

HISTÓRIA, SOCIOLOGIA, MASSA E ENERGIA. UMA REFLEXÃO SOBRE A FORMAÇÃO DE PESQUISADORES EM FÍSICA

HISTORY, SOCIOLOGY, MASS AND ENERGY. A REFLECTION ABOUT THE PHYSICAL RESEARCHER FORMATION

Marcília Elis Barcellos¹
João Zanetic²

¹USP / Mestrado em Ensino de Ciências Modalidade Física / marcilia@if.usp.br

²USP / Instituto de Física / Zanetic@if.usp.br

Resumo

Nesse trabalho apresentamos uma análise de uma proposta aplicada em sala de aula. A proposta é resultado de um estudo histórico da relação massa energia, $E=mc^2$. Também nos baseamos, tanto na elaboração quanto na análise da proposta, nos chamados Estudos Sociais da Ciência, mais especificamente nos trabalhos de Bruno Latour. Nosso intuito com esse estudo aplicado é compreender melhor como a história da ciência pode ser um instrumento para estimular futuros pesquisadores a refletir sobre a prática científica. Acreditamos que esse tipo de abordagem é importante na formação científica, pois um aluno futuro pesquisador que reflete sobre a prática da ciência, tem mais instrumentos para ser um cientista mais crítico, criativo e que encare a faceta humana da ciência.

Palavras-chave: Formação de Pesquisadores, História da Ciência, Estudos Sociais da Ciência, Massa-Energia, Problematização.

Abstract

This paper presents an analysis of a proposal applied in classroom. The proposal is the result of a historical study of the relation mass energy, $E = mc^2$. The elaboration and analysis of this proposal was also based on the Social Studies of Science, especially on Bruno Latour's studies. Our purpose with this applied study is to understand better how history of science can be an instrument for stimulating futures researchers to think about scientific activity. We believe that this kind of approach is important for scientific graduation, because a future researcher that thinks about scientific activity has more instruments to become a more critical and creative scientist, and that confronts the human face of science.

Keywords: Researcher formation, history of science, social studies of science, mass-energy, problem-posing.

INTRODUÇÃO

Iremos expor aqui uma parte de um trabalho maior referente a uma reflexão sobre a formação de pesquisadores e qual o papel que a história e a filosofia da ciência podem desempenhar nessa formação. Essa reflexão mais ampla é composta de um estudo histórico, um conjunto de concepções educacionais baseadas principalmente nos trabalhos de Paulo Freire, e uma reflexão sociológica que compõe nosso instrumento intervenção e medida em sala de aula.

O foco desse trabalho está portanto na experiência didática que foi realizada dentro do universo maior de uma pesquisa ainda em andamento. Nessa experiência está refletida nossa crítica sobre a formação atual de pesquisadores e nossa proposição do que deveria estar presente nessa formação.

Acreditamos na educação problematizadora (Freire, 1992) em qualquer nível de ensino. Em geral a formação tradicional de pesquisadores incentiva o indivíduo a se adaptar as regras dominantes, não estimula a criatividade e não enfatiza a prática da ciência como atividade humana. Os próprios manuais didáticos de ensino superior refletem isso, estimulando os estudantes a simplesmente substituir um conceito por outro (Kuhn, 1974).

Com a intenção de proporcionar aos estudantes de graduação uma experiência diferenciada, a fim de os estimular o pensar a prática científica optamos por usar a história da ciência. Para enfatizar nosso objetivo maior que é o de estimular nos alunos uma reflexão crítica sobre a prática científica e não recair apenas num estudo histórico, baseamos também fortemente nossa proposta nos Estudos Sociais das Ciências, principalmente nos trabalhos de Bruno Latour.

Nossa proposta tem ainda um recorte bastante particular, no que se refere ao tema de física que iremos abordar. Aprofundamo-nos no histórico da relação massa energia, popularmente representada por $E=mc^2$ e, estendendo a ela alguns conceitos definidos por Latour, orientamos a nossa reflexão sobre a prática científica (Barcellos 2007). A escolha desse tema se deve ao fato dessa ser uma equação bastante conhecida e que permite uma problematização muito rica, porque envolve os conceitos básicos de física que já tiveram muitos significados ao longo da história.

