
MESA-REDONDA: INFLUÊNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA¹

Coordenador: *Frederico Firmo de Souza Cruz*
Departamento de Física – UFSC

Participantes: *Maria Regina D. Kawamura*
Instituto de Física – USP
Paulo C. C. Abrantes
UnB
Roberto Martins
UNICAMP

Frederico: Vou tentar resumir o que foi falado nestes últimos dias. Espero que o que eu diga seja polêmico para poder ser objeto de discussão na mesa.

Vou começar com o que o Robilotta² colocou, com bastante propriedade, sobre a complexidade do conhecimento da Física: a Física é bastante complexa e temos uma dificuldade muito grande em transmitir e praticar este conhecimento sob determinados padrões que a gente gostaria, ou seja, que fosse bastante criativo, crítico, etc. Na verdade, acho que este é o problema do conhecimento de uma maneira geral. O que, às vezes, causa uma certa perplexidade na gente é que, talvez, em outras áreas sejamos mais afeitos aos debates, às críticas e às contradições, enquanto que na Física estamos mais acostumados com o resultado de um conhecimento que funciona, que aparentemente está aí, que dá certo e no qual a gente acredita, tem uma certa fé. Uma coisa que está por detrás disto, e não sei se a gente pode classificar como uma certa ideologia, é que o conhecimento em Física se pretende seja incorruptível, aistórico, sem dinâmica, mais ou menos eterno. A gente, às vezes, conta a história da evolução desse pensamento, mas no fundo vende um pouco a imagem de que ele é um conhecimento completamente incorruptível e aistórico também. E é o que está muito presente nos livros pela linearização que eles fazem do conhecimento empírico. Porém, tanto aprender quanto praticar esse conhecimento nada tem a ver com essa história. A gente acaba fazendo da Física uma ciência bastante

¹ Resumida e adaptada pelo Conselho Editorial do CCEF.

² Manoel R. Robilotta – Professor do Instituto de Física, USP.

operacional, na medida em que desconsidera a Filosofia e a História, julgando-as incômodas, uma perda de tempo. Desta forma, *“não vou dar uma coisa dessas a um aluno meu, pois, afinal de contas, ele tem que aprender rápido como resolver a equação de Schrödinger para o poço quadrado”*. Esta é, mais ou menos, a maneira que a gente termina trabalhando essas coisas num curso de Física. Independentemente disso não se faz aqueles mapas conceituais que o Robilotta apresentou, vinculando vários conceitos. A gente pega todos os conceitos, faz um “cinza” ou, então, torna-os óbvios. A Maria Regina levantou: alguém roubou o espaço e o espaço se tornou óbvio para todos, não existe história nele: você lembra sempre que tem velocidade, espaço sobre o tempo ou coisas do tipo. Já o Roberto falou sobre o convencionalismo da regra da mão direita, que não merece discussão e que ninguém critica. Está aí a Física que, mais uma vez, é incorruptível, não é histórica, não tem dinâmica, é limpa e operacional, fácil de manipular. Então o que volta é a pergunta: como construir uma realidade sem ter uma noção mínima do que é esse processo? A Física é apresentada de forma bonita, perfeita e linear e, no entanto, não se faz Física desse jeito. A História da Ciência parece-me um caminho de como trazer à tona o real processo de construir a ciência, de fazer e aprender a ciência.

É necessário que se tome consciência de como se age para que se possa agir melhor. Esta consciência parece que vem sendo perdida nesta Física operacional. Maxwell, por exemplo, tinha uma clareza fantástica sobre o que eram modelos, como construí-los e como trabalhar com eles. E é esta consciência que a gente nunca passa quando se trabalha em um curso. Somente quando se está fazendo pesquisa é que se descobre que a Física não é axiomática, não é aquela coisa bonita na qual tudo é demonstrado a partir dos primeiros princípios.

Tocando em mais um dos temas colocados, a Maria Regina fez a seguinte pergunta: qual é a História da Ciência que você vai ler? Na minha opinião, não me preocuparia com que história, porque as leituras desta história podem ser muitas. Inclusive isto que é tão comum nas ciências humanas, talvez tornasse a ciência física mais humana, mais passível de contradições, tendo várias interpretações e leituras. O Arden apresentou, por exemplo, diferentes leituras de Galileu. Você pode mostrar que existem muitas versões dos próprios conceitos de Galileu. Isto pode ter e tem implicações diferentes. Hoje, a gente trata com os conceitos de força e energia potencial, sem saber que foram objetos de discussões muito profundas. Assim, trazer essas discussões aos alunos é importante para que eles percebam a evolução dos conceitos e das idéias da Física.

Arden³ : No seminário que apresentei, tentei dar a minha contribuição sobre as várias versões históricas de um físico chamado Galileu. Quando você fez a leitura do que eu falei, você foi mais longe: disse que existem possibilidades de diferentes interpretações da Física de Galileu. Vejo uma separação entre estas duas colocações. Parecem duas linhas diferentes. Acho que existe um consenso muito maior quanto à Física em si do que quanto às concepções a respeito da maneira como ela foi feita.

