CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROBLEMATIZANDO O PAPEL DA CIÊNCIA NA SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO DE FÍSICA

Julliana Miguel Bomfim

Dissertação apresentada ao Programa/Curso de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio de Oliveira Reis

Rio de Janeiro
Junho / 2017

PROBLEMATIZANDO O PAPEL DA CIÊNCIA NA SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada ao Programa/Curso de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Julliana Miguel Bomfim

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professor Dr. José Claudio de Oliveira Reis (CEFET/RJ-UERJ) (orientador)

_____

Professora Dra. Andreia Guerra de Moraes (CEFET/RJ)

_____

Professora Dra. Gisele Faur de Castro Catarino (UERJ)

_____

Professora Dra. Tânia de Oliveira Camel (FIOCRUZ)

Rio de Janeiro
Junho / 2017

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

B695 Bomfim, Julliana Miguel
Problematizando o papel da ciência na sociedade : uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Física / Julliana Miguel Bomfim.—2017.
74f. + apêndices e anexo : il. (algumas color.) ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2017.
Bibliografia : f. 69-74
Orientador : José Claudio de Oliveira Reis

1. Ciência – Aspectos sociais. 2. Ciência – História. 3. Ciência – Filosofia. 4. Física (Ensino médio) – Estudo e ensino. 5. Cinema na educação. I. Reis, José Claudio de Oliveira (Orient.). II. Título.

CDD 303.483

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor José Claudio, que tornou possível a concretização dessa etapa e deu todo o apoio que eu poderia precisar. Gostaria de agradecer também à professora Andreia que dispôs de seu tempo para a realização dessa pesquisa, dando inúmeros conselhos. E a todos os outros professores do programa que contribuíram com ensinamentos fundamentais. Agradeço também aos queridos alunos do segundo ano de administração que deram relevância a este trabalho. E um especial obrigado às amigas Catalina e Liliane, e todos os colegas do PPCTE, que tornaram essa fase muito mais divertida. Agradeço também a CAPES e ao CEFET, pelos auxílios financeiros concedidos, que permitiram a realização dessa pesquisa. A todos os demais que contribuíram direta ou indiretamente para essa pesquisa, obrigada!

RESUMO

Problematizando o papel da Ciência na sociedade: uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Física

A presente dissertação apresenta uma pesquisa qualitativa empírica descritiva realizada em torno da aplicação de uma Sequência Didática com abordagem histórico-filosófica, durante um curso de Física, numa turma de Ensino Médio-técnico de uma escola da rede pública federal brasileira. Durante a elaboração e aplicação da SD, fez-se uso da metodologia de pesquisa-ação com o objetivo de continuamente adequá-la às questões que eram postas em pauta na sala de aula. O foco principal da pesquisa foi na realização de duas atividades, um debate baseado na exibição do filme *Steamboy* (2004) e uma pesquisa paralela sobre o CERN, seus projetos e contexto. A coleta de dados foi realizada por meio de anotações feitas num caderno de campo, cópia de materiais criados por alunos, gravações em áudio e vídeo de aulas e gravações de entrevistas semiestruturadas. Para análise de dados, foi usada como metodologia a Análise Textual Discursiva com vistas a criar um metatexto capaz de narrar a experiência pedagógica de forma mais profunda e detalhada e responder a seguinte pergunta de pesquisa: No âmbito de um curso de Física com abordagem histórico-filosófica, focado em torno de um debate sobre o filme Steamboy (2004) e de uma pesquisa em grupo sobre o CERN, que elementos são utilizados por alunos para construir argumentos acerca do papel da Ciência na sociedade? Os resultados narram os elementos que foram identificados como preponderantes na forma de um metatexto descritivo. Esses elementos, divididos entre quatro grandes categorias, indicam que aspectos pertinentes ao eixo sociológico e histórico da construção da Ciência foram priorizados em relação àqueles que remetem ao eixo epistemológico.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência; Natureza da Ciência; Ensino de Física; Cinema; Pesquisa orientada

ABSTRACT

Problematizing the role of Science in society: an historical-philosophical approach to Physics teaching

This dissertation presents an empirical-descriptive qualitative research developed around the implementation of a Didactical Sequence (DS) with a historical-philosophical approach. The research took place during a Physics course held in a classroom that belonged to a public technical-vocational High school. Along the construction and implementation of the DS, we used the research-action methodology in order to continuously adapt it to the questions that were brought into light in class. The main focuses of this research were two pedagogical activities; a debate based on the exhibition of the movie *Steamboy* (2004), and a guided group study developed by students about CERN – its projects and context. Data collection was conducted through a fieldwork notebook, duplication of student made material, audio-visual recordings of classes and semi structured interviews. Data analysis was performed by means of Discursive Textual Analysis with the goal to produce a metatext capable of reflecting the pedagogical experience in detail and answer the following research question: Within the scope of a Physics course conducted with a historical-philosophical approach, focused in a debate about the movie *Steamboy* (2004) and a guided group study about CERN, what discursive elements are used by students to construct arguments concerning the role of Science in society? The results narrate the aspects identified as important in the form of a descriptive metatext. These elements, divided into four big categories, indicate that sociological and historical aspects were prioritized in detriment of epistemological ones.

Keywords: History and Philosophy of Science; Nature of Science; Physics Teaching; Cinema; Guided research

SUMÁRIO

Introdução		**7**
1	**Fundamentação Teórica**	**11**
2	**Elaborando uma atividade didática**	**16**
2.1	O filme: *Steamboy* (2004) de Katsuhiro Otomo	17
2.2	Relações possíveis na atividade: HFC e NdC	18
2.3	Relações possíveis na atividade: conceitos físicos	21
2.4	Estrutura da atividade	23
2.5	Metodologia de pesquisa-ação	23
2.6	Construção da Sequência Didática e adequação da atividade	26
2.6.1	Estrutura aplicada	27
2.6.2	Descrição da Sequência Didática completa	29
3	**Discussão a partir do filme *Steamboy***	**34**
3.1	Campo de pesquisa e perfil da turma	34
3.2	Metodologia de análise de dados	36
3.3	Análise e resultados	37
3.4	Considerações sobre a atividade	42
4	**Projeto Integrador**	**44**
4.1	Metodologia	45
4.2	Análise e resultados	47
4.2.1	Entrevista inicial: perfil individual	48
4.2.2	Processo: caminhos de desenvolvimento do Projeto Integrador	49
4.2.3	Apresentação	54

4.2.4 Entrevista final: desenvolvimentos individuais 57

4.3 Considerações sobre a atividade 62

Considerações Finais 65

Referências 69

Apêndice A – Slides elaborados para a aplicação da SD 75

Apêndice B – Roteiros prévios das entrevistas semiestruturadas 93

Apêndice C – Ensaio teórico produzido durante a elaboração da SD 95

Anexo A – Slides usados na apresentação do Projeto Integrador 102

Introdução

O presente trabalho teve sua origem no último ano da minha formação como licencianda em Física, na UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Lá, tomei conhecimento, pela primeira vez, da possibilidade de abordar o Ensino de Física usando a História e a Filosofia da Ciência no curso de Instrumentação para o Ensino de Física.

A partir desse momento, passei a trabalhar num projeto de Iniciação à Docência, que era intitulado "Construção de recursos didáticos em História e Filosofia da Ciência (HFC) para o Ensino de física na Educação básica". O objetivo geral do projeto era estruturar atividades didáticas que pudessem ser opções para professores de Física que quisessem implementar o Currículo Mínimo de Física (RIO DE JANEIRO, 2012), no âmbito da rede estadual de ensino público.

Nesse projeto, construímos duas atividades didáticas para abordar os temas relacionados às Máquinas Térmicas na Revolução Industrial, uma baseada no uso do filme Steamboy (2004) e outra baseada na reconstrução de um experimento histórico. Posteriormente, o processo de desenvolvimento de ambas também foi usado para elaboração do meu trabalho de conclusão de curso da Licenciatura em Física, tudo realizado sob orientação do mesmo professor.

O contínuo interesse pela História e Filosofia da Ciência no Ensino me fez seguir para o mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET/RJ.

Durante a construção e amadurecimento do projeto de pesquisa, foram produzidos 5 artigos que, ou foram publicados em anais de congressos, revistas ou se encontram ainda no prelo. Esses artigos representam as etapas realizadas durante o mestrado para a preparação da dissertação como um todo. Alguns deles serão usados aqui num formato mais elaborado e extenso para narrar o processo de desenvolvimento da pesquisa.

Cada uma das seções a seguir descreve uma etapa do desenvolvimento da pesquisa, em ordem cronológica, começando por uma breve revisão bibliográfica de trabalhos da área de Ensino de Ciências e de História e Filosofia da Ciência.

A seção seguinte trata da versão inicial da atividade didática sobre o filme Steamboy (2004) e sua posterior adaptação ao campo de pesquisa escolhido. Em

sequência, descrevemos com detalhes a elaboração e aplicação da Sequência didática como um todo.

As secções seguintes descrevem, através da análise dos dados, as aplicações de duas atividades didáticas, a primeira referente ao filme e a segunda foi desenvolvida paralelamente à aplicação da SD. A primeira expõe a evolução de um debate realizado em sala com toda a turma, e detalha os posicionamentos dos alunos. A última, uma atividade extracurricular, chamada de Projeto Integrador e desenvolvida concomitante à aplicação da SD, envolveu um grupo de quatro alunos numa pesquisa orientada sobre o contexto institucional e a produção científica realizada no CERN.

