación. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**,

²⁰ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

v. 4, n. 1, p. 1-24, 2002. Disponível em: <<http://redie.uabc.uabc.mx/vol4no1/contenido-bolivar.html>> Acesso em 10 jan 2016

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002

BZUNECK, José Aloyseo. As crenças de auto-eficácia dos professores. In: SISTO, F. F.; OLIVEIRA, G. C.; FINI, L. D. T. (Orgs.). **Leituras de Psicologia para Formação de Professores**. Petrópolis: Vozes / Bragança Paulista: Universidade São Francisco, p. 117-134, 2000.

_____. Prefácio. In: BANDURA, A.; AZZI, R. G.; POLYDORO, S. (Orgs.) **Teoria Social Cognitiva: Conceitos Básicos**. Porto Alegre: ArtMed, p. 11-14, 2008.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações** (Coleção Questões da Nossa Época, v. 28) – 10 ed. – São Paulo: Cortez, 2011.

CURY, Fernando Guedes; SOUZA, Luzia Aparecida de; SILVA, Heloisa da. Narrativas: um olhar sobre o exercício historiográfico na Educação Matemática/Narratives: a look at the historiographical exercise in Mathematics Education. **Bolema**, v. 28, n. 49, p. 910, 2014.

DAVIS, Kathleen S. “Change is hard”: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. **Science Education**, v. 87, n. 1, p. 3-30, 2003.

DEMBO, Myron H.; GIBSON, Sherri. Teachers' sense of efficacy: An important factor in school improvement. **The Elementary School Journal**, v. 86, n. 2, p. 173-184, 1985.

FRANZONI, Marisa. **Investigando os convites docentes na formação inicial de professores de Física e biologia**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru. Atas IV ENPEC, 2003.

GIBSON, Sherri; DEMBO, Myron H. Teacher efficacy: A construct validation. **Journal of educational psychology**, v. 76, n. 4, p. 569, 1984.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 6, n. 1 (jan./abr. 2001), p. 29-56, 2001.

GUSKEY, Thomas R.; PASSARO, Perry D. Teacher efficacy: A study of construct dimensions. **American educational research journal**, v. 31, n. 3, p. 627-643, 1994.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli EDA. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2ed (reimpr.). – Rio de Janeiro : E.P.U., 2014.

MELLADO JIMÉNEZ, Vicente. ¿ Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos?. **Revista Interuniversitaria de formación del Profesorado**, n. 40, p. 17-30, 2001.

MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. Relações universidade-escola e aprendizagem da docência: algumas lições de parceiras colaborativas. **Trajetórias e perspectivas da formação de educadores**, p. 285-314, 2004.

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. A NECESSIDADE DE SUPERAÇÃO DA RACIONALIDADE TÉCNICA NOS PROCESSOS FORMATIVOS. **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores**, p. 145, 2009.

_____. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Eletrônica de Investigação em Ciências**, v. 8, 2012.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Investigações em ensino de ciências**, v. 15, n. 1, p. 97-120, 2010.

NEVES DA SILVA, João Ricardo; ARENGHI, Luis Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir Física moderna e contemporânea no Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa " Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48, 2000.

_____. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 135-151, jan. 2001.

PAJARES, F.; OLAZ, F. Teoria social cognitiva e auto-eficácia: uma visão geral. In: BANDURA, A.; AZZI, R. G.; POLYDORO, S. (Orgs.) **Teoria Social Cognitiva: Conceitos Básicos**. Porto Alegre: ArtMed, p. 97-114, 2008.

PEREIRA, Alexsandro Pereira de; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 14, n. 3 (dez. 2009), p. 393-420, 2009.

PÉREZ, G. D.; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. (Coleção Questões da Nossa Época, v. 26). 2011.

ROCHA, Diego Marceli; RICARDO, Elio Carlos. Crenças de Autoeficácia e a Formação Docente em Física Moderna e Contemporânea: uma relação atuante nas práticas dos professores. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas**, 2011.