Zanetic⁴ : A gente está partindo da premissa de que o assunto em discussão é a “História da Física e Ensino de Física”. Mas em que nível? Universitário ou médio? Que Física? Se a gente pensar em termos de Universidade e nos alunos do curso de Física, pode-se partir do princípio de que eles estão mesmo interessados em estudar Física profissionalmente. Vão ser, por exemplo, pesquisadores. Neste caso, que História da Física seria apresentada no curso de graduação do bacharel em Física? Mas a gente forma também professores que irão ministrar Física no ensino fundamental e médio, ou seja, para a população em geral. Aí você tem que saber porque ensinar Física e que Física. Em geral a gente vê a Física tipo o Ramalho, quando se pensa no ensino médio, que é a Física que prepara para o vestibular. No entanto, a maioria dos alunos não tem acesso à Universidade e mesmo aqueles que lá chegam, em sua maioria, não irão estudar Física. Então é preciso que se discuta como inserir neste ensino a História da Ciência para passar ao aluno muito mais do que simples fórmulas, algo que eu chamaria de cultura científica. É evidente, no entanto, que a História da Física não deve substituir a formação conceitual. Quando se pensa em Física muita gente pensa no clássico, no cotidiano. Explicar a lâmpada ou a geladeira, enfim, como elas funcionam. Para mim, a riqueza da Física vem também desse lado. Mas é claro que não dá para imaginar que um aluno do ensino médio tenha condições de entender isso. A coisa é complicada, há necessidade de ferramentas para poder estabelecer um diálogo do ponto de vista da ciência. Mas certamente fazer exercícios de $\vec{F} = m\vec{a}$, durante um mês, não ensina a pessoa a dialogar com nada, nem com a Física, nem com o imaginário, nem com as lâmpadas. Como fazer então com que esse ensino seja pragmático, um pouco mais amplo? E mais, que contemple as diferenças individuais, uma vez que os alunos do ensino médio têm formações e interesses distintos? Porém o professor é autoritário, tem uma forma só de apresentar as coisas.

Outra questão a se pensar é o que se espera de um aluno nosso que vem fazer Física. Espera-se que ele seja um cara maduro, que saiba ler e escrever

³ Arden Zylbersztajn – Professor do Departamento de Física, UFSC.

⁴ João Zanetic – Professor do Instituto de Física, USP.

muito bem; ler principalmente, que saiba interpretar textos muito bem, que saiba razoavelmente alguma matemática, mesmo a matemática um pouco mais sofisticada. A gente começa, assim, uma Física quase que sem base matemática alguma. É quase aritmética o começo dela. Depois é que a gente entra na Física propriamente dita e é aí que eu acho que a História tem muito a contribuir. As várias histórias. Mas algumas delas têm que estar presentes.

O ensino de Física não pode ser enciclopédico. Você não vai conseguir passar desde a Física clássica até a Física Contemporânea. Esse é outro desafio porque, em geral, no ensino médio a gente fica na clássica, e a contemporânea, que é a Física que não mexe só com o imaginário, mas com o mundo real, que aí está, não é dada. Desta, muitas vezes, não se discute, no ensino da Física, questões políticas como o acidente radioativo de Goiânia, a Energia Nuclear no Brasil, etc. Este fato acaba gerando uma desinformação generalizada acerca de importantes eventos relativos à vida das pessoas. A educação também não pode abarcar todo o universo, no entanto, o mínimo que ela deve fazer é ensinar o aluno a estudar, a consultar a biblioteca e outras fontes de informação. Então, para mim, a educação formal tem também que desempenhar o papel de relacionar o cidadão com o mundo.

O ensino tem que ser revolucionário mesmo, tem que ser mudado. E, para mim, novamente a História da Física tem um papel importante, o de situar, resgatar, contextualizar: Maxwell, a eletricidade, a lei de Faraday, a lei de Ohm, como é que isso entra num contexto mais amplo.

Fala-se muito de ciência integrada; quando isto ocorre, se pensa na Física integrada à Química e à Biologia. E por que não a Física integrada com a Licenciatura, com a Filosofia, ou com outras áreas do conhecimento? Ao que parece, o ensino de Filosofia está voltando para as escolas. Espero que volte mesmo, porque é outro elemento importante neste contexto.

Arden: O que me preocupa um pouco é uma má introdução da Filosofia no ensino médio. Eu tenho muito medo de como isso possa vir a ser feito. Para dar um exemplo: lá em Natal, o pessoal tinha na Universidade uma cadeira obrigatória de Filosofia no 1º ano. Só que era dado Lógica. Lógica formal, principalmente, aquela mais quadrada, e não havia aluno que agüentasse. O que eu gostaria de saber é se o meu medo se justifica ou não.

Paulo: Acho que se justifica. A situação é um pouco catastrófica, pelo menos em Brasília. Agora, há uma tentativa de se estabelecer um maior intercâmbio entre o que se faz no ensino médio e universitário em Filosofia, um intercâmbio entre professores do nível médio e universitário, uma tentativa de sanar esta dificuldade.

Frederico: Voltando ao que eu já tinha colocado anteriormente, acho que a Física tem que se tornar mais humana. Ela só se tornará mais humana se você entender o seu processo, e aí a História tem um papel importante.

Uma vez conversando com uma pessoa, ela me colocou: esse negócio de Aristóteles e Descartes não interessa para o ensino médio da periferia.

Mas por quê?

Porque isso não tem utilidade prática para o aluno do ensino médio? Então eu pergunto:

Qual a utilidade prática de fazer um samba no morro? Dificilmente seria gravar na Globo. Todo este caráter especulativo, poético, criativo, esta busca por um conhecimento nem sempre transformável em coisas práticas, é natural no ser humano. As pessoas têm perguntas a fazer e têm que conseguir os meios para respondê-las. Neste sentido, a História pode não ser prática, mas torna a Física mais humana, pois mostra o seu processo, desmistificando o fato de ela parecer inacessível. Para quem não conhece a sua História, parece que as suas descobertas foram feitas sempre por gênios.