Por fim, nos comentários finais, apresentamos apontamentos sobre a SD e ambas as atividades, e fazemos uma avaliação de todo o processo de desenvolvimento da pesquisa.

1- Fundamentação Teórica

Por que ensinar Física?

Essa é uma pergunta que tem sido feita por muitos educadores, pesquisadores e também alunos ao longo dos anos, e é do tipo que não possui apenas uma resposta possível. Se considerarmos a Ciência e a Tecnologia – incluindo a Física – como partes integrais de dado espaço-tempo (REIS, GUERRA & BRAGA, 2006), a resposta para essa pergunta está intrinsecamente ligada ao tipo de sociedade em que se vive e em que se almeja viver.

A Física escolar tradicional tem se baseado num modelo que enfatiza a formulação matemática e o empirismo, deixando de lado discussões mais conceituais e a possibilidade de apresentar o conhecimento científico como parte do contexto sociocultural mais amplo.

Esse enfoque, que reflete uma visão positivista da Ciência, foi herdado do modelo de ensino das politécnicas francesas do século XIX. Em tais instituições, o objetivo principal era formar engenheiros, o que era feito através de uma sistematização dos conhecimentos que visava otimizar tal fim. Essa abordagem, conhecida como concepção dogmático-instrumental, se faz presente nas escolas brasileiras ainda hoje. Isso se deve ao fato de os manuais politécnicos terem sido usados pelas instituições que deram início ao ensino de Ciências no país (BRAGA; GUERRA; REIS, 2008).

Nesse contexto, o Ensino de Física tradicional só tem feito adicionar mais conteúdos específicos nessa estrutura, tornando-a excessivamente extensa (RIO DE JANEIRO, 2012), com uma abrangência e um nível de profundidade dignos da formação inicial de um engenheiro.

Logo, se apenas uma pequena parcela da sociedade atua profissionalmente na área das Ciências Naturais, o Ensino de Física no nível básico não deveria ser orientado por uma perspectiva parece ter como objetivo de fundo formar jovens cientistas.

Outro objetivo possível para o Ensino de Física seria fomentar a apreciação que os jovens têm pelos feitos científicos (MCCOMAS, 2008). Esse fim poderia ser benéfico para o aumento do financiamento de pesquisas e do prestígio de carreiras nas ciências no futuro. No entanto, ele pode resultar numa visão acrítica do trabalho científico, tomando-o uma verdade absoluta.

Tal perspectiva pode ser problemática e acabar por distanciar o público em geral dessa forma de conhecimento, uma vez que o cientista é visto como uma figura genial, status inalcançável para um aluno comum.

Esse sentimento de alienação acontece também com alunos que não se identificam com as figuras geniais às quais normalmente se atribui os grandes feitos da história da Ciência. Estudos indicam que alunos percebem uma incompatibilidade cultural que os afasta da ciência quando pertencem a grupos sociais que, historicamente, não tiveram participação expressiva na sua construção (CARLONE, SCOTT, 2015; BRICKHOUSE, POTTER, 2001).

Isso acontece em parte porque há uma concepção corrente no senso comum, muitas vezes reforçada pela mídia, mesmo em livros didáticos, que representam cientistas como gênios excêntricos e desinteressados, incapazes, às vezes, até de manifestar emoções ou manter relações sociais (MARTINS, 2015).

Para mostrar que essa representação é, muitas vezes, falsa e estereotipada abordamos as motivações pessoais e dificuldades enfrentadas por figuras famosas da História da Física. Dependendo do episódio histórico e das personalidades pode-se escolher destacar diferentes aspectos. Em um dos ensaios publicados durante o desenvolvimento da presente pesquisa, apontamos elementos como a busca por prestígio social ou reconhecimento da comunidade cientifica; além do enfrentamento de obstáculos de natureza técnica ou política (BOMFIM, REIS, GUERRA, 2016; GOMES, L., 2015).

Entendemos que para aproximar estudantes do saber científico, tanto na formação de professores quanto na educação básica, se faz necessário reduzir o cientista ao status de pessoa comum, mostrando, assim, que foi nessa condição que ele produziu conhecimento por meio de relações inextricáveis entre indivíduo e contexto (FIGUERÔA, 2001). Os benefícios dessa mudança não se limitariam a uma maior afinidade dos jovens com a carreira científica, mas auxiliariam na formação de cidadãos conscientes de que o discurso científico não é inquestionável.

Em adição, uma pesquisa recente apontou que apenas 5% dos brasileiros podem ser considerados proficientes em relação a conhecimentos das ciências naturais (GOMES, A., 2015). E que apenas essa porcentagem seria capaz de se posicionar criticamente sobre a ciência e a tecnologia, compreendendo-as em seu contexto

sociocultural.

Um problema decorrente dessa situação – criada pela baixa proficiência científica da população em geral e por essa visão de cientista como gênio – é o desenvolvimento de uma dependência integral da opinião de especialistas. A população acaba tomando seus pareceres como fato inquestionável, como verdade absoluta. Essa confiança, quase inabalável, no parecer de cientistas vem de uma crença de que eles são dotados de uma imparcialidade, de uma neutralidade racional, baseada em fatos "comprovados cientificamente" e imune a vieses pessoais ou institucionais (CHAUÍ, 1986).

Com vistas a alterar essa situação, defende-se que o Ensino de Ciências em geral – e o de Física, em particular, – deve favorecer o desenvolvimento do senso crítico nos alunos da Educação Básica. Dessa forma, ele serviria como base para que os alunos construíssem confiança para criticar questões de cunho tecnocientífico, mesmo que essa não seja sua área de atuação profissional (GUERRA, 2015).

Além disso, um ensino de Física voltado para a formação de um conhecimento que se provasse útil não apenas aos cidadãos leigos individualmente, mas sim aos interesses comunitários poderia ser mais proveitoso à sociedade. Rudolph e Horibe (2016) apontam que, para esse fim, um ensino voltado para formar cidadãos engajados de forma política e social com sua comunidade seria um caminho apropriado.

Dessa forma, um ensino coerente daria conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento do senso crítico dos alunos de modo a permiti-los interferir em questões de cunho sociocientífico. Dentre essas questões, acreditamos que aquelas de interesse público deveriam ser prioritárias para que tal senso crítico possa se refletir num engajamento cívico que busque o bem comum (MOURA, GUERRA, 2016; RUDOLPH, HORIBE, 2016).

Assim, nossa resposta aponta para um Ensino de Ciências, e de Física, orientado para possibilitar o engajamento cívico numa sociedade preocupada com a manutenção de um bem comunitário.

Nesse caminho, a inclusão da História e a Filosofia da Ciência (HFC), com vistas a discutir explicitamente aspectos da Natureza da Ciência (NdC), tem se mostrado um caminho promissor tanto no ensino básico como na formação de professores (BISPO, GUERRA, 2015; MOURA, SILVA, 2014, GUERRA, BRAGA, REIS, 2012;

ADURIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2009; MCCOMAS, 2008).

Tal inclusão é, muitas vezes, um desafio por conta dos muitos obstáculos que envolvem desde questões relacionadas ao conhecimento – como o domínio de técnicas para transpor a HFC acadêmica adequadamente para o nível dos alunos (FORATO, PIETROCOLA, MARTINS, 2011) – até aquelas mais relacionadas a aspectos sociais – como ultrapassar uma cultura de ensino de Física que dita que tipos de práticas pedagógicas seriam recomendáveis institucionalmente (HÖTTECKE; SILVA, 2010).

Ainda que desafiador, entendemos que a abordagem por meio da HFC mantém seu valor por ser um caminho que favorece uma visão de ciência construída socialmente, mutável e passível de erros, permitindo, assim, problematizar a neutralidade do saber científico.

Apesar do grande número de pesquisas voltadas para conceituar e compreender a ideia de NdC, não há um consenso sobre uma NdC única para todos tipos de Ciência (IRZIRK; NOLA, 2010). Martins (2015) aponta que o formato declarativo, comumente usado para enumerar a lista de aspectos relevantes à chamada "visão consensual" da NdC, tem sido alvo de diversas críticas e, propõe como alternativa a apresentação desse conhecimento na forma de questões. Nessa mesma direção, Clough (2007) aponta o uso de questões para abordar a NdC, argumentando que o próprio questionamento, no lugar da declaração, remete à complexidade do contexto, seja ele histórico ou contemporâneo.

Acreditamos que, apesar das contribuições que tais pesquisas trouxeram à área de ensino de Ciências, tal consenso não é de extrema necessidade. O mais importante, a nosso ver, é usar esse momento de maturidade da discussão para construir métodos de colocar em prática suas conclusões. Ou seja, ainda que não exista consenso, familiarizar os alunos com uma variedade de aspectos da NdC para que eles sejam capazes de refletir sobre o funcionamento da Ciência e das metodologias usadas em sua construção.