A PROPOSTA NA SALA DE AULA

Tendo feito um estudo histórico sobre a relação $E=mc^2$ e as relações com os trabalhos de Latour foi preciso elaborar atividades que efetivamente pudessem ser levadas à sala de aula. As atividades foram elaboradas em parceria com a docente Suzana Salém Vasconcelos, e realizadas com estudantes do bacharelado em física, na disciplina de Física IV, do curso diurno do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

A Disciplina

Na disciplina de Física IV são trabalhados conteúdos de eletromagnetismo e relatividade. No caso do curso de bacharelado esse é o primeiro momento em que os estudantes têm contato com um conteúdo de Física Moderna. É portanto o primeiro contato acadêmico que os estudantes têm com o tema relatividade.

Na disciplina não é adotado nenhum dos livros tradicionais de Física Básica. Os estudantes utilizam uma apostila escrita numa parceria de vários docentes do IFUSP¹. A apostila, dividida

¹ São autores do material didático utilizado na disciplina os professores do IF: Maria José Bechara, José Luciano Miranda Duarte, Manoel Roberto Robilotta e Suzana Salém Vasconcelos.

por aulas, contempla os conteúdos de eletromagnetismo de maneira tradicional, porém reserva grande parte do semestre ao tratamento de relatividade.

Um diferencial dessa disciplina é sua primeira aula. Na apostila o tema dessa aula é “O Universo Físico”. Nessa aula é feita uma ampla discussão sobre o que é o universo físico, primeiramente com certo distanciamento, a fim de diferenciar o universo físico dos outros universos de conhecimento. Em um segundo momento o chamado universo físico é organizado com o uso de uma analogia. Ele é comparado a uma peça de teatro e são feitas as seguintes associações: **Palco** – o espaço e o tempo, **Diretor** – as leis dinâmicas, **Atores** – matérias e campos. Após uma muito breve descrição de alguns fatos históricos relacionados à física clássica, a apostila apresenta um esquema, que é uma representação do universo físico clássico (tabela 1).

Universo Físico Clássico		
Palco	momentos linear e angular	energia
	↑	↑
	Espaço	tempo
Diretor	leis dinâmicas	
Atores	matérias	↔ campos

tabela 1

Em seguida é discutido o universo físico relativístico, que tem duas representações. Uma é referente à relatividade restrita (tabela 2) e outra se refere ao universo físico da relatividade geral (tabela 3). Os autores comentam que colocar $E = mc^2$ no quadro não é uma coisa simples, uma vez que a energia é parte do palco, enquanto a massa é um ator. Resolvem o problema apenas na tabela 3, onde a massa passa definitivamente à parte do palco, pois pela relatividade geral é um agente que altera a geometria do espaço tempo.

Passada essa discussão dos universos físicos na primeira aula, o conteúdo de relatividade voltará a aparecer na aula 18, depois de visto todo o conteúdo de eletromagnetismo. No texto, o assunto é abordado com uma discussão sobre os impactos que a relatividade causou na física. É comentado que a relatividade subverteu profundamente o universo clássico e novamente se faz uma breve referência à equação $E = mc^2$ e à mudança pela qual ela é responsável. O texto traz também uma discussão sobre simetria e segue com outros conteúdos de relatividade.

Universo Físico Relativístico (1905)		
Palco	momentos linear e angular ↔ energia	
	↑	↑
	Espaço	tempo
Diretor	novas leis dinâmicas	
Atores	massa ↔ campo gravitacional	
	carga ↔ campo eletromagnético	

tabela 2

Universo Físico Relativístico (1915)		
Palco	Momentos linear e angular ↔ energia ↔ Massa gravitacional	
	↑	
	espaço	tempo
Diretor	novas leis dinâmicas	
Atores	carga ↔ campo eletromagnético	

tabela 3

Diante dessa estrutura da disciplina, ponderamos em conjunto com a docente que o melhor momento para introduzir a primeira atividade sobre $E = mc^2$ seria quando se faz a discussão sobre o universo físico relativístico.

As intervenções

Foram três as intervenções realizadas ao longo do primeiro semestre de 2006. Duas atividades e uma discussão, que foi filmada.