ROCHA, Diego Marceli. **Crenças de autoeficácia e práticas docentes**: uma análise de professores de Física em um contexto de inovação. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/D.81.2011.tde-31052012-103004. Acesso em: 2018-06-06.

ROTTER, Julian B. Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. **Psychological monographs: General and applied**, v. 80, n. 1, p. 1, 1966.

SANCHOTENE, Mônica Urroz; MOLINA NETO, Vicente. Habitus profissional, currículo oculto e cultura docente: perspectivas para a análise da prática pedagógica dos professores de educação Física. **Pensar a prática**. Goiânia. Vol. 9, n. 2 (jul. dez. 2006), p. 267-280, 2006.

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. – 1. ed. atual. – São Paulo: SE, 2012.152 p.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SILVA, João Ricardo Neves; ARENGHI, Luis Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir Física moderna e contemporânea no Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2013.

SILVESTRE, Magali Aparecida; PLACCO, Vera Maria Nigro de Souza. Modelos de formação e estágios curriculares. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação Docente**, v. 5, n. 05, 2011.

SIQUEIRA, Maxwell Roger da Purificação. **Professores de Física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de Física moderna e contemporânea**. 2012. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/T.48.2012.tde-04102012-133540. Acesso em: 2018-05-30.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 17 ed. – Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2014.

WATANABE, Graciella; GURGEL, Ivã; MUNHOZ, Marcelo G. **O que se pode aprender com o evento Masterclasses-CERN na perspectiva do ensino de Física de partículas**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, p. 1503-1, 2014.

WATANABE, Graciella. **A divulgação científica produzida por cientistas: contribuições para o capital cultural**. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/T.81.2015.tde-17122015-110656.

WATANABE, Graciella; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Um sentido social para a divulgação científica: perspectivas educacionais em visitas a laboratórios

científicos. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 209-235, 2015.

WOOLFOLK, Anita E.; HOY, Wayne K. Prospective teachers' sense of efficacy and beliefs about control. **Journal of educational Psychology**, v. 82, n. 1, p. 81, 1990.

APÊNDICE A**Questionário online respondido pelos participantes da Oficina de Física de Partículas do SPRACE**

1. Nome

2. Idade

3. Tempo de docência

4. Você já participou de alguma edição do hands-on CERN Masterclasses realizada no IFT da Unesp?

() Sim () Não

Quando?

() 2008 () 2009 () 2010 () 2011

() 2012 () 2013 () 2014 () 2015

5. Você participou da primeira edição da Oficina de Física de Partículas, em 2012?

() Sim () Não

6. Sobre a sua formação acadêmica, atualmente você

() é graduado em licenciatura ou bacharelado em Física

() é graduado em outro curso: _____

() é aluno de graduação em licenciatura ou bacharelado em Física

() está cursando ou já concluiu pós-graduação (área: _____)

() outros

7. Atualmente você leciona física no ensino médio?

() Sim

Escola: _____ () Não

Séries:

() 1ª () 2ª () 3ª Pretende lecionar?

() Sim () Não

8. Como aluno você teve algum contato com a física das partículas elementares durante o ensino médio? E durante a graduação?
9. Quais são ou foram até hoje as suas principais fontes de informação sobre a física das partículas elementares (Internet, livros, oficinas, cursos, etc.)? Você considera o seu conhecimento atual sobre esse assunto suficiente para ensiná-lo no ensino médio?
10. Como professor você já teve alguma experiência ensinando com a física das partículas elementares no ensino médio? Conte como foi.
11. Em qual ano do ensino médio você acha mais interessante o ensino da física das partículas elementares? Porquê?
12. Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades encontradas pelos professores para ensinar a física das partículas elementares no ensino médio?
13. Na sua opinião, quais contribuições eventos pontuais como o hands-on Masterclasses podem trazer para o professor de Física do ensino médio? E para o aluno?

APÊNDICE B

Questionário para alunos participantes do International Physics Masterclasses 2016 no IFT da Unesp

Os dados coletados por meio deste questionário serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa. Nos comprometemos com o anonimato e a confidencialidade dos mesmos e pedimos o seu consentimento para o uso desses dados por meio da declaração abaixo.