A ciência, com sua linguagem muitas vezes hermética, aparentemente se produz longe das questões socioculturais. No entanto, ela é fruto desse ambiente cultural, da mesma forma que ajuda a construí-lo. (REIS, GUERRA, BRAGA, 2006). Para ajudar a construir, nos alunos, uma perspectiva coerente com essa ideia optamos por abordar episódios históricos enfatizando pontos que permitam compreender a lógica de construção e funcionamento da Ciência através das inextricáveis relações entre sujeitos, instituições e sociedade (FIGUERÔA, 2001).

Tendo em vista essas perspectivas, estruturamos o presente trabalho de modo a responder a seguinte pergunta de pesquisa: No âmbito de um curso de Física com abordagem histórico-filosófica, focado em torno de um debate sobre o filme Steamboy (2004) e de uma pesquisa em grupo sobre o CERN, que elementos são utilizados por alunos para construir argumentos acerca do papel da Ciência na sociedade?

2- Elaborando uma atividade didática

O primeiro passo da pesquisa – que também resultou no primeiro artigo produzido e publicado – foi feito num momento que englobou o final da minha graduação e início do mestrado. A ideia inicial surgiu ainda durante o período de Iniciação à Docência (ID), a qual tinha por objetivo desenvolver atividades didáticas com abordagem histórico-filosófica para o ensino do tema Máquinas Térmicas e Revolução Industrial.

Buscando um meio que permitisse contextualizar o período e o tema de forma envolvente para jovens, comecei a procurar obras do gênero *steampunk*, tanto por uma afinidade pessoal quanto por acreditar que esse tipo de ficção seria muito conveniente para abordar o mundo pós-Revolução Industrial. Subgênero da ficção científica, o *steampunk* é conhecido por ter suas histórias geralmente ambientadas, no contexto e/ou na estética, do Reino Unido de meados do século XIX – na Era Vitoriana, período em que o império britânico foi liderado pela Rainha Vitória (1819-1901). Tais narrativas são popularmente recheadas por dispositivos e artefatos movidos a vapor, muitos dos quais têm paralelos no nosso mundo real, enquanto outros são de um nível tecnológico extraordinário, apenas possível na ficção (ASHLEY, 2010).

Dentro das diversas obras encontradas, o filme *Steamboy* (2004), foi o escolhido por apresentar de forma mais profunda e fiel a ampla gama de elementos que se espera do gênero, além de abordar questionamentos sobre a natureza do conhecimento científico de uma forma lúdica.

Nesse momento de amadurecimento da pesquisa, buscávamos apenas analisar as potencialidades do filme em termos de um Ensino de Física contextualizado e estruturar uma possível forma de abordar a HFC a partir do mesmo. Produzimos um artigo[1] onde destacamos como aspectos da HFC, NdC e dos conteúdos específicos da Física poderiam ser abordados a partir de cenas do longa-metragem em questão.

O uso de filmes no Ensino de Física vem se mostrando uma ferramenta apropriada para motivar alunos (PIASSI; PIETROCOLA, 2009). Na nossa atividade

[1] BOMFIM, J. M.; REIS, J. C. Máquinas Térmicas no cinema: Uma proposta para abordar a HFC e a NdC no ensino básico. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, SP. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015.

tentamos ir além da motivação, usando o enredo do filme para problematizar os interesses que guiavam a construção da ciência naquele contexto fictício, permitindo que essas reflexões fossem transpostas para pensar também temas científicos contemporâneos do mundo real.

A escolha de um filme romanceado foi feita com vistas a maximizar o engajamento, uma vez que "[...] filmes didáticos não mobilizam a emoção da mesma forma que as narrativas romanceadas. [...] É com personagens e suas histórias que nos identificamos e nos projetamos" (OLIVEIRA, 2006, p.137). Como a trama se passa no século XIX, é possível incluir o contexto histórico e social em que os conteúdos da Física foram desenvolvidos de uma forma dialógica, trazendo considerações dos alunos a partir de cenas do filme.

Além disso, o filme apresenta diversas questões que permitem uma reflexão sobre o papel social da ciência. Nesse sentido, estruturamos o uso do filme com base em aportes teóricos de uma pesquisa (PIASSI; PIETROCOLA, 2009) que sugere formas de abordar elementos da ficção científica. Nessa publicação, os autores ainda apontam o gênero ficção científica como um elo entre cinema e Ciência, na medida em que retrata interesses e preocupações em torno de questões científicas evidenciadas em dado espaço e tempo. Foi também com o intuito de explorar esse potencial de unir produção científica e cultural que escolhemos esse filme.

2.1 – O filme: Steamboy (2004) de Katsuhiro Otomo

O longa-metragem é uma animação japonesa, dirigida por Katsuhiro Otomo, tem como eixo condutor a questão do uso da ciência e da tecnologia para fins e interesses distintos. A trama se passa na Grã-Bretanha do século XIX, inicialmente em Manchester e depois em Londres. O protagonista – Ray Steam, um jovem inventor e operário de uma fábrica têxtil – recebe do correio um estranho dispositivo tecnológico. Este misterioso artefato, a *steamball*, contém uma substância líquida fictícia comprimida a uma alta pressão. Quando tem sua válvula aberta, a *steamball* expele vapor de forma contínua por uma duração indefinida, tendo assim, poder de suprir as necessidades energéticas de uma nação inteira. Conforme o enredo avança, o artefato se torna alvo da cobiça de diversos personagens, todos determinados a usá-lo para finalidades distintas.

Edward Steam, pai do protagonista, é um cientista que acredita no poder da tecnologia para salvar a humanidade do trabalho incessante e está disposto a usar quaisquer meios necessários para alcançar seus objetivos. Lloyd Steam, avô do protagonista, é o cientista responsável pela concepção e construção do dispositivo. No entanto, passa a sabotar o projeto ao descobrir que a tecnologia vinha sendo usada de forma que, de acordo com sua avaliação, era irresponsável e gananciosa. Scarlett é uma jovem privilegiada, herdeira da fundação responsável pelo financiamento das pesquisas da família Steam. Ela e seus empregados estão sempre direcionando os frutos das pesquisas para obtenção do lucro máximo de seus investimentos. Já Robert Stephenson é um personagem que atua como uma espécie de mediador na aquisição de novas tecnologias pelo poder estatal. Esse último pretende utilizar o poder do dispositivo para promover o progresso e a soberania do império britânico.

Para permitir a exploração do potencial apresentado no filme, estabelecemos uma série de relações entre temas de interesse para a nossa abordagem e cenas e/ou elementos do enredo. Novamente, no ensaio publicado[2] destacamos como aspectos da HFC, NdC e dos conteúdos específicos da Física poderiam ser abordados a partir de cenas do longa-metragem. Aqui faremos uma adaptação do referido trabalho para possibilitar um entendimento amplo do processo de construção da atividade e sua adaptação para aplicação na SD durante a pesquisa.

2.2 – Relações possíveis na atividade: HFC e NdC

Para situar o conhecimento relacionado às máquinas térmicas e a termodinâmica, é importante familiarizar os alunos com o contexto histórico da Revolução Industrial e as mudanças que ela causou no modo de vida em escala mundial. Assim, consideramos esse evento como chave para compreensão da lógica de construção da prática científica não só naquele momento, mas também no espaço e tempo atual – pelo menos no recorte das sociedades pós-industriais.

É possível estabelecer um óbvio paralelo entre o contexto histórico previamente mencionado e aquele apresentado no filme. Apesar de se tratar de uma ficção científica com fatores extrapolados da ciência real, é notável o cuidado da

[2] BOMFIM, J. M.; REIS, J. C. Máquinas Térmicas no cinema: Uma proposta para abordar a HFC e a NdC no ensino básico. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, SP. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015.

produção em retratar de maneira fiel a época em questão – como se pode notar pela semelhança entre as imagens de instalações desse período e aquelas expostas no filme (figuras 1 e 2):

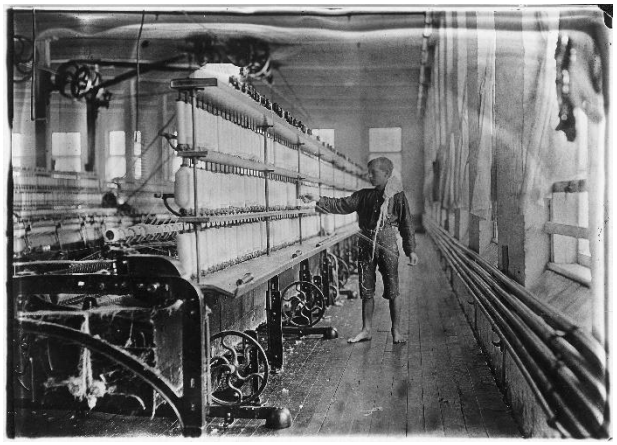


Figura 1 – Uso da *spinning mule*, máquina de fiar semiautomática.
Fonte: (JULIEN, 1909)[3].



Figura 2 – *Spinning mule* representada no filme..
Fonte: (STEAMBOY, 2004).

As primeiras cenas do filme são usadas para situar o expectador no tempo e espaço no qual se desenvolverá o enredo. Retrata-se a cidade de Manchester, que em 1866 já era uma cidade muito industrializada, populosa e poluída. Também é mostrada a indústria têxtil com o uso do tear automático e das máquinas térmicas como fonte de energia. Ainda são ressaltadas questões sociais típicas da época, como a exploração dos operários e a insalubridade relacionada ao trabalho fabril, bem como o trabalho infantil.