Decidimos que a primeira atividade seria uma pergunta aberta. Uma pergunta que convidasse os estudantes a pensar sobre a atividade científica e que investigasse se eles tinham algum conhecimento de história da física buscando verificar de que nível seria esse conhecimento. Essa atividade está intimamente relacionada às analogias usadas nas tabelas da apostila, que transcrevemos acima. A idéia era estimular nos estudantes o exercício de filosofar, ao invés de trazer algum texto pronto de caráter informativo. A docente propôs que os estudantes levassem a atividade para casa e a trouxessem na semana seguinte. Recomendou ainda que a atividade fosse respondida com franqueza, e que não era apropriado buscar respostas em livros e artigos.

A segunda atividade consistiu em fornecer algumas informações históricas através de um texto. O texto tem estreita relação com a questão da primeira atividade. Assim pretendemos que a primeira atividade tenha servido de elemento problematizador, estimulando a leitura do texto da atividade dois. O texto foi produzido para esse fim, com base na reflexão histórica que fizemos no início da pesquisa. Foram colocadas ainda mais algumas questões convidando os estudantes a refletir sobre o conceito de descoberta e sobre os elementos que auxiliam na aceitação de uma teoria física pela comunidade científica.

Finalizamos a nossa proposta com uma terceira intervenção, que foi uma discussão ao fim do semestre com os estudantes. Essa discussão foi conduzida pela docente. Depois de esclarecido o objetivo da filmagem, a docente começou a conduzir a discussão, incentivando os estudantes a falarem sobre as duas atividades propostas anteriormente. Durante a pesquisadora (M. Barcellos) fez algumas interferências acrescentando alguns fatos históricos e fazendo provocações nesse sentido. A docente fez algumas interferências também quando desejava mudar o foco da discussão, para contemplar os vários aspectos tratados nas atividades anteriores.

ALGUNS CONCEITOS DEFINIDOS POR LATOUR

Nossa análise da proposta didática se baseou em categorias que definimos a partir de alguns conceitos definidos por Latour na análise de alguns episódios da história da ciência. Bruno Latour é um influente sociólogo da ciência que argumenta no limite entre as concepções filosóficas e sociológicas da ciência, entre o realismo e o construtivismo e outros conflitos que discute, em seus textos.

Gostaríamos ainda de esclarecer que, embora a obra de Latour não seja absolutamente consistente do ponto de vista filosófico, ela traz conceitos muito interessantes a esse trabalho. Centramo-nos mais nas obras “A esperança de Pandora” e “Ciência em Ação”, duas publicações mais recentes, nas quais o autor recua um pouco em sua postura relativista, respondendo a muitas críticas que recebeu por “Vida de Laboratório”. Julgamos que os conceitos propostos, como a caixa preta por exemplo, são extremamente interessantes para o caso da análise da equação $E = mc^2$. Além disso, acreditamos que conseguimos corroborar com sua obra uma visão de ciência que consideramos adequada ao tipo de ensino que estamos propondo.

A referência circulante

No conceito de Referência Circulante Latour tenta preencher a lacuna que existe entre mundo e linguagem. Ao tentar encontrar o mecanismo de correspondência entre as coisas e as palavras existe um hiato, que a referência tentará cobrir.

Esse mecanismo consiste em uma cadeia que compreende uma série de transformações, onde cada fragmento é um pequeno hiato entre matéria e forma. A cadeia pode ser percorrida nos dois

sentidos, visto a necessidade de transitar entre o referente e o referido. Em cada etapa há um operador comum que pertence à matéria em um extremo e à forma no outro.

Em cada passo há um ganho e uma perda de informação. Para exemplificar olhemos para o caso no qual Latour ilustra o conceito de referência circulante, na obra “A Esperança de Pandora”. Ele acompanha uma equipe de pesquisadores que investiga o espaço de transição entre a Floresta e a Savana na floresta amazônica, exemplificando o que ele caracteriza como etapas da referência circulante. Uma cientista botânica brasileira e um pedólogo francês, cada qual na sua área de atuação, executam os procedimentos que iriam lhes permitir uma análise conclusiva sobre uma mudança da floresta.