Roberto: Eu queria saber quantas pessoas aqui acham que a História da Física é totalmente desnecessária, para poder dialogar com elas.

Robilotta: Seria possível dar uma resposta real a esta pergunta? Depende da comunidade onde a gente vive. Nós estamos aqui neste ciclo porque sabíamos o que iria acontecer e vimos porque queríamos ter as nossas expectativas preenchidas. Na comunidade (estou falando de São Paulo), existem reações de diversos tipos: alguns acham que saber História da Ciência é bom, porque você já sabe tanta Física que pode saber também um pouco da sua História e, com isso, ilustrar as suas aulas. Outros acham que esse tipo de conhecimento enfatiza suas fraquezas ao invés de suas virtudes.

Wagner⁵: No nosso Departamento (Departamento de Física – UFSC), as pessoas que se posicionam contra este tipo de visão da História não apareceram nem para debater a questão.

Roberto: Acho que existe diferença entre oposição e desinteresse. Por exemplo, a diferença entre o físico teórico e o experimental. Há físicos que são mutuamente hostis, enquanto outros mantêm uma atitude de tolerância mútua. Não sei como classificar a ausência dos professores de seu Departamento em relação à História da Ciência.

⁵ Wagner Figueiredo – Professor do Departamento de Física, UFSC.

Frederico: Hostilidade mesmo você encontra, por exemplo, quando se pensa em retirar de um currículo de Física um curso de Evolução dos Conceitos, como já ocorreu em nosso Departamento.

Roberto: Eu me proporia a fazer uma experiência com um professor que considere o conhecimento de História da Física totalmente desnecessário para o ensino. O desafio seria o seguinte: o professor daria uma aula sobre o assunto que ele escolhesse, avisando-me com antecedência de um mês e permitindo-me assisti-la. Eu me proponho a mostrar que a pessoa fez besteiras e cometeu erros físicos na aula dada, e que se ela tivesse conhecimento de História da Ciência não cometeria aqueles erros.

José Isidoro⁶: Uma pergunta que deveria ser feita para os alunos, que aqui se encontram, que já tiveram experiência de aulas ministradas com ou sem alguma coisa de História da Física, é o que eles acham a esse respeito. Eu mesmo já dei um curso de Mecânica Analítica, não com enfoque histórico, mas procurando introduzir alguma coisa da História dessa mecânica. E, de repente, nem sei o que os alunos acharam disso. Adiantou? Estimulou? Não adiantou em nada? Não estimulou nem um pouco?

Paulo Guilherme⁷: Neste curso a gente tentou ligar a Mecânica Clássica ao início da Mecânica Quântica, introduzindo aspectos históricos. Isto possibilitou situar a Mecânica Quântica no contexto da Física. Então valeu a ênfase histórica.

Paulo: Eu queria colocar algumas idéias. Talvez a gente esteja se confundindo um pouco. Qual é a nossa preocupação? É com a eventual importância da História da Ciência para o ensino. Não é com a importância da História da Ciência. Acho que a pergunta do Roberto foi feita em termos muito gerais. Não se trata aqui de discutir a importância da História da Ciência, do trabalho do historiador da Ciência. Não é isso. Acho que o que queremos discutir aqui é a importância da História da Ciência para o ensino de Ciências. E eu queria um pouco fazer o papel de advogado do diabo. Talvez ela não seja importante para o ensino de Ciências. Depende de como você vê as finalidades do ensino de Ciências. Então eu acho que a discussão tem que ser precedida de uma discussão sobre a Filosofia da Educação. Quais são os objetivos da educação científica? E aí eu enfatizo o que o Zanetic colocou. Os

⁶ José Isidoro A. de Magalhães – Professor do Departamento de Física, UFSC.

⁷ Paulo Guilherme – Aluno de graduação do curso de Física da UFSC.

objetivos da educação científica variam segundo o nível em que é dada essa educação científica. Os objetivos da educação científica no ensino médio são diferentes dos objetivos da educação científica na Universidade, por exemplo, para alguém que será um especialista. Antes de discutirmos a questão eu queria afastar, não digo um erro, mas um ângulo talvez incorreto de a gente abordar essa questão da importância da História da Ciência para o ensino, que é o aspecto didático. Em geral, quando os físicos, professores do ensino de Ciências, falam da História da Ciência, a importância que eles vêem é uma importância didática, ou seja, a História da Ciência teria importância na medida em que melhore o aprendizado de um determinado conteúdo científico. Tudo bem, que se utilize a história da ciência com esse fim, mas aí nós estaremos subordinando a História que nós vamos fazer ao objetivo da Ciência a ser ensinada. Então, necessariamente, essa História que será introduzida, que será utilizada nesse curso com essa finalidade, será uma História que eu chamaria de presentista, será uma História da Ciência no sentido que Kuhn coloca, que é feita a partir de um determinado paradigma; quer dizer, nós vamos tentar encontrar as etapas anteriores do desenvolvimento de um conhecimento que é aquele que está querendo ensinar. Eu acho que é uma maneira muito pobre de fazer a História da Ciência e de utilizá-la no ensino. Então, se nós vincularmos a História da Ciência a finalidades puramente didáticas, nós estaremos já, de certa forma, condicionando o tipo de História que será feita. Eu não sei se esta é a melhor maneira de a gente utilizá-la, com o único objetivo de melhorar a eficiência da aprendizagem do conteúdo científico que está sendo ensinado. Eu acho que no ensino médio a História da Ciência deveria ter uma outra finalidade. A finalidade didática eu acho que é muito questionável. Não tenho nenhuma certeza, como o Roberto tem, de que você fazer referências históricas pode melhorar a eficácia da aprendizagem da Ciência.