[3] JULIEN, Raoul. **A back roping boy**. 1909. 1 fotografia. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Spinning_mule#/media/File:Mule-spinning_room_in_Chace_Cotton_Mill._Raoul_Julien_a_%22back-roping_boy.%22_Has_been_here_2_years._Burlington,_Vt._-_NARA_-_523189.jpg

Fora da ficção, Manchester de fato foi uma das cidades mais industrializadas da Grã-Bretanha e a indústria têxtil foi o seu carro-chefe na Revolução Industrial. Podemos, assim, usar a cena inicial para estabelecer uma relação de fatores históricos com as inovações técnico-científicas, já que essa indústria ganhou importância principalmente por se mecanizar através do uso do tear, da laçadeira e da fiadeira automática – que eram dispositivos simples, baratos e de prática instalação (HOBSBAWN, 2014). Além disso, também é possível discutir aspectos sobre a relação entre o capital e o trabalho, que foi completamente transformada nesse período.

Em outra cena significativa, Edward, pai de Ray, fala de seus objetivos de fornecer energia para todos e livrar os operários e camponeses do trabalho árduo e incessante. Fala, ainda, da ciência como emancipação do povo em relação ao misticismo e ao elitismo, sendo algumas vezes interrompido pela Srta. Scarlett, herdeira da Fundação O'Hara, que tenta destacar o possível lucro que sua instituição terá com o investimento nesse projeto. Tal trecho possibilita discussões sobre diversos aspectos da NdC, como as motivações para a realização da ciência e o papel das fontes de financiamento. É também possível estabelecer outra relação com a HFC, já que o financiamento para a criação de laboratórios e de associações voltadas para o progresso da ciência, na época da Revolução Industrial britânica, era em geral fornecido por grandes industriais ou instituições privadas. Por esse motivo, tais instituições não eram orientadas para a busca de uma ciência de base ou "pura", mas guiadas por grupos empenhados em encontrar aplicações práticas e rentáveis para o conhecimento (HOBSBAWM, 2014).

Em meados do filme, o personagem se vê obrigado a refletir sobre ideias conflitantes acerca dos fins de se fazer Ciência. Seu avô, Lloyd, tenta sabotar o projeto da *steamball*, a obra de sua vida, porque não está satisfeito com o uso que será feito de suas invenções. Confrontado por Ray, ele se justifica, afirmando que as coisas não eram tão simples como Edward havia falado. Apesar das nobres intenções que tinham com o projeto, a *steamball* estava sendo usada para máquinas de guerra que seriam vendidas, tendo como único critério, o lucro máximo dos acionistas da Fundação O'Hara.

É possível promover uma discussão acerca da responsabilidade ética e social dos cientistas e, ainda, problematizar a neutralidade do cientista ou da Ciência.

Questionamentos podem ser levantados sobre a diferença entre as posições defendidas a respeito do papel da Ciência na sociedade. Tanto Edward quanto Lloyd tinham em mente fins claros para o projeto, ambos benéficos para a sociedade de diferentes maneiras. No entanto, ao perceber que o projeto era usado para outros fins, Edward resolve ignorar o fato para seguir com o trabalho, enquanto Lloyd decide tomar para si a responsabilidade de impedir a construção de mais armas de guerra. Nesse impasse, as personagens dos cientistas não são neutras nem indiferentes aos usos de suas invenções.

Outro personagem, particularmente interessante do ponto de vista histórico, parece ter sido inspirado no homônimo Robert Stephenson (1803-1859), engenheiro inglês que trabalhou na construção de diversas linhas ferroviárias e ficou famoso com um dos maiores engenheiros de sua época (CANNON, 2002). Tal fato poderia ser usado para apresentar essa figura histórica e suas contribuições nos avanços tecnológicos que possibilitaram a revolução nos transportes. Além disso, ao mostrar figuras com contribuições mais pontuais e práticas, desfaz-se a ideia de que a Ciência e a tecnologia são construídas apenas por grandes gênios teóricos, uma vez que esse desenvolvimento técnico gradual, sem bases teóricas específicas, é apontado como uma das características principais da Ciência britânica no período da Revolução Industrial (HOBSBAWN, 2014).

Vale a pena ressaltar que, há críticas à perspectiva de Hobsbawn, que considera como base teórica apenas a teoria das máquinas e da Termodinâmica, a partir dos trabalhos do francês Sadi Carnot (1796-1832). De fato, a Termodinâmica como área específica – delimitada dentro da Física – estava ainda em fase de desenvolvimento. Apesar disso, o conhecimento empírico usado para a construção das máquinas, presente nos manuais para engenheiros e artesãos, provinha de bases teóricas fundamentadas na aceitação plena do paradigma newtoniano (SOARES, 2012). Dessa forma, tais aparatos não foram construídos sem quaisquer bases teóricas, mas sim dentro da lógica de um paradigma hegemônico, o mecanicismo newtoniano.

2.3 – Relações possíveis na atividade: conceitos físicos

No filme, a *steamball* é apresentada como um dispositivo que contém uma nova substância capaz de suportar altas pressões. Para melhor definir esse dispositivo fictício adotamos a categorização de elementos da ficção científica de Piassi e

Pietrocola (2009), na qual são sugeridas diferentes formas de explorar cada uma dessas categorias no ensino de Física. Seguindo sua taxonomia, a *steamball* poderia ser considerada um *elemento extrapolativo*, ou seja, um objeto baseado no conhecimento científico real, que projeta quais seriam os próximos avanços possíveis na evolução técnica de dispositivos tecnológicos. Também se caracteriza por sua natureza inusitada, ainda que possível, mesmo na perspectiva das personagens dentro do universo ficcional.

Sabendo dessas características podemos pensar no tipo de questionamento que um elemento desses pode suscitar. O filme traz algumas explicações sobre a *steamball*, mas deixa muitos pontos em aberto, criando espaço para uma discussão especulativa com os alunos – com perguntas como "Esse dispositivo, ou semelhante, poderia existir no mundo real?", "Como ele se integraria a uma máquina térmica?", "Quais seriam pontos positivos de seu uso?" ou "Que tipo de substância seria essa dentro da *steamball*?".

Poderiam ser explorados até mesmo conteúdos da física moderna e contemporânea, trazendo a possibilidade do líquido dentro da steamball ser algo como o Hélio num estado superfluido da matéria. Uma substância nessas condições se pudesse ser facilmente estabilizada e manipulada, se expandiria rapidamente quando exposta à temperatura ambiente – características demonstradas pelo líquido fictício em algumas cenas. Esse tipo de reflexão poderia servir como problematização para conteúdos como os estados da matéria e as transformações dos gases ideais.

No desfecho da narrativa, há uma cena em que uma grande torre levanta voo, movida pelo vapor da *steamball*, o que causa o congelamento das águas do mar ao seu redor. O personagem Robert Stephenson explica o fenômeno afirmando que o vapor comprimido a baixas temperaturas e altas pressões absorve calor do ambiente quando é liberado. Essa cena permite discutir conceitos físicos relacionados à primeira lei da termodinâmica e transformações de gases ideais: se supormos que o líquido dentro da *steamball* mudou para a fase gasosa quase instantaneamente, a transformação em questão poderia ser considerada uma expansão isotérmica; então não haveria variação de energia interna e o trabalho que o gás executa para se expandir seria equivalente ao calor que ele absorve do meio. Nesse caso, tanto seria possível partir dessa cena para introduzir, posteriormente, os conceitos em questão, quanto requisitar que os alunos

tentassem identificar que transformação é essa a partir de discussões prévias.

Por último, seria possível, ainda, explorar o conceito de calor latente, relacionando a quantidade de energia com o estado da matéria em que se encontra dada substância. Ao longo do filme, diversos personagens sofrem queimaduras com o vapor. Podemos relacionar essas cenas com experiências cotidianas dos alunos, visando construir a ideia de que certa massa de uma substância, na forma de vapor, pode carregar uma quantidade de energia muito maior do que a mesma massa carregaria se estivesse no estado líquido.

2.4 – Estrutura inicial da atividade

Para facilitar a futura aplicação da atividade com o filme, criamos uma estrutura que seguia a sequência: exibição, discussão e produção dos alunos. Pensamos que a exibição poderia não ser possível em sala, por ser um filme com mais de duas horas. Nesse caso, o professor poderia disponibilizar o vídeo para que os alunos assistissem em casa ou passá-lo em mais de uma aula. A discussão com os alunos em sala seria feita visando uma reflexão direcionada para relações entre HFC, NdC e conteúdos da Física que foram destacadas no tópico anterior. Na última etapa, os alunos se organizariam em grupos para produzir um material que dialogasse com o filme e com as reflexões do debate, expondo sua produção posteriormente ao restante da turma.

Essa organização da atividade foi um pouco alterada após o início do trabalho empírico, de modo a se adequar às peculiaridades do campo de pesquisa. Nas próximas seções detalharemos a metodologia usada no desenvolvimento da pesquisa em campo, como foi estruturada a SD e como a atividade do filme foi englobada num bimestre letivo.

2.5 – Metodologia de pesquisa-ação

Para guiar a construção – e constante reelaboração – da estrutura da Sequência Didática, foi utilizada a metodologia da pesquisa-ação. Com forte influência de movimentos de ativismo social e político, a pesquisa-ação surgiu como metodologia de pesquisa qualitativa usada em diferentes campos de aplicação como administração, desenvolvimento comunitário, mudança política, etc.