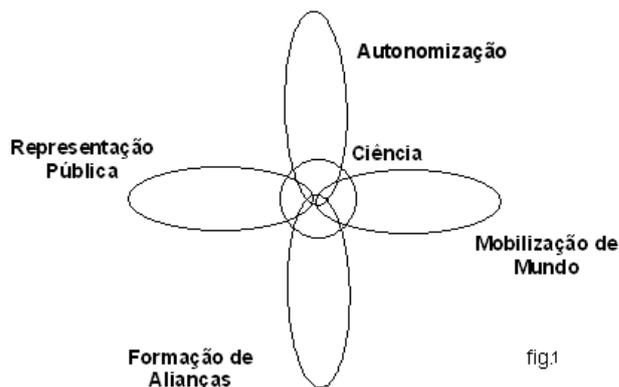
A cientista botânica colhe amostras de vários tipos de vegetação, que irá dessecar, classificar, comparar e analisar em meio a um banco de dados contendo milhares de outras espécies. Cada etapa do procedimento é uma etapa da referência circulante. Em cada uma delas algumas informações são perdidas e outras ganhas. A sucessão destas etapas constitui a distância entre o mundo (a planta intocada na floresta) e a linguagem (um conjunto de dados sistematizados que representam a floresta em uma folha de papel bidimensional usando algum tipo de codificação própria da área de conhecimento). É apenas esse processo de sistematização que permite ao cientista visualizar a resposta que ele procura. Embrenhado na imensidão da floresta jamais conseguiria ir a fundo nos processos que deseja investigar. É necessário, também, que a referência permita um caminho de volta no acesso à “realidade”, caso um novo estudo seja necessário.

Assim a referência circulante não estabelece as extremidades entre o mundo e a linguagem, mas descreve essa conexão através de uma seqüência de mediações, o que permite a aproximação que se queira, dependendo da relação entre o ganho e a perda de informação em cada etapa, e o objetivo de quem a manipula.

‘Verdades Tácitas’ da Ciência

Da pesquisa à ciência, uma ‘descoberta’ percorre um caminho. Os conceitos que hoje são praticamente conceitos tácitos entre especialistas de determinada área já foram conversas trepidantes na boca de outros cientistas. Para entender como se dá essa mudança progressiva, *onde humanos falando uns com os outros discorrem sobre as coisas com grau de verdade cada vez maior*, é preciso transitar entre fatores sociais (história externalista) e puramente epistemológicos (história internalista). Cabe aqui reproduzir um esquema de Bruno Latour onde ele sumariza sua compreensão da circulação conceitual envolvendo atores humanos e não humanos.

No processo que Latour chama de sistema circulatório de fatos científicos há a representação de cinco tipos de atividades ou circuitos necessários à existência da atividade científica. Primeiramente os instrumentos (mobilização do mundo), depois os colegas (autonomização), a formação de alianças e a representação pública. O quinto circuito representa a “ciência” propriamente dita, localizada no centro de tudo isso onde estabelece vínculos e nós com todos esses elementos humanos e não humanos (fig.1). Nessa visão, uma separação entre história externalista e história internalista se mostra uma descrição incompleta.



A autonomização se faz necessária, pois os especialistas vêm dos amadores que, ao construírem seus critérios de avaliação e relevância convencem seus interlocutores e se tornam independentes constituindo sua disciplina. São os colegas que, se capazes de criticar e ao mesmo tempo utilizar os critérios, garantem o sucesso da pesquisa. É a representação pública que permite o fluxo puro das informações científicas com o mundo exterior das pessoas comuns. E por fim são as alianças com grupos inicialmente distantes das pesquisas, que se constituem em condições e instituições que oferecem “guarita” à realidade da pesquisa.

O conceito de caixa preta

Uma caixa preta é um conceito ao qual é atribuído um grau inquestionável de verdade, justamente pelas associações que ele faz com outros conceitos e com elementos humanos, interessando os grupos de pessoas e as alianças que estas pessoas estabelecem. Mas tudo isso passa despercebido por quem manipula a caixa e obtém o que deseja.

Uma caixa preta tem que ser constituída de elementos autônomos e ômatos. Tem-se uma caixa preta quando muitos elementos são levados a atuar como um só.

Cientistas trabalham com caixas pretas. Sua tarefa está relacionada com fechar algumas caixas pretas e abrir outras. Ele pode estar trabalhando em alguma pequena engrenagem de uma caixa preta ainda aberta, ou questionando conceitos anteriores e já consolidados tendo que abrir outras caixas pretas.

Do mesmo modo, em qualquer atividade científica os cientistas podem usar muitas caixas pretas sem questioná-las ou alterá-las. Assim com uma pessoa pode dirigir um carro sem ter a menor idéia dos conceitos físicos envolvidos em seu funcionamento.