Eu, _____, autorizo o uso das informações contidas neste questionário para os fins da pesquisa descrita acima

Assinatura

Escola:

() 1ª série () 2ª série () 3ª série do Ensino Médio

Professor:

i) Sobre a Física de Partículas:

1. Houve alguma preparação específica (aulas especiais, palestras, provas, etc.) na sua escola para a participação no Masterclass? O que foi feito?

2. Você já havia visto algo sobre a Física de Partículas em mídias como TV, internet, livros e revistas? O quê?

3. Você já havia aprendido algo sobre a física de partículas na escola, antes de participar do Masterclass?

() Não () Sim, no () 1º () 2º () 3º ano do ensino médio

O que você estudou sobre Física de Partículas na escola?

4. Você acha que o estudo das partículas elementares deveria fazer parte das aulas de Física na escola? Porquê?

5. O que você tem mais curiosidade de saber sobre a física das partículas elementares?

ii) Sobre a participação no Masterclass:

6. Como você avalia a experiência de participar do Masterclass?

Que legal...	Que pena...	Que tal...

6. Qual era a sua expectativa ao participar do Masterclass? O que você esperava do evento? Suas expectativas foram atendidas?

7. Você indicaria a participação no Masterclass para um amigo? Assinale um número na escala de 0 (de jeito nenhum) a 10 (com toda certeza!) abaixo.

De jeito nenhum!

Com toda certeza!

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Obrigado pela sua colaboração!

Atividade sobre a participação no Masterclass

Imagine que você queira escrever um post em uma rede social para contar aos seus amigos como foi participar do Masterclass: o que você aprendeu, o que mais chamou sua atenção, etc. Como seria esse post?

Status | Adicionar fotos/ví... | Criar álbum de fotos

APÊNDICE C

Questionário para professores participantes do International Physics Masterclasses 2016 no IFT da Unesp

Prezado(a) professor ou professora, os dados coletados por meio deste questionário serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa. Nos comprometemos com o anonimato e a confidencialidade dos mesmos e pedimos o seu consentimento para o uso desses dados por meio da declaração abaixo.

Eu, _____, autorizo o uso das informações contidas neste questionário para os fins da pesquisa descrita acima

Assinatura

i) Sobre o ensino da Física de Partículas:

1. Em suas aulas de física para o ensino médio você inclui temas relacionados à física de partículas? Em caso **negativo**, por qual motivo?

2. Caso você tenha respondido que **sim** na pergunta anterior, em qual etapa (ano e bimestre) do ensino médio você aborda a física de partículas? Por favor, conte um pouco sobre quais tópicos você aborda, qual material utiliza, como os alunos reagem, etc.

3. Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades encontradas pelos professores para incluir a física de partículas no currículo do ensino médio? Você pode citar algum exemplo concreto?

ii) Participação no MC:

4. De quais edições anteriores do Masterclass você participou?

- ☐ 2008 ☐ 2009 ☐ 2010 ☐ 2011 ☐ 2012
☐ 2013 ☐ 2014 ☐ 2015 ☐ Nenhuma

Como você ficou sabendo desse evento ou de que forma chegaram a você os convites para participar do mesmo?

5. Quais foram os aspectos positivos das suas participações anteriores que o fizeram retornar ao Masterclass?

6. Como é feita, na sua escola, a seleção dos alunos que participam do Masterclass e como eles são preparados para participar do evento? Qual é o seu papel nessas etapas?

7. Você acredita que a participação no Masterclass pode ajudar professores de Física a inserir a Física de Partículas no ensino médio?

8. Você já ensinava física de partículas antes de participar do Masterclass? No seu caso a participação nesse evento teve alguma influência?

9. Quais são seus objetivos e/ou suas expectativas ao participar do Masterclass?

iii) Participação no Workshop de Física de Partículas:

10. Você participou de algum workshop de Física de Partículas promovido pelo SPRACE? Caso tenha participado, você acha que isso influenciou a forma você ensina Física de Partículas ou como prepara seus alunos para participarem do Masterclass?

Obrigado pela sua colaboração!