Para Tripp (2005, p. 445), no campo educacional, a pesquisa-ação se caracteriza principalmente como “[...] uma estratégia para o desenvolvimento de professores e

pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos [...]".

Essa busca por melhorias na educação foi uma das razões que motivou a escolha dessa metodologia na presente pesquisa. Se uma melhora é planejada, ela deve ter origem em algum problema inicial. No caso do presente trabalho, foi o questionamento de um grupo de alunos da turma escolhida quanto à relevância da formação escolar na vida cotidiana adulta. Esse problema inicial foi identificado pela professora regente da turma e depois registrado durante a fase exploratória da pesquisa.

No entanto, essa não é uma metodologia livre de críticas. Há críticas à constante tendência de trabalhos acadêmicos se justificarem com base na aplicabilidade de suas teses. Essa tendência limitaria o escopo dos trabalhos em favor de uma suposta relevância social, que, seria nada mais que um pragmatismo em nome do coletivo (WARDE, 1990 *apud* ANDRÉ, 2001).

No entanto, a pesquisa-ação busca justamente melhorias tanto nas práticas do pesquisador/professor quanto na aprendizagem dos sujeitos/alunos (TRIPP, 2005, p.449). A relevância social é, assim, uma necessidade na pesquisa-ação.

Estruturalmente, o processo de planejamento de melhorias se dá de maneira cíclica (fig. 03): as ações planejadas passam por um processo de investigação, sendo monitoradas e avaliadas. Com base no diagnóstico da avaliação, criam-se novas estratégias para lidar com os problemas encontrados nessa etapa, recomeçando o ciclo de pesquisa.

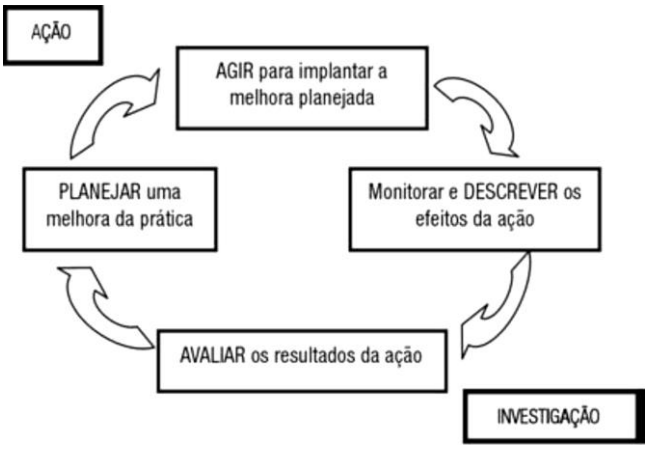


Figura 3 – Representação do ciclo básico usado na pesquisa-ação.

Fonte: (TRIPP, 2005, p. 446).

Para uma melhor caracterização da pesquisa-ação, podemos recorrer ao quadro sintético elaborado por Martins (2008, p.48), que lista uma série de aspectos centrais à essa metodologia:

> a) Há uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada;
> b) Desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;
> c) O objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;
> d) O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
> e) Há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação;
> f) A pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo): pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o "nível de consciência" das pessoas ou grupos considerados.

Tripp (2005) também destaca uma importante característica que distingue a pesquisa-ação de outros tipos de pesquisa científica: ela, continuamente, altera o objeto de pesquisa e, ao mesmo tempo, é limitada pelo contexto e pela ética da prática que pretender melhorar.

Desse modo, estabelecer uma pergunta unívoca e precisa a priori, etapa considerada indispensável para a realização de uma pesquisa bem-sucedida (QUIVY, CAMPENHOUDT, 1996), se torna impraticável quando se adota a pesquisa-ação como metodologia. Martins (2008, p.52) aponta que essa característica pode ser vista como um ponto negativo do uso dessa metodologia, que apresentaria, assim, um nível de rigor científico inadequado para fazer uma contribuição substancial a dado corpo de conhecimentos.

Levando em conta essa contínua alteração da pergunta de pesquisa, Moura (2014, p.29) faz outra representação do desenvolvimento das etapas da pesquisa-ação (fig. 02). Da mesma forma que uma espiral, a pesquisa-ação delimita, durante o processo, o ponto para qual vai convergir. Assim, ao longo das sucessivas etapas, a metodologia torna possível o progressivo ajuste das ações às necessidades coletivas para a resolução do problema – que também pode se modificar durante o processo.

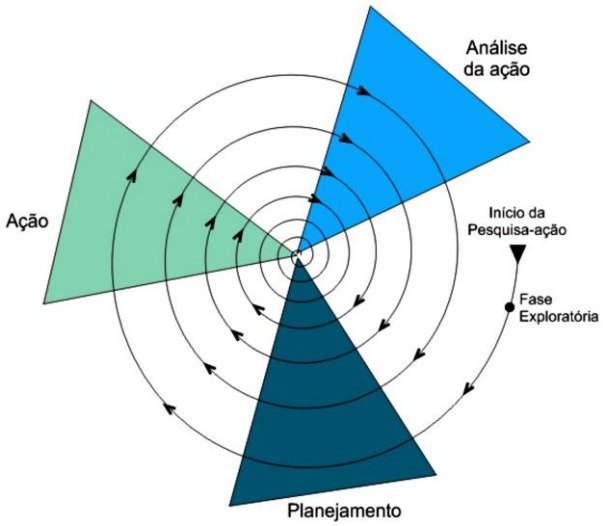


Figura 4 – A espiral da pesquisa-ação

Fonte: (MOURA, 2014, p. 29).

Quanto à aplicação da SD desenvolvida, foi decidido com a professora regente que eu estaria presente como observadora em suas aulas por um período de dois meses antes da aplicação da intervenção planejada. Nesse período, que configurou a fase exploratória da pesquisa (fig. 04), interagi com os alunos durante as aulas e pude delinear as possibilidades futuras da pesquisa no contexto daquela turma.

Nesse momento, me inseri no campo de pesquisa e dei início à coleta de dados a partir do terceiro mês do ano letivo. Inicialmente minha participação se limitava à observação e pequenas interações para compreender o contexto da turma. Além disso, como o projeto envolveria a minha participação como docente, esses meses que configuraram a fase exploratória da pesquisa, serviram também para acostumar os alunos à minha presença de modo que se comportassem de forma cada vez mais natural. Dessa forma, seria possível minimizar o efeito observador, que aflige quase todas as investigações qualitativas, o qual ocorre quando os sujeitos da pesquisa modificam seu comportamento por conta da presença do investigador (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Mais adiante, durante a aplicação da SD, minha participação se deu de forma mais ativa, também, ministrando aulas em colaboração com a professora regente da turma.

2.6 – Construção da Sequência Didática e adequação da atividade

O processo de construção e adaptação da SD – bem como a pesquisa subjacente historiográfica com base em fontes secundárias e primárias – rendeu outros

dois trabalhos acadêmicos. Um deles, um ensaio[4] teórico sobre a história do princípio da conservação da energia, foi publicado e se encontra disponível para a consulta no apêndice C. O outro, ainda no prelo, relata a experiência didática da pesquisa. Ambos serão aqui adaptados para descrever o processo de adequação e aplicação da SD que se deu no período de um bimestre do ano letivo.

Novamente, nosso objetivo com a atividade sobre o filme Steamboy (2004) era usar o enredo para problematizar os interesses que guiavam a construção da ciência naquele contexto fictício, permitindo que essas reflexões fossem transpostas para pensar também temas científicos contemporâneos do mundo real. Nosso foco principal, durante a reelaboração da atividade do filme para uso dentro da SD, era estruturar um debate para incentivar esse tipo de questionamento, sem a pretensão de ensinar conceitos físicos por meio do filme, ainda que a narrativa tivesse potencial para tal.

2.6.1 – Estrutura aplicada

O conteúdo a ser trabalhado nas aulas de Física ao longo do ano letivo incluía movimento, Leis de Newton e Energia. Como introdução ao estudo da energia, a estrutura da SD foi planejada para possibilitar um destaque a questões relacionadas à construção cultural da Física, sem deixar de lado os conteúdos previstos no currículo do curso.

Como o tempo disponível para a elaboração da SD era reduzido, optamos pelo uso majoritário de fontes secundárias, para evitar possíveis distorções da história que decorrem do uso superficial de fontes primárias (GUERRA, 2015). Foi feita, então, uma transposição de livros e trabalhos acadêmicos para adequar o conteúdo ao Ensino Básico. Nessa transposição, priorizamos elementos que ilustrassem a construção cultural da Física ou que servissem para problematizar concepções do senso comum sobre a figura do cientista.

A SD foi aplicada ao longo de um mês e meio, com duas aulas por semana. Totalizando 10 aulas, sua estrutura pode ser resumida pelo quadro a seguir:

Quadro 1 – Estrutura da Sequência Didática.

[4] BOMFIM, J. M.; REIS, J. C.; GUERRA, A. Problematizando a ideia de gênios isolados: Mayer e Joule no episódio da conservação da energia. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología, v. extra, p. 1075-1081, 2016.