OS DADOS

Essa seção traz uma breve análise dos dados coletados em 2006. Consta aqui a análise de cerca de um quarto dos dados, referente às três atividades desenvolvidas. Nessa análise tentamos fazer um paralelo entre algumas falas dos estudantes e alguns conceitos definidos por Latour, como a autonomização, a referência circulante, a caixa preta e a mobilização de mundo.

Atividade 1

A primeira atividade proposta tinha o intuito de ser uma atividade problematizadora. Foi notável na resposta de muitos estudantes como os mesmos se colocaram em uma posição bastante crítica, por exemplo ao questionarem o modelo de palco e atores proposto na atividade. Podemos

interpretar isso como sendo um indício de que houve efetivamente uma comunicação (no sentido freiriano) entre a docente e esses estudantes. Como exemplo disso transcrevo alguns trechos de respostas de estudantes à pergunta proposta na atividade 1².

“Voltando para o modelo palco-ator, tiramos a conclusão de que massa é palco e ator, não há diferenciação, isso se torna uma incoerência, mas só se continuarmos a pensar e comparar com a idéia de palco e ator que temos um teatro ou visão clássica. Acontece que nesse novo universo físico não podemos raciocinar comparando com esse modelo, temos que criar um novo, uma nova configuração e relação entre palco e ator.”

“Do meu ponto de vista, a massa sempre foi um ator, mesmo na concepção clássica, mas Newton não soube interpreta-la assim como Einstein o fez. Portanto, essa incoerência pode ser explicada do ponto de vista da massa que já é palco e agora também é um ator, pois ela participa da peça assim como todos os outros atores, que seja, na minha concepção de cenário(que seria o palco) também faz parte da peça e é um ator. Seguindo essa linha de pensamento acredito que ainda há muita coisa a ser descoberta no campo da física e que novas teorias ainda serão elaboradas principalmente quando conseguirmos relacionar todas essas entidades de uma só vez.”

Nessa última fala o estudante menciona *relacionar entidades de uma só vez*. Fica possível fazer a relação com a fase de formação da caixa preta definida por Latour. O estudante destaca a importância de relacionar entidades e de ser mais elaborada.

No trecho transcrito abaixo é possível identificar alguns traços do conceito de autonomização, quando o estudante menciona a importância de um cientista se manter em voga perante uma comunidade científica. Isso ressalta que existe uma estrutura interna na ciência e qual sua importância na dinâmica da evolução científica.

“Colocando-se 100 anos atrás a idéia de aceitar a proposta de Einstein, repleta de conceitos tão abstratos, representa insanidade. Acho que o material que Einstein produziu sobre o efeito fotoelétrico ajudou-o a medida que o manteve em voga, todo como um grande cientista, até que a relatividade pudesse ser aceita. Do contrário, acho que ele só teria representado alguma loucura entre o ser humano e a física.”

Atividade 2

Das respostas dos estudantes para a atividade 2³, primeiramente percebemos um padrão bem diferente das falas com relação às respostas da atividade 1. As informações contidas no texto aparecem reproduzidas em um grande número de respostas. Uma grande parcela dos estudantes

² “É razoável que uma entidade seja palco e ator?”

³ Questão 1

“Einstein descobriu a relação massa energia em 1905”. Você acha que Einstein foi o único físico daquele período que descobriu a relação massa energia exatamente em 1905?

Questão 2

Entre o primeiro artigo que fazia menção à relação massa energia e sua “aceitação” pela comunidade científica que, segundo Stachel, ocorreu em 1916 passaram mais de 10 anos. Você seria capaz de identificar alguns dos elementos (conceituais, metodológicos, filosóficos, sociais e etc) que levaram a aceitação da teoria dentro e fora da comunidade científica?

não expôs uma reflexão individual acerca das questões propostas, limitando-se apenas a repetir o conteúdo do texto.

Como resposta à questão 1

Na seguinte transcrição destacamos a presença do conceito de autonomização, fazendo referência à dinâmica da atividade científica e como isso pode interferir no processo de uma entidade física se revelar aos cientistas.