Roberto: Eu não disse isso. Eu disse que a pessoa que tentar dar aula sobre qualquer assunto de Física sem conhecimento da história daquele assunto pode dizer besteiras, porque não vai saber o significado do que está falando.

Paulo: O que é besteira? É dizer, por exemplo, que as equações de Maxwell são aquelas quatro? Porque Maxwell não escreveu aquelas quatro equações, escreveu doze. Hertz foi quem resumiu as equações de Maxwell a quatro. Tem uma célebre frase de Hertz que diz que a teoria de Maxwell se resume a quatro equações. Isto é falar besteira? Eu não sei se é. Por exemplo: hoje nós falamos sobre a regra da mão

direita⁸. Você acha que ensinar a regra da mão direita da maneira como ela é ensinada é uma besteira?

Roberto: Dizer que o campo magnético circula em torno de um fio em um determinado sentido por convenção é uma besteira. Isto é errado fisicamente: deturpa o significado da Física que esta por trás daquilo. Então não é uma questão de saber se foi Oersted ou Romagnos quem descobriu o eletromagnetismo. Isso é uma questão puramente histórica. Estou me referindo realmente à questão física.

Maria Regina: Se você está querendo entender a Física, dizer que é por convenção que o campo magnético circula em torno de um fio é uma besteira. Mas se você estiver interessado somente em calcular a força magnética, então isto não é uma besteira.

Roberto: Eu acho que besteira é bem objetivo. Uma besteira pode ser útil. Eu falo sempre sobre um engenheiro curitibano que desenvolveu a seguinte idéia: vou começar a misturar água na gasolina do automóvel. Por quê? Porque no interior do motor, pela alta temperatura, a água vai se decompor em oxigênio e hidrogênio. O oxigênio e o hidrogênio, ao reagirem entre si, produzem mais calor ainda, e isso vai aumentar o rendimento do motor. Isso é totalmente errado sob o ponto de vista científico porque a energia para decompor a água é igual a energia que vai ser “devolvida” quando a água for recomposta a partir do oxigênio e do hidrogênio. Mas ele fez uma mistura de água com gasolina que, parece, aumentou de fato o rendimento dos motores. Muito bem. Foi uma besteira útil. Nós temos que diferenciar utilidade e correção. E o que eu quero dizer é o seguinte: o mínimo que um professor de Física vai poder publicamente defender é que ele quer ensinar a Física corretamente. E não somente isso: tem que pensar em outros objetivos mais amplos, tais como uma formação humanística, de se saber como se produz a ciência, saber não só os resultados. Mas nem sequer o resultado da Física a pessoa pode ensinar corretamente sem saber de onde aquilo veio, porque senão a pessoa não tem a delimitação do conceito. Quando eu estudava, tive um professor, do qual gostei bastante, que colocava o seguinte: para ensinar a delimitação de um conceito, você tem que dizer o que ele é e o que ele não é. A gente aprende por contrastes. Então não basta dizer o que a coisa é, mas também que comparar com outras coisas que são parecidas e que não são, a fim de que a pessoa realmente compreenda a delimitação daquilo. Se a pessoa tem um livro didático comum, ela tem, em geral, a indicação do que é (se o livro não está errado), da delimitação do

⁸ Com relação à equação $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$

que se aceita na Física, mas não tem exemplo que outras pessoas propuseram, que são até certo ponto parecidos com aquilo e que não são aquilo que se aceita. Então pensem no seguinte: quando se aquece uma barra metálica (normal, pois tem barras metálicas que se contraem quando aquecidas) e ela se dilata, eu diria que quase todos os alunos, ao ouvirem falar nisso pela primeira vez, seja no colegial ou na universidade, vão dizer que o calor é uma força repulsiva. Eu já tive muitos alunos que discutiram comigo tentando mostrar que a dilatação dos corpos aquecidos provava que o calor é uma força repulsiva. A gente sabe que esta é uma das propostas que aparece na História da Ciência. O próprio Newton introduziu o calor como sendo algum tipo de força repulsiva entre os átomos, etc. Dependendo do modo como o professor ensinar, ele pode deixar uma brecha para que o aluno continue a interpretar o que ele disse como sendo um efeito de forças repulsivas produzidas pelo calor, que existem dentro da matéria. A pessoa tem que ter o cuidado de dizer não somente aquilo que ela pelo menos acredita ser a verdade, mas também, contrastar com coisas que parecem não ser verdade, mas que são parecidas, que o aluno pode confundir. A minha experiência pelo menos diz que existem professores de todos os níveis que fazem essa confusão, que jamais foi corrigida pelos seus professores. Eles têm uma conceituação errada porque leram textos que não tinham contra-exemplos para saber o que delimita aquele conceito e fizeram uma generalização ou uma comparação, uma analogia com outra coisa e misturaram aquilo com uma outra idéia, sem perceber que adicionaram alguma coisa, que estavam interpretando de um modo errado, sem perceber, às vezes, que aquilo é incompatível com uma definição que eles próprios dizem verbalmente. E assim vão normalmente dizer besteiras.