AULA/TEMPO	RESUMO DOS CONTEÚDOS TRABALHADOS EM CADA MOMENTO	ATIVIDADES REALIZADAS
Aula 1 2 tempos (50 min cada) Aula 2 1 tempo (50 min)	Retomada de conhecimentos dos alunos sobre a Revolução Industrial, e sua relação com elementos identificados no filme.	Exibição da primeira parte do filme; discussão de aspectos relevantes do filme com auxílio de slides e imagens (apêndice A).
Aula 3 2 tempos (50 min cada)	Conservação: Descartes, Newton e Leibniz; papel de Émilie du Châtelet na controvérsia; Revolução Industrial e máquinas térmicas.	Exibição de pequeno vídeo biográfico sobre Émilie du Châtelet.
(aulas suspensas)	Semana Projeto Integrador	Apresentações dos trabalhos construídos pelos grupos. O projeto como um todo será detalhado em seções posteriores.
Aula 4 2 tempos (50 min cada) Aula 5 1 tempo (50 min)	Máquinas térmicas; contribuições da engenharia e da matemática para os conceitos de trabalho de uma força constante e potência	Exercícios com questões conceituais e matemáticas sobre trabalho e potência.
Aula 6 2 tempos (50 min cada) Aula 7 1 tempo (50 min)	Papel da Ciência na sociedade apresentada no filme e na sociedade atual.	Exibição da segunda parte do filme; debate em grupo com a turma.
Aula 8 2 tempos (50 min cada)	Binômio Conservação e transformação: Naturphilosophie	
Aula 9 1 tempo (50 min)	Conservação e equivalente mecânico do calor: Mayer x Joule	Exibição de vídeo com reconstrução histórica do experimento das pás de Joule. https://www.youtube.com/watch?v=MBrTDKc9YZ0

Aula 10 2 tempos (50 min cada)	Energia potencial, cinética e térmica; Teorema Trabalho-Energia	Exercícios com questões conceituais e matemáticas sobre Energia.

Fonte: Elaboração própria.

2.6.2 – Descrição da Sequência Didática completa

Escolhemos iniciar a SD com a atividade previamente desenvolvida, baseada no filme Steamboy (2004). Por conta de sua longa extensão, a exibição do filme em sala se deu em dois episódios.

A escolha de um filme de animação japonesa, mais conhecido como *anime*, teve um impacto inesperado na atitude dos alunos durante a exibição em sala. Minha expectativa era de que alguns poderiam resistir à ideia por achar o filme muito infantil, uma vez que não é incomum vermos adolescentes tentarem se afastar ao máximo de elementos associados ao universo infantil. Alguns de fato ficaram céticos quanto ao valor da obra, mas acabaram se envolvendo com o enredo e com as ideias apresentadas durante a exibição. Outros que antes pareciam indiferentes às aulas, começaram a se interessar mais, e outros ficaram bastante empolgados com a ideia de se usar na escola algo que eles assistiriam por prazer em seu tempo livre.

Napier (2001) aponta o *anime* (e também o *mangá*, histórias em quadrinhos no estilo japonês que frequentemente servem de base para as animações) como elemento estruturante de todo um nicho cultural, comum no Japão, que inclui atividades, hábitos, interesses e até uma estética própria. Mesmo em outras partes do mundo, esses grupos também existem, porém de forma menos pronunciada. No Brasil, é notório o tamanho do público atraído por eventos especializados desse gênero como o *Anime Friends*, que ocorre anualmente em São Paulo. Acreditamos que as reações dos alunos se devam a um sentimento de identificação com esse nicho cultural.

Inicialmente tido como entretenimento popular ou das massas, o *anime* tem crescentemente sido visto como uma forma de arte intelectualmente desafiadora, capaz de representar temas que seriam impossíveis em outros meios (NAPIER, 2001). Muitas das máquinas que apareceram no filme tinham paralelos claros no mundo real, já outras tinham um caráter de *elemento extrapolativo* (PIASSI, PIETROCOLA, 2009). Os alunos se engajaram muito na discussão enquanto tentavam identificar quais dos

dispositivos eram plausíveis para a tecnologia do século XIX e quais eram parcialmente ou totalmente fictícios. Tais reflexões dificilmente seriam suscitadas por outros tipos de filme.

Na aula 2, após a exibição da primeira parte, questionamos os alunos sobre que elementos do filme eles já conheciam das aulas de História, o que permitiu trazer o contexto de forma dialógica, discutindo uma série de aspectos técnicos e socioculturais da Inglaterra pós-Revolução Industrial. Alguns desses elementos eram: a mecanização da produção, a produção em massa de bens de consumo, a força da indústria têxtil, o trabalho infantil, os novos meios de transporte e a poluição do meio ambiente. Em adição, ainda na aula 2, projetamos slides[5] com imagens de elementos de interesse, com o objetivo de complementar os apontamentos dos alunos.

Em sequência, na aula 3, começamos o curso trabalhando a ideia de uma conservação e o que ela representava nas visões de mundo hegemônicas no início do século XVIII. Partimos da ideia de conservação no movimento presente nas visões mecanicistas de René Descartes (1596-1650) e de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), sobre a quantidade de movimento e a *vis viva* (ou força viva*),* respectivamente.

Ao mesmo tempo, para fazer uma conexão com o tema do bimestre anterior – sobre as Leis de Newton – chamamos atenção para o fato de Newton ser contrário a essa visão, uma vez que no seu Universo-máquina não era necessária a conservação de uma grandeza física (BRAGA, GUERRA & REIS, 2010). Com isso, pretendíamos mostrar como na construção da ciência, às vezes os especialistas tem opiniões distintas e muitas vezes totalmente divergentes.

Para aprofundar a controvérsia e sua resolução, ainda na aula 3, escolhemos destacar também a atuação de Émilie du Châtelet (1706-1749), que, apesar de não ser proeminente na história da Física se torna importante pela representatividade feminina. Para tal, utilizamos um trecho de treze minutos do filme *Einstein's Big Idea* (2005) que faz uma biografia rápida da personagem e de suas contribuições na resolução da controvérsia Descartes *versus* Leibniz. Problematizamos a falta de reconhecimento da personagem que, mesmo pertencendo à classe aristocrática e dispondo de contatos com

[5] Todos os slides utilizados na SD estão disponíveis para consulta no apêndice A, identificados pelo número da aula na estrutura aplicada.

pensadores prestigiados, ainda não poderia participar da comunidade científica profissionalmente naquele período.

Em 1686, Leibniz já falava de uma grandeza semelhante ao trabalho, medida pelo produto de um peso (P) pela altura (h) a que ele era elevado. Seus seguidores a usavam apenas como artifício matemático para obter a *vis viva* (mv^2), uma vez que não era possível medir diretamente a velocidade de forma precisa (KANDERAKIS, 2012). Usando o princípio da causa e efeito, era possível calcular um valor proporcional à força viva por meio da quantidade de efeito que ela conseguia produzir.

Após essa introdução da ideia de conservação, começamos a falar das transições que ocorreram no século XVIII em relação à força de trabalho animal com o uso de máquinas simples e moinhos de vento e água, para finalmente chegar ao uso das máquinas a vapor (BRAGA, GUERRA, REIS, 2011). Destacamos a importância dessas máquinas na Revolução Industrial, relembrando elementos já discutidos durante a exibição do filme.

A partir das aulas 4 e 5, passamos a abordar os conceitos físicos de trabalho de uma força constante e potência – conteúdos obrigatórios do currículo. Nosso enfoque nessa seção era explicitar a relação intrínseca de tais conceitos com o funcionamento de uma máquina. Além de destacar a necessidade de medir o benefício do uso de uma máquina em detrimento de outras forças de trabalho, seja em relação ao deslocamento que é capaz de produzir, seja em relação ao tempo em que o faz (SMITH, 1998). Sem seu significado empírico original, esses conceitos se tornam abstrações matemáticas com pouco significado para os alunos (KANDERAKIS, 2012). Destacamos também o papel dos engenheiros da tradição prática e experimental inglesa, que desenvolveram diversas melhorias e novos modelos de máquinas (BRAGA, GUERRA, REIS, 2011).

Para abordar a equação usada tradicionalmente no cálculo do trabalho de uma força constante, destacamos que ela foi desenvolvida com a contribuição de diversos filósofos naturais, em sua maioria de nacionalidade francesa, que teciam uma tradição mais abstrata e matemática que seus pares britânicos (KANDERAKIS, 2012). Nesse ponto demos especial atenção ao caráter coletivo de tal trabalho e de como essa característica está presente também na ciência produzida nos dias de hoje, numa escala ainda maior.

Nas aulas 6 e 7, exibimos o segundo episódio do filme e realizamos um debate com a turma para discutir a diversidade de elementos do filme e sua relação com o conteúdo do bimestre. Um dos focos centrais dessa atividade – que durou aproximada 50 minutos – foi buscar um consenso coletivo sobre como acontece a construção da Ciência. Durante o debate, foi priorizado o protagonismo dos alunos na elaboração de argumentos, com intervenções reduzidas.