“Afinal, pensa comigo: imagine um bando de físicos... todos ali, pensado, pesquisando, investigando, averiguando... fazendo tudo ali, na mesma área ou em alguma área que guarde alguma conexão para com essa. A partir do “momento” em que esses físicos vão trabalhando, pesquisando, descobrindo as “suas coisas”, eles vão dando um passo a mais, fazendo com que todas essas descobertas passem a ser um arcabouço para que outras possam vir à tona. Ou seja, não é possível ao meu ver que uma coisa tão grandiosa passe despercebida por esse bando de gente; uma coisa, por exemplo como a que Einstein descobriu. Uma coisa tão grandiosa que ali dessa área. Basta ver os trabalhos científicos que estavam sendo desenvolvidos ali naquela época. Era como se tudo estivesse cercando a coisa. ... fazendo com que essa coisa, mais cedo ou mais tarde, se revelasse aos olhos de alguém, de um dessa turma. Tanto faz se fosse o Einstein ou não. Se o Einstein não existisse um outro alguém ia ter visto isso, iria ter descoberto tal relação. No quesito matemático da coisa, talvez essa descoberta não fosse assim expressa como ela é hoje... mas, com algumas manipulações, também matemáticas, poderíamos ter tais relações expressas assim como a bem conhecemos, já que o “físiquês” por trás de toda a coisa seria o mesmo.

Eu não estou querendo esculachar o Einstein... longe disso! Mas quando tem um monte de gente boa pensando, investigando sobre alguma coisa, alguma coisa aparece... ainda mais quando essa coisa é a relação massa-energia, já que a coitadinha estava cercada (coitada!).”

Quando a estudante se refere ao termo físiquês, faz relação com todo tipo de prática que é comum a uma comunidade de físicos e como isso pode interferir nos resultados. Existe algo que caracteriza a comunidade dos físicos de forma autônoma.

Esse outro estudante, como resposta à questão 1, fala na derrubada da idéia de éter:

“Talvez o grande obstáculo era derrubar a idéia do éter, referencial absoluto, que a teoria mostra estar errada.”

Isso corresponderia ao processo de desmontar uma caixa preta. Ao questionar o éter o cientista estaria abrindo uma caixa preta, uma vez que o éter era uma idéia bastante forte no começo do séc. XX. Ao abrir uma caixa preta, segundo Latour, o cientista pode fazer uma nova “descoberta”

Como resposta à questão 2

A resposta transcrita abaixo menciona a noção de paradigma.

“Tudo isso reforça a idéia de que, às vezes, é preciso desafiar um paradigma, imaginar situações que fogem a intuição para enriquecer as descobertas”

Embora a noção de paradigma mencionada se aproxime do significado Kuhniano da palavra, podemos analisar essa resposta sob a ótica da obra de Latour usando novamente as alianças. Na busca pelo maior número possível de alianças que um conceito pode fazer, ele pode acabar saindo do paradigma. Buscar alianças fora do paradigma seria o que o estudante chama de enriquecer as descobertas.

Essa outra resposta faz menção à representatividade pública de Einstein:

“fora da comunidade científica, até que pode ter sido mais fácil... se bem que eu não sei se foi realmente isso que aconteceu. Normalmente as pessoas não cientistas se baseiam muito no que os outros falam (embora isso não seja uma regra)... e quando esses outros que falam são cientistas, fica fácil pra aqueles que não são aceitarem, embora, não necessariamente, isso signifique “entender muito”.

O Einstein, com aquela gravatinha borboleta, com aquele cabeção, com aquele cabelão arrepiado que aumentava ainda mais o volume da sua cabeça, devia ser uma figura para a época... ainda mais sendo um cientista. Algumas pessoas enxergam os cientistas, ainda mais aqueles cientistas da área de exatas, como pessoas meio maluquinhas. O Einstein com todo esse visual, com todas as suas manias estranhas e ainda por cima sendo um cientista que trazendo umas coisas novas, que aos poucos iam sendo confirmadas por uma leva de cientistas tão “bem vistos” como ele, era o cara! A turma aceitou! Não diziam um tempo atrás que o Papa era pop? Então... Naquela época lá o Einstein era pop! E tudo ficou relativo pra todo mundo... Que maravilha....!!!

De maneira curiosa essa estudante fala da fama de Einstein e da peculiaridade de sua figura. Isso se encaixa no que Latour descreve como a representação pública. A estudante na sua resposta atribui justamente à representação pública parte do sucesso que Einstein obteve em sua teoria.