Quero dar um exemplo de ignorância histórica bastante comum. Em cursos de Estrutura da Matéria ou de Teoria da Relatividade costuma-se ensinar a “relação massa-energia de Einstein” – $E = mc^2$. Por um lado, pode ser interessante mencionar que Poincaré e Hasenöhrhl já haviam, antes de Einstein, chegado a essa relação, em casos especiais. Mas omitir Poincaré e Hasenöhrhl não é grave. O que é realmente grave é que os professores não sabem que a relação $E = mc^2$ **não é uma lei geral da Física**, se a Teoria da Relatividade estiver correta! Ela é apenas um caso particular da lei de Planck, estabelecida em 1907, segundo a qual a massa inercial maupertuisiana de um corpo (definida como momentum dividido por velocidade) é igual a sua entalpia (e não energia) dividida por c^2 . Apenas quando o termo PV (pressão vezes volume) da entalpia é desprezível, pode-se falar que $E = mc^2$. Além disso, a relação $E = mc^2$ não se aplica à energia potencial, por exemplo. Quem só conhece os livros-textos e não conhece a história da Teoria da Relatividade profundamente vai sempre cometer erros ao falar sobre essa relação massa-energia.

Paulo: Não estou convencido de que a passagem pela História da Ciência é uma condição necessária para você compreender os conceitos da Física Contemporânea. Acho que uma pessoa de um determinado curso, que nunca estudou História, e que conhece suficientemente a sua disciplina, pode ensinar corretamente a sua Física, sem fazer referências à História. Seria interessante desenvolver mais essa idéia, quer dizer, a maneira pela qual a História da Ciência poderia contribuir para a compreensão, por exemplo, das teorias aceitas hoje. Tudo bem. Eu não seria capaz de criticar ou defender essa idéia. Mas, mesmo que isso seja verdade, acho que é uma das maneiras de se utilizar a História da Ciência, e que necessariamente vai deformar um pouco essa História. Quando o Roberto falou, por exemplo, da concepção do calor como uma força repulsiva e que nós devemos, então, fazer referência à teoria do calórico para que o estudante de Física compreenda o que não é o calor, a fim de que ele não tenha uma interpretação errada do conceito, já se tem uma concepção do que seja verdadeiro e do que seja falso.

Roberto: Espera aí. O tempo todo eu disse: é aquilo que a pessoa considera verdadeiro.

Paulo: Mas se você tem uma preocupação realmente histórica, o que interessa não é saber os contrastes entre a concepção de calor hoje e as concepções há 250 anos atrás. O que interessa é saber as funções que aquele conceito e aquela concepção tiveram na sua época como elemento fundamental para desenvolver uma teoria do calor. E isso aí você só passa se tiver uma perspectiva historiográfica correta, porque senão você vai ficar simplesmente subjugando a História da Ciência aos objetivos do curso de Ciências⁹. E talvez não auxilie, inclusive, no aprendizado da própria ciência. Acho o seguinte: em nível de educação geral, nós deveríamos introduzir História da Ciência nos cursos de Ciências, não com o objetivo de fazer o aluno compreender o que é correto ou não, mas para questionar o que eu chamaria de imagens de ciência – visões que são mais ou menos correntes sobre como se adquire conhecimento científico, como se testa uma teoria, as questões filosóficas a respeito do conhecimento científico, questões a respeito de como a História da Ciência se desenvolve, as relações entre ciência e sociedade. Acho que a História da Ciência teria uma contribuição a dar, nesse nível de educação geral. Agora, não sei se esse objetivo é um objetivo que nós temos que ter também em um curso de Física na universidade. Um físico, na universidade, está sendo treinado. O objetivo da educação científica no ensino superior, é, segundo Kuhn, treinar um profissional em determinadas técnicas, em um paradigma que é aceito. Considero que em nível de ensino superior não devemos misturar História da Ciência com o

⁹ Acho que isso conduz necessariamente a fazer uma história.

curso de Ciências, porque podemos prejudicar o curso e também fazer uma má história. Portanto, devemos deixar o físico fazendo a sua física. O aluno teria a opção de fazer um curso de História da Ciência paralelamente ao seu curso de Ciências, e então faria as misturas que achasse conveniente entre o ensino de Física e a História da Ciência. Devemos separar as duas coisas porque são disciplinas diferentes, com objetivos diferentes, métodos diferentes, e misturarmos as duas pode ser contraproducente tanto para uma quanto para outra.

José Isidoro: Tu estendes essa tua posição mesmo para uma disciplina específica de História da Ciência dentro do curso? É isso?

Paulo: Não. Eu questiono o uso da História da Ciência nos cursos de ciências em nível universitário, quer dizer, o professor de Física, por exemplo, utilizar História da Física para dar o seu curso. Eu questiono a validade disso. Não sei se isso auxilia na aprendizagem; se auxiliar, tudo bem. Se isso de certa forma estimula o aluno, se ele aprende melhor Física quando você fala que as equações de Maxwell na verdade são doze e não quatro, tudo bem, continue usando. Mas acho que a finalidade do ensino da História da Ciência não é a de contribuir para ensinar melhor uma determinada ciência. Os objetivos do historiador ao fazer história são diferentes dos objetivos do físico quando este faz história.