Em seguida, na aula 8, voltamos ao binômio conservação versus transformação, trazendo alguns dos muitos experimentos que começaram a surgir no final do século XVIII e relacionavam fenômenos até então tidos como isolados. Experimentos como os de Luigi Galvani (1737-1798), Conde Rumford (1753-1814), Humphry Davy (1778-1829), Michael Faraday (1791-1867) traziam a nova possibilidade de encontrar uma conexão entre fenômenos mecânicos, térmicos, elétricos, ópticos e químicos (SMITH, 1998). O contato com tais experimentos é apontado como um dos elementos chave para o desenvolvimento das diversas contribuições que levaram à elaboração da lei da conservação da energia (KUHN, 2011).

Nessa mesma aula, também falamos da *naturphilosophie*, ou filosofia natural romântica que surgiu, no final do século XVIII e início do XIX, como uma crítica à visão mecanicista que era hegemônica até então. Para os adeptos dessa linha de pensamento, a verdade estava na própria beleza e complexidade da natureza, e não seria através da simplificação e fragmentação do mundo que chegaríamos ao conhecimento (TALON, 2015; BRAGA, GUERRA, REIS, 2011). Eles entendiam o mundo como um todo orgânico – diferente do mundo analítico do mecanicismo. Assim, a existência de uma grandeza unificadora dos fenômenos é inerente a essa compreensão.

Dessa forma, conceituamos como, a partir desse período, começa-se a pensar em uma grandeza que é capaz de se transformar, pois está presente nos mais diversos fenômenos. Grandeza essa que seria diferente da vis viva, uma vez que esta estava relacionada apenas ao movimento, e se conservava sempre numa única forma.

Na aula 9, discutimos algumas contribuições[6] dadas pelos filósofos naturais Julius Robert Mayer (1814-1878) e James Prescott Joule (1818-1889). Abordamos

[6] Esses aspectos são mais detalhados no ensaio teórico já mencionado, disponível no apêndice D.

também algumas de suas motivações e dificuldades enfrentadas na busca por prestígio da comunidade científica. Demos especial destaque ao fato de Joule ter elaborado pelo menos quatro experimentos distintos para calcular o equivalente mecânico do calor até que seus resultados fossem aceitos pela comunidade científica (SMITH, 1998).

Lembramos também da controvérsia que ocorreu entre os dois, que disputavam para levar o crédito pela publicação do primeiro trabalho a enunciar a convertibilidade entre calor e trabalho. Tal disputa colocou em evidência o trabalho de ambos, o que estimulou uma maior troca de informações com outros filósofos naturais que também pesquisavam temas relacionados ao princípio da conservação da energia (SMITH, 1998).

Por fim, o curso foi finalizado na aula 10, com a formalização matemática dos diferentes tipos de energia mecânica e do teorema trabalho-energia, conteúdos previstos no currículo. Uma vez que a turma só teve contato com o conceito de calor de forma qualitativa, a formulação matemática da primeira lei da Termodinâmica não foi trabalhada.

3- Discussão a partir do filme *Steamboy*

Nessa seção descreveremos com mais detalhes o debate que ocorreu na aula 7, realizado a partir de reflexões iniciadas na exibição do filme *Steamboy* (2004). Para isso, faremos uso de falas transcritas a partir do registro da aula em vídeo e do método de análise textual discursiva, de modo a criar um metatexto narrativo da atividade como um todo. Uma análise de parte dos dados dessa atividade foi previamente publicada[7] e se encontra aqui expandida.

3.1 – Campo de pesquisa e perfil da turma

Nesse tópico, discutiremos não apenas o perfil dos estudantes, mas das pesquisadoras e também do ambiente das aulas de Física. Além disso, também descreveremos a estrutura do curso, do conteúdo às estratégias didáticas utilizadas.

Novamente, a pesquisa se deu pela colaboração entre duas professoras-pesquisadoras. Luiza era professora regente da disciplina Física naquela turma e já ministrava suas aulas por meio da abordagem histórico-filosófica desde o início do ano letivo. Eu me inseri no campo de pesquisa e dei início à coleta de dados a partir do terceiro mês do ano letivo. Inicialmente minha participação se limitava à observação e pequenas interações para compreender o contexto da turma e para garantir que os alunos se sentissem mais confortáveis com minha presença mais adiante. Durante a aplicação da SD, minha participação se deu de forma mais ativa, também, ministrando aulas em colaboração com a professora Luiza.

As interações entre a turma e as professoras durante as aulas eram bastante amigáveis. Os alunos tinham uma relação de admiração com Luiza, sempre consultando a opinião dela em uma diversidade de temas do cotidiano, mesmo aqueles que não eram diretamente relacionados com conteúdos científicos. A minha relação com a professora Luiza também era de admiração. A relação dos alunos comigo era mais caracterizada pela cumplicidade e simpatia, possivelmente pela ausência da autoridade atrelada ao cargo de professora regente de turma.

[7] BOMFIM, REIS, GUERRA. A Ciência é neutra? Discussão em sala de aula a partir do filme *Steamboy*. Anais do XVI EPEF, 2016.

É importante destacar que essas relações de afeto poderiam causar distorções na análise de dados, tanto pelas tendências pessoais manifestadas durante a análise, quanto pelas próprias falas dos alunos – direcionadas sempre às professoras. No entanto, esses são problemas inerentes às pesquisas qualitativas. Além disso, essa atmosfera de afetuosidade na sala de aula certamente facilitou a aplicação da SD.

Os alunos pertenciam ao 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública federal. Além disso, a escola era também técnica-profissionalizante e essa turma fazia parte do curso de Administração. Por conta das especificidades do currículo do curso técnico, esse era o primeiro ano em que eles tinham contato com a Física como disciplina escolar. Apesar disso, a professora regente explicitou que eles já tinham expectativas sobre como uma aula e uma professora de Física deveriam ser. Essa expectativa gerou certa resistência por parte de alguns estudantes quando descobriram que – diferente do esperado, apenas cálculos com fórmulas matemáticas – a professora usaria a abordagem histórico-filosófica ao longo de todo o curso. Höttecke e Silva (2010) apontam essas expectativas como um dos obstáculos mais comuns para o uso da HFC como eixo condutor no ensino. Isso perpassa a chamada cultura disciplinar do Ensino de Física, que engloba valores e atitudes compartilhados por profissionais da área, a escolha pela priorização de certos conteúdos em detrimento de outros, além dos tipos de comunicação e práticas didáticas mais tradicionalmente aceitas no meio (HÖTTECKE, SILVA, 2010).

Nas primeiras aulas, alguns alunos pediram à professora que abordasse conteúdos e questões que frequentemente apareciam nos exames de vestibular. Apesar de essa ser uma escola técnica-profissionalizante, muitos alunos pretendiam continuar sua formação posteriormente. Além disso, já estavam preocupados com o vestibular e ENEM precocemente. Isso pode indicar também que eles não acreditavam no valor da HFC como forma de auxiliar a compreensão dos conteúdos previstos nos exames. Por isso, ao longo das aulas, a professora frequentemente apontava como a abordagem poderia ser benéfica para entender os conteúdos, ainda que não priorizasse o treinamento para esses exames.

Por volta da metade do ano letivo os alunos já estavam mais adaptados às aulas

da professora. Alguns expressavam seu gosto por essa abordagem, e outros passaram a dar importância após perceber que a HFC não seria usada de forma apenas ilustrativa, sendo cobrada nas avaliações assim como questões de cunho mais matemático. Apesar disso, alguns continuavam pedindo que o curso fosse mais orientado para o vestibular.

Essas diferentes reações podem ser explicadas pela alta heterogeneidade da turma. A escola, tida como uma instituição de elite, costumava ter procedimentos de seleção estritos que a tornavam relativamente exclusiva – ao menos em termos socioeconômicos. Desde a adoção de políticas de ação afirmativa em anos recentes, o corpo discente se tornou bastante diverso. Isso era visível nos frequentes debates que surgiam entre os alunos, quando suas opiniões divergiam sobre os mais variados assuntos, mas principalmente política. Os constantes conflitos e a alta disposição para participação verbal foram os principais motivos que nos levaram a escolher a turma como campo de pesquisa.

3.2 – Metodologia de análise de dados

Ao final da exibição completa do filme, na aula 7, foi realizada uma discussão, com toda a turma durante uma aula com duração de um tempo (50 minutos). O debate foi registrado em vídeo, e, posteriormente, transcrito.

A partir da transcrição, foram selecionados trechos da discussão relacionados a elementos priorizados na elaboração da SD, em especial a questão da neutralidade da Ciência. Como ferramenta metodológica para trabalhar o *corpus* em questão, foi escolhida a análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011; MORAES; GALIAZZI, 2006; MORAES, 2003). Os autores apontam que tal metodologia se encontra entre duas formas de análise consagradas na pesquisa qualitativa: a análise de conteúdo e a análise de discurso. Seguindo os preceitos dessa escolha metodológica, ao fim da análise foi construído um metatexto descritivo-interpretativo dos resultados, com vistas a expressar e sintetizar as novas compreensões atingidas.

O processo de análise é iniciado com a unitarização dos textos, etapa responsável por desconstruí-los, destacando unidades elementares para cada sentido interpretado. Depois, é necessário efetuar uma categorização do corpus, na qual, se agrupam unidades com elementos semelhantes. A terceira etapa, é quando se mergulha

nos dados, de modo a captar um novo emergente dentre os sentidos identificados inicialmente. Por último é construído um metatexto descritivo-interpretativo dos resultados, que expressa e sintetiza as novas compreensões atingidas ao fim da análise (MORAES, GALIAZZI, 2006; MORAES, 2003).