Atividade 3 – a discussão

Essa atividade se realizou em aproximadamente 1h40 de discussão. A análise abaixo se refere ao período de 21’ 11’’ até 42’ 20’’.

Estudante A (21’33’’) : “Basicamente eu vislumbro que a proposta do Einstein em relação a massa energia, fez um arcabouço, uma teoria simples e consistente. Agora os outros chegaram de certa maneira a uma relação semelhante da massa, só que era um enfoque muito restrito e não servia como uma teoria pra...que se desdobrava e se correlacionava com vários tópicos da física.”

Nessa fala podemos ver a importância que o estudante A dá ao que Latour denomina de relações e alianças da ciência. Ele destaca a proposta de Einstein como mais abrangente que as outras, ou seja, destaca que ela faz mais relações.

Estudante B (22’ 13’’) : “Não sei se é tão simples e consistente assim... se tão simples pra ciência da época. É uma proposta que vai a um objetivo. A diferença das outras coisa, é por mais que outras propostas tenham chegado a uma relação entre energia e massa a proposta não era essa! Por mais se cheguem a muitas coisas na ciência sem querer a proposta não era essa! As vezes eles não deram muita atenção a isso.ou o devido enfoque a ponto de poder abranger isso pra tudo. Então é claro que o mérito é do Einstein, mas não necessariamente dele e fechado... mas acho que tudo na ciência é assim... sem querer a gente não pode

falar que Newton não ajudou Einstein que ajudou... entendeu? Tudo está relacionado!”

Aqui podemos perceber a presença do conceito de Referência Circulante. A estudante menciona como o trabalho do Einstein é baseado em trabalhos de outros cientistas e como servirá de base a teorias posteriores. Ela destaca que as outras propostas apresentadas não eram apenas alternativas diferentes, mas que contribuíram para o trabalho de Einstein.

Estudante C (20' 21'') : “Eu queria saber uma coisa... vocês colocaram uma tabela, das expressões que os caras chegaram, mas assim... a expressão que o cara chegou, eu não sei se está embutido necessariamente a visão de mundo que o cara tinha. Porque pra você fazer a conta e tomar aquilo como verdade... falar... ta bom vai... vamos adotar isso aqui como verdade... que nem fazer uma prova vai... não precisa estudar muito...você lê as quatro equações de Maxwell e vai lá pra prova e fala... ah é só fazer, só jogar aqui, e beleza... eu acredito vai professora...”

Nessa fala o estudante C faz referência ao conceito de caixa preta. Ele menciona que o cientista tem que adotar uma visão de mundo e que isso implica em aceitar certas coisas como verdade. Assim como ele simplesmente acredita nas equações de Maxwell e as usa. Para o estudante essas equações são uma caixa preta e é por isso que ele acredita nelas.

Estudante C (22' 67'') : “Aí o cara chegou naquela expressão mas então... e aí? Eu tava esperando talvez que... eh... desse a visão de mundo que o cara tinha! Porque eu acho que o mais interessante de tudo que o Einstein fez não foi chegar a tipo uma expressão fácil assim como $E=mc^2$, oh é simples e tal e diz muita coisa, mas esse muita coisa que quer dizer... entendeu?... qual a imagem que o cara tinha do negócio.”

Estudante B (24' 38'') : “Ele trouxe uma nova visão!”

Estudante C (24' 43'') : “Então, mas poderia ser uma expressão gigantesca, sei lah... Negócio viajante assim, mas a idéia que o cara tinha que é o importante...Essa visão de que... por exemplo, Newton, pra ele, o espaço tá lá...independente de tá massa ou estar qualquer coisa lá. O espaço vai tar sempre aquele lá. Se tirar tudo do espaço, assim do universo, o universo vai tar lá. E Einstein não... ele falou não... se as massas tiverem assim vai ser de um jeito, se for de outro jeito o espaço é assim. Então essa é a concepção de mundo que ele teve. E isso pra mim é mais importante do que $E=mc^2$, discutir se massa é igual a energia e qual a relação com as duas. No mérito da discussão qualitativa isso aí é interessante, mas pô o que é massa? Será que eu tivesse aqui de repente e sofresse um decaimento, sei lá, se eu virasse fóton, será que a energia liberada seria igual ao meu peso na balança vezes c^2 ?”