Frederico: Eu vou discordar frontalmente do Paulo pelo seguinte: é que os livros, além de não falar em história, não desvendam o processo da prática científica. E acho que este é um ponto essencial. Além disso, às vezes, eles não falam explicitamente da história. Mas eles contam uma certa história também. Eles colocam uma determinada visão de ciência e introduzem a pessoa nessa visão de ciência. Discutir a História pode ser um meio. Não acredito que seja um mero artifício didático¹⁰. Acho que o historiador da ciência, o físico e o professor de Física têm objetivos essencialmente diferentes ao tratar com a História da Ciência. Considero que o meu objetivo quando dou um curso de evolução dos conceitos é completamente diferente daquele que tenho quando dou um curso de Mecânica, embora eu toque em aspectos históricos neste último. Mas acho que a minha postura é completamente diferente em um curso e no outro. Hoje existe uma visão operacionalista que quer fazer com que a pessoa seja, o mais rapidamente possível, hábil para resolver determinadas equações diferenciais, ou ir para o computador resolver determinadas questões. Eu pergunto: do que a Física brasileira está necessitando hoje? Pra mim, ela necessita de perguntas. Nós estamos sempre importando determinadas perguntas e questões. A gente manda uma pessoa para

¹⁰ Que a gente possa usar.

fora, ela faz doutoramento e volta com uma pergunta, que muitas vezes está associada a toda uma linha de pesquisa desenvolvida por algum grupo. Por vezes, visões diferentes da mesma pergunta envolvem grupos “rivais”, cada qual com questionamentos sérios e profundos sobre os argumentos do outro. No entanto, dentro da visão operacionalista, esses questionamentos e contradições são desprezados e a Física aparenta ser sempre única e parece desenvolver-se linearmente. É só uma questão de ligar a máquina de produção em série. Por quê? Porque a Física é aistórica, sem contradições, muito bonita, completamente consensual, e todo o problema, para o praticante, é que ele ainda não é capaz de perceber tudo. O problema da Física brasileira é qual? Nós somos incompetentes? Penso que não. Tem que haver uma guinada nessa visão e essa guinada passa, sem sombra de dúvida, por uma análise histórica de uma série de coisas. Então, volto a dizer que não é só um artifício didático, um artifício para aumentar uma cultura. É mais do que isso. É possibilitar que a ciência seja tratada como uma atividade humana que tem contradições, processos, idas e vindas e toda uma série de coisas, e que pode até chegar a um consenso no final do processo.

Roberto: Gostaria ainda de esclarecer algumas coisas que coloquei anteriormente. Em nenhum instante quis falar sobre como se deve fazer História da Ciência, pois acho que não era o que havia sido proposto. Acho que existem duas coisas completamente diferentes: uma é fazer um trabalho de historiador da ciência e a outra é utilizar História da Ciência no ensino da Física. Eu só queria discutir a segunda. Acredito que, se a gente quer formar um cientista, este tem que saber como a ciência é construída e não apenas o resultado final. Eu vejo a utilidade do conhecimento histórico para o professor de Física no sentido de ele ser capaz de ensinar melhor o conteúdo que está no livro-texto. Outro aspecto ao qual eu não tinha me referido é o de poder dizer até que ponto algo está fundamentado ou não, e de que maneira. É muito comum o professor, quando se vê encurralado pelos alunos, dizer: “já fizeram experiências sobre isso”. Mas quem, que experiência, que resultado deu? Vou dar um exemplo prático. A força gravitacional que a Terra exerce sobre esse chaveiro aqui não é impedida pela interposição do tampo da mesa entre a Terra e o chaveiro. Quando a gente ensina gravitação, se algum aluno pergunta se é possível uma blindagem gravitacional, como às vezes aparece em ficção científica, a gente diz não. Por que não? Quem mostrou que não? Alguém conhece alguma experiência que tenha sido feita para estudar se um material interposto entre dois objetos pode ou não blindar parcialmente a atração gravitacional? Vocês conhecem? Ignorância histórica! Existem experiências que foram feitas por Majorana, algumas das quais deram resultado oposto ao que se esperava e mediram o coeficiente de absorção da gravidade pela matéria. Veja o papel disso no ensino. O professor diz: “não existe absorção, isso já está estabelecido”, ou então: “não existe o que discutir sobre isso”. Há o que discutir

sobre isso! Se estamos preocupados com a formação de um cientista, e ele se interessa por isso, é importante a gente estabelecer o seguinte: primeiro, como é possível fazer uma experiência desse tipo? A minha imaginação é limitada, mas sei as experiências que foram feitas historicamente sobre isso. Então posso pelo menos dizer: fez-se experiências de tais e tais tipos. Você não pode simplesmente fazer uma experiência prendendo um objeto em uma balança e colocando uma placa de material entre ele e a Terra. Por quê? Porque você já sabe que a placa vai ter uma influência, vai pelo menos atrair o chaveiro. E como é que você separa o efeito da atração que a mesa vai ter e da blindagem que ela produz no campo gravitacional? Então como é que Majorana fez isso em 1920? Ele circundou o corpo de prova com uma distribuição simétrica de matéria, de tal modo que esta distribuição não produzisse nenhuma força atrativa resultante sobre o corpo, mas poderia, eventualmente, blindar a atração gravitacional da Terra. E mediu o efeito. Diz ele que houve um efeito. Bom, se existe esse efeito, ele é incompatível com a teoria da relatividade geral. Para um jovem cientista, isso pode ser extremamente estimulante. A pessoa pode resolver estudar esse assunto. Alguém pode dizer: “mas isso está superado!” Então, quando foi feita a última experiência sobre absorção da gravidade pela matéria? Foi em 1975. Alguém sabia? Não? Isso não é uma coisa que esteja morta, de jeito nenhum, simplesmente é ignorada pela maioria das pessoas. Por isso, eu acho que o conhecimento histórico pode ser útil também para se discutir a fundamentação das teorias, etc.

Zanetic: Não se deve olhar a História da Ciência como uma panacéia para o ensino. Houve uma época em que se pensava que o ensino estava ruim porque não havia laboratório. Fizeram laboratórios e continuou ruim. Em outra época, o problema era não haver livro didático: veio o livro didático e não melhorou, ao contrário, piorou. Estudo dirigido, ensino integrado, instrução programada... foi tentado tudo e se constatou que não existe uma panacéia. A gente pode substituir o ensino de física atual por História e nos vestibulares, daqui a três anos, se deparar com a pergunta: quando é que nasceu Newton? Talvez se corra este perigo. Então não é por aí. Não é só ensinar História, senão, aí o aluno vai começar a decorar frases. Então é um problema complicado realmente. Não é trivial, creio, introduzir a História da Física. Apesar desta dificuldade, eu acho que o professor de Física deve saber História da Ciência, mesmo que ele não a utilize, mesmo que ele não a passe diretamente para seus alunos, de alguma forma esta vai alimentar suas aulas. Eu acho que a História da Ciência é importante para a formação tanto do licenciado como do bacharel em Física.

Maria Regina: Acho que a gente acabou não discutindo uma questão importante. Imagine que eu esteja ensinando Mecânica Quântica e ao mesmo tempo História

da Mecânica Quântica. Esta é uma situação que eu já vivi e a gente vê que isso, na maioria das vezes, não dá certo. Ou seja, querer passar a História junto com o resultado da teoria formalizada, que resultou daquele processo, muitas vezes não dá certo. O Roberto disse que é importante você ter a história na sua cabeça, porque na hora de passar a ciência formalizada você sabe o significado das coisas que está falando. Agora, a história não é o único ingrediente para se construir essa formalização. Há toda uma dificuldade do formalismo, do instrumental, do treino na resolução de problemas necessário para entender, pelo menos, como a matemática está funcionando. Então, de que forma se pode introduzir a História da Ciência no ensino de Física? Entra em um curso à parte? Durante o processo de aprendizagem? Acho que é uma questão muito complicada, e é isto que eu gostaria de discutir. Conheço pessoas que têm uma formação por acúmulo de experiência, que têm a capacidade de colocar essas idéias. Mas eu estou pensando no processo comum, no professor universitário que não tem tempo, disponibilidade, interesse tão profundo para chegar a ter essa capacidade. Como se faz a ponte entre as pessoas que estão trabalhando em História, com uma perspectiva mais de historiador, e as pessoas que estão ensinando em sala de aula?

Arden: Gostaria agora de colocar o seguinte: será que não se formaria melhor um pesquisador em Física se ele tivesse conhecimento de alguns fatos históricos ocorridos no desenvolvimento da Física? Será que o futuro físico não seria mais criativo se tivesse acesso a discussões sobre a História da Física Moderna, já que se sabe que quem faz pesquisa em Física, atualmente, não utiliza Mecânica Newtoniana, mas sim, Mecânica Quântica, Relatividade... que, apesar de recentes, já têm uma história, que não é contada?

Frederico: Retomando o que a Regina colocou, também não tenho clareza de como operacionalizar a introdução da História da Ciência em uma disciplina de Física. Em um curso de Evolução da Física, você sabe. Agora, juntar com a Física é mais complicado. No meu ponto de vista, é importante a pessoa ter consciência do processo histórico que levou a um determinado conceito, não importando qual o conceito. Se ela não souber esse processo, vai resultar em algo semelhante ao exemplo do cachorro que o Robilotta apresentou. Ele mostrou um cachorro, feito de uma série de partes, e comentou: nós damos as partes para os alunos e nunca mostramos como é o cachorro inteiro. Eu gostaria muito de saber como é o cachorro montado por eles, provavelmente o rabo vai estar no focinho... Às vezes, a gente não consegue dar uma visão global e tampouco um caminho para construir essa visão. Através da História da Ciência, pode-se mostrar para a pessoa que existe uma forma de fazer isto, e que o conhecimento daquele conceito não é um conhecimento fracionado.

Paulo: Talvez eu tenha colocado a minha posição de uma maneira um pouco maniqueísta. Na verdade, eu tenho muito mais simpatia pelas posições do Feyerabend do que pelas do Kuhn. Aquela idéia de Feyerabend de você confrontar a pessoa com várias abordagens diferentes pode, talvez, contribuir muito mais para a criatividade científica do que se você treinar exclusivamente em uma determinada técnica. Mas acho que não podemos cair também numa visão, que considero errônea, de achar que podemos fazer algo muito diferente, em um curso de Física, do que aquilo que Kuhn diz que deve ser feito. Eu acho que a função principal da educação científica, em nível universitário, é reproduzir a comunidade de especialistas, pelo treino em um determinado paradigma.

Frederico: Gostaria, como Coordenador desta mesa-redonda, que os palestrantes, que participam deste Ciclo, fizessem suas colaborações finais.