Nessa fala podemos indicar a presença de uma reflexão sobre a atividade do cientista. Quando o estudante destaca o trabalho de Einstein, comenta que ele desmontou a concepção Newtoniana, ou seja a caixa preta da mecânica Newtoniana. Isso por que segundo o estudante, Einstein questionou relações internas dessa caixa que já eram aceitas como verdade pela comunidade científica e não estavam mais sujeitas a ser questionadas.

A docente no momento seguinte faz uma intervenção no sentido de conduzir a discussão em direção à reflexão proposta pela atividade 1, ou seja, tentar imaginar qual o impacto de tudo isso na época.

Estudante B (32' 56'') : “Para os físicos agora, eles estão convencidos que todo mundo realmente entendeu essa questão...pras pessoas em geral.. pra quem não tem uma base... pra alguém da humanas por mais que seja hoje isso não vai ser tão simples pra ela... não sei se é natural. Hoje! Por mais que seja hoje.”

Na fala dessa estudante podemos destacar a importância que ela dá ao que Latour chama de autonomização. Do que é comum e inteligível apenas para a comunidade dos físicos e como isso os difere como classe.

Alguns instantes depois o estudante C volta a comentar o processo de criação de Einstein.

Estudante C (33' 63'') : “Talvez Einstein tenha tomado algumas coisas como verdade, acho que um dos méritos de Einstein foi coragem. De falar, vamos lá vai...Foi adotar aqueles dois princípios dele da relatividade restrita, e falar isso aqui é verdade e esquece o resto!”

Aqui o estudante descreve uma situação que para Latour seria a visão de um cientista trabalhando na construção de uma caixa preta. Criando novos postulados, que criam novas relações, pretensas a ganhar o status de verdade.

Esse mesmo estudante é interrompido em sua fala pela estudante B:

Estudante B (34'31'') : “Não, o problema é que funcionou!”

Quando a estudante atribui o sucesso da teoria ao fato de que funcionou, já conferiu um grau de autonomia à mesma. O estudante C responde:

Estudante C (34' 35'') : “Não... tudo bem assim... mas.. Não estou pensando ainda se funcionou ou se serve, mas nas consequências que ele chegou entendeu? Por que é uma coisa assim que as pessoas na época se chocaram, com as consequências que ele tomou”

O estudante C observa a diferença entre uma caixa preta aberta ainda e uma já fechada. Quando a estudante B menciona o fato de funcionar, já imagina o conceito como caixa preta. Já o estudante C está pensando na caixa antes de ela ser fechada.

CONCLUSÕES

Com essa análise podemos perceber que mesmo sem ter tido contato os textos de Bruno Latour os estudantes apresentam reflexões que podem ser de alguma forma comparadas com conceitos definidos por ele. Isto nos indica que houve efetivamente por parte dos estudantes uma reflexão sobre as atividades científicas, que não se resume a meramente dissertar sobre fatos históricos ou citar filósofos ou epistemólogos.

Pretendemos com este trabalho dar uma contribuição à reflexão sobre a formação de pesquisadores. Acreditamos que através da formação de pesquisadores é possível modificar a prática da ciência.

A visão de ciência que propomos é uma visão mais humana, que além de minimamente ser respeitosa ao futuro cientista, no que diz respeito de que tenha seu espírito crítico estimulado e não diminuído durante sua formação, possa também construir uma ciência mais inclusiva.

BIBLIOGRAFIA

BARCELLOS, M., ZANETIC, J – **Abrindo a Caixa Preta da Massa Energia**. Atas do XVII SNEF, São Luis, 2007.

FREIRE, P., - **Extensão ou Comunicação?**, Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. – **Pedagogia da autonomia**. Saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1997.

KUHN, T. S. **A Função do Dogma na Investigação Científica**. IN: DEUS, J.D., *A Crítica da Ciência: Sociologia e ideologia da Ciência*. Rio de Janeiro, 1974.

LATOUR, B. – **A Esperança de Pandora**, Bauru, EDUSC, 2001.

LATOUR, B. , WOOLGAR. S. – **A Vida de Laboratório**. Rio de Janeiro, Relume Dumará, 1997.

LATOUR, B; - **Ciência em ação**, Bauru, EDUNESP, 2000., T. S. – **A Função dogma da investigação científica**” In: DEUS, J. D. (organizador), *A Crítica da Ciência*”. Rio de Janeiro, 1974.