Paulo: Eu dividiria em duas as várias manifestações que foram feitas sobre a importância da História da Ciência para o ensino científico. A História da Ciência seria uma espécie de manancial ou fonte de problemas, e, ao estudá-la, o aluno ou o pesquisador se defronta com problemas que não foram resolvidos, que podem levá-lo então a uma determinada pesquisa – a História da Ciência seria, segundo essa primeira visão, uma fonte de problemas, métodos, etc. Achei muito interessante a posição do Robilotta que colocou a História da Ciência como fonte de visões de mundo. Quer dizer, de repente você não tem uma imaginação suficientemente desenvolvida para poder sugerir visões de mundo alternativas e a História da Ciência poderia fornecer essas visões. Agora, nós teríamos que tentar mostrar, e isso acho que ninguém fez, que de fato a História da Ciência pode contribuir para a prática científica. Acho que isso nunca foi feito. É possível que contribua. Mas acredito que essa é uma contribuição marginal. É possível que, estudando a História da Ciência, você se confronte com algum problema que não foi resolvido, com alguma técnica que você pode utilizar, uma outra maneira de você ver os problemas. É possível. Mas, gostaria de enfatizar que não devemos justificar, legitimar o ensino de História da Ciência somente como um ensino instrumental. Acho que aí nós perdemos de vista a real importância que a História da Ciência pode ter tanto para o ensino médio quanto para o universitário. Não devemos veicular as duas coisas, sob pena de perdermos completamente aquilo que o ensino de História da Ciência possui e que chamei de potencial crítico. E, a meu ver, a História da Ciência desenvolvida por uma pessoa que se dedique exclusivamente a ela é a melhor maneira de se atingir um objetivo muito mais amplo do que o simplesmente instrumental. Essa História da Ciência pode ter um objetivo, alguma função instrumental, mas terá outras funções que eu considero que são muito mais importantes, que têm muito mais a ver com uma compreensão do que seja a

ciência nos seus mais variados aspectos, não só epistemológicos, mas também a sua inserção na sociedade, e na cultura. Acho que essa é a função da História da Ciência e o aluno deve poder fazer uso disso da maneira como ele achar conveniente. Volto a colocar a minha posição: o ensino da História da Ciência não deve ser misturado com o ensino de Ciência porque isso tende a reduzir o potencial crítico que essa História pode ter para a formação do indivíduo. Talvez não para o cientista em sua prática. Eu não sei se um físico que conhece a História da Física será melhor físico do que um que não conhece. Isso não me parece evidente.

Robilotta: O meu comentário final sobre este Ciclo é que nele se discutiu, realmente, o assunto que foi proposto. E isto dentro da Física é uma coisa rara.

Zanetic: Uma professora de Ciências pediu-me para demonstrar algumas experiências de Física para seus alunos. Eram crianças na faixa etária de 9 anos, de uma escola de classe média, que possuíam professores que tinham tempo para preparar suas aulas. Elas sabiam que quando pulavam da mesa caíam porque a terra tinha alguma coisa a ver com isso. Falavam em atração, gravidade, peso e já tinham até brincado com uma balancinha de braço. Fiz, então, uma brincadeira com as crianças. Peguei a balancinha de braço, que elas já conheciam, três bloquinhos de madeira e uma batata que equilibrava exatamente a balança. Com isso, as crianças concluíram que a batata e os três bloquinhos juntos tinham o mesmo peso. A seguir, pendurei cada bloquinho numa mola e eles observaram que ela se distendia igualmente para cada bloquinho. Pendurando a batata na mola, os alunos constataram que a mesa alongava a mola três vezes mais que cada um dos bloquinhos. Então, eles concluíram que a mola tinha a mesma utilidade que a balancinha de braço. Aí, eu fiz uma brincadeira: peguei um béquer com água e mergulhei a batata, o que fez com que a mola voltasse praticamente a zero. Perguntei, então, por que aconteceu isso. Um menininho, em seguida, respondeu: “A gravidade não atravessa a água”. Exatamente como o Roberto falou. As experiências são realmente uma tarefa complicada. Mais complicada ainda se a gente pensar em experiências para crianças. Talvez a resposta a esta questão passasse por uma aula sobre o desenvolvimento histórico do conceito de blindagem. A história talvez forneça para a gente uma certa humildade frente ao desconhecido. Acho que ela passa um pouco pelos erros que as pessoas cometeram.

Maria Regina: Esse seminário vai de encontro à resposta da questão da estratégia de como trazer a história para o ensino. Se a gente não puder fazer isto de uma maneira sistemática e muito formal, acho que não tem problema. Mas que de vez em quando aconteçam eventos como este que vocês tiveram a iniciativa de promover já é uma forma de se começar a pensar nesta questão, de se tentar juntar experiências, para mais tarde se tentar um passo maior.

Roberto: Eu gostaria de reforçar algo que já foi aqui colocado. Acredito que a história pode ajudar a entender as dúvidas dos alunos, porque, às vezes, os alunos têm dúvidas que, para a pessoa destreinada historicamente, é simplesmente uma imbecilidade. Se a pessoa conhece bem a história, ela sabe que grandes mentes do passado tiveram as mesmas dúvidas, que são dúvidas até muito inteligentes, muito pertinentes e que merecem ser respondidas cuidadosamente. A respeito, então, do que fazer, eu queria ajudar a complicar, colocando o seguinte: eu dou aula de Física, de História da Ciência e de Teoria da Relatividade, e já dei cursos de História da Teoria da Relatividade; a sensação que tenho é que preciso de tempos equivalentes para ensinar o manejo da teoria, a manipulação das fórmulas, etc., e para dar a história disso (os problemas, as dificuldades, as alternativas e coisas desse tipo). Portanto, se essa minha impressão é correta, é inviável você preparar, historicamente, um professor para ensinar todas as disciplinas.

Frederico: Gostaria de agradecer a todos os participantes deste Ciclo e espero que possamos nos encontrar novamente no ano que vem, no II Ciclo de Seminários.