Moraes e Galiazzi (2011) apontam que na etapa de desconstrução dos textos em unidades, não há um padrão absoluto para ser usado como referência. Dessa forma, a medida da fragmentação do corpus fica a cargo do pesquisador que determina os limites de significado de cada unidade. Assim, para essa atividade, optamos pela seleção de trechos mais extensos do debate, ao invés de pequenas unidades de significado, de modo a evitar que os argumentos usados pelos alunos em cada momento ficassem descontextualizados. As categorias, criadas à priori, guiaram a seleção de trechos do discurso relevantes do ponto de vista da pergunta de pesquisa. Elas são abordadas de forma implícita conforme sua aparição no avanço cronológico do debate. Além disso, como não há restrições quanto ao formato do metatexto, acreditamos que, com algo mais próximo de uma narrativa, os leitores poderiam compreender melhor o encaminhamento do debate, estando cada argumento devidamente encadeado.

Na construção do texto analítico, escolheu-se omitir ou parafrasear alguns pontos em que as falas eram confusas ou redundantes. Assim, ao final produzimos um metatexto com vistas a elencar elementos da discussão realizada, permitindo um entendimento dos argumentos usados pelos alunos, e, assim, proporcionar respostas à questão de pesquisa.

3.3 – Análise e resultados

Nos trechos transcritos, indicamos com "**...**" pausa na fala; com "**(...)**" marcamos a omissão de trechos originais; com **palavras entre parênteses** indicamos elementos que tinham seu sentido implícito – sendo geralmente referências a personagens do filme; com **"(inaudível)**" indicamos trechos que não puderam ser transcritos pela difícil compressão das falas; com "**P1-Luiza e P2-Julliana**" marcamos as falas das duas professoras-pesquisadoras; e com outros nomes indicamos as falas dos diferentes alunos. Todos os nomes de alunos são codinomes de modo a evitar a identificação dos mesmos. Em adição, elementos do debate considerados chave para a análise foram também destacados em negrito.

Os primeiros minutos do debate serviram para situar entendimentos mais gerais sobre o enredo do filme e a presença de alguns elementos relacionados aos conteúdos já abordados na SD, como as máquinas térmicas e seu papel na produção fabril. Foram comentadas questões relativas à sociedade, que é representada no filme como um espelho da Grã-Bretanha pós-Revolução Industrial, tais como: diferenças entre classes sociais, trabalho infantil e exposições destinadas a inovações técnico-científicas.

A partir do questionamento da utilidade da ciência no contexto do filme, se seguiu a reflexão mais pertinente ao papel da Ciência na sociedade.

> P1-Luiza: E tem a questão da máquina como libertadora, né? O que vocês viram?
> P2-Julliana: No filme discutiram muito sobre o que é a ciência, para que serve a ciência...
> Manuela: **A ciência é pra o progresso... a ciência é pras pessoas...**
> Isis: Para o pai (Edward Steam) **a ciência é poder**, pro velho (Lloyd Steam) a ciência é pra **progredir a física**...
> Afonso: O pai (Edward Steam) falou que a ciência tem que ter uma utilidade...aí a gente pensa: o **CERN não diz isso**.
> Manuela: Aí o avô (Lloyd Steam) diz que a Ciência tem que ter filosofia!
> P1-Luiza: O que vocês acham?
> (...)
> Isis: Eu acho que concordo com o velho (Lloyd Steam), **a ciência tinha que ser para ajudar as pessoas.** Não que o **computador** não tenha sido bom e essas coisas... A ciência também pode ser usada para o poder, mas tem que ter um equilíbrio das coisas.
> (...)
> P1-Luiza: **A ciência pode ser exclusivamente para o bem como pensa o avô?**
> Breno: Mas não sei o que que a gente tem como **conceito de bem**.
> P1-Luiza: Exatamente. Qual é o conceito de bem?
> P2-Julliana: Porque, para o avô (Lloyd Steam), a ciência tem que ser para descobrir princípios universais e ajudar a humanidade. Para o pai (Edward) também, só que o pai está disposto que a ciência seja usada para armas...
> Afonso: **Ajudar as pessoas seria primeiro... tem como pressuposto ajudar a nação.** É o que o cara fala, o inglês (Robert Stephenson). (...) E aí pra ajudar a nação, **tem que ter a soberania da nação, logo, armas.**

Nesse momento foi posto em pauta um ponto chave do filme, as alunas Manuela e Isis trouxeram as visões dos diferentes personagens sobre a utilidade da ciência. Afonso aponta que pelo o que conheceu sobre o CERN – em referência à sua pesquisa paralela no Projeto Integrador, que será discutido mais adiante – o desenvolvimento científico não é sempre necessariamente voltado para utilidade. A

partir do subsequente questionamento de P1-Luiza, Breno trouxe uma importante relativização dessas visões, questionando o próprio conceito de bem e mal. Afonso identificou a visão do personagem Robert Stephenson, destacando que uma nação não poderia garantir o bem-estar de seus cidadãos sem certo nível de soberania. No filme, a questão das armas é apresentada como grande vilã, podendo ser interpretada como um exemplo de "mau" uso da ciência. Isso pode indicar certa autonomia de Afonso, cuja fala pareceu se distanciar de uma visão simplista e maniqueísta, indicando a lógica da relação entre interesses econômicos e ciência, dentro de um contexto mais amplo. Logo em sequência, a discussão teve continuação quando outro aluno, Erick, tenta esclarecer o que entende como mau uso da Ciência:

> Erick: (...) **Computador hoje em dia é usado como uma arma**, por, enfim, EUA, vejo muitas notícias (sobre casos de espionagem virtual feita pelos EUA?).
> Antônio: A gente vive num **mundo capitalista** então (...) não existe essa ideia de "vamos criar um **bem global**". As pessoas estão sempre querendo usar em favor do que é **melhor pra si, da nação ou de um país; então acho que não teria como (a ciência) ser usada.**

Erick trouxe novamente para a discussão o exemplo contemporâneo que Isis mencionou antes – o computador – apontando que um mesmo produto pode ser usado para diversos fins. A escolha desse exemplo é interessante dentro do contexto maior da pesquisa, pois durante o bimestre foram discutidas apenas questões históricas referentes a diferentes máquinas movidas a vapor na época da Revolução Industrial.

Já Antônio colocou a produção científica em seu contexto social e econômico. Ele contrapôs a visão de um dos personagens do filme – Edward, que defendia como fim último da ciência libertar a humanidade do trabalho incessante – com os interesses individualistas inerentes ao capitalismo. Esse argumento foi praticamente a única fala de Antônio no debate, o que pode mostrar o quanto ele achou importante intervir para contestar a distinção clara de interesses bons e maus apresentada por Erick. Esse era um dos pontos chave do filme que esperávamos discutir. O enredo do filme apresentava essa distinção maniqueísta, compreensível pela necessidade de um vilão para tornar a narrativa mais envolvente, que não era coerente com a ideia da Ciência como parte intrínseca da sociedade que buscávamos passar na SD. Logo em seguida, a professora Luiza reafirmou e sintetizou a fala de Erick e Antônio:

> P1-Luiza: Então **não é o uso da ciência para o bem ou para o mal**. Pegando o exemplo do computador, a própria ciência que está por trás

> pressupõe uma questão de individualidade, (...) porque **ela está sendo construída numa sociedade assim**. Então **ela está embutida nisso**.

A partir daí Afonso trouxe novamente a questão bélica, apontando a Guerra Fria e a corrida armamentista, como exemplo do desenvolvimento tecnológico acelerado característico de tempos de guerra. Contrariamente, Breno – que frequentemente entrava em conflito com Afonso durante as aulas, geralmente por conta de divergência de opiniões políticas – questionou a valorização e exaltação de benefícios da guerra, apontando novamente a relatividade do conceito de bem e mal.

> Breno: **Mas isso é bom do nosso ponto de vista hoje**, depois que aconteceu.
> P1-Luiza: Essa é a maior complexidade no que o Antônio falou. Não existe bem e mal, a coisa é muito complexa.
> Erick: **A ciência, de certa forma, ela vem pura e ela se adequa** ao que a gente tá...
> P1-Luiza: Mas o que você está chamando de vir pura?
> Erick: Bem, tipo, o conhecimento feito para fazer o computador já existia.
> P1-Luiza: Mas por que ele foi construído?
> Erick: Então, mas **esse conhecimento só veio à tona por conta de uma necessidade**. Então de certa forma...
> Afonso: Você tá falando que **a ciência é condicionada pelas questões externas**.
> Eduardo: É, exato. As questões que estão atualmente em pauta.

Erick argumentou que a ciência é criada inicialmente de forma "pura", sendo moldada apenas quando o conhecimento é aplicado para necessidades em pauta na sociedade. Essa fala poderia significar que Erick tem uma visão de conhecimento neutro ou pode ser apenas uma referência a pesquisas de base, sem fins utilitários imediatos. A professora Luiza, então, questiona o sentido da palavra "pura" para esclarecer e permitir que Erick elaborasse mais sua fala. A partir desse ponto, Erick precisou construir novos argumentos para defender sua posição, indicando que sua visão foi problematizada e se tornou mais complexa depois das intervenções da professora e de Afonso.

> P1-Luiza: Vamos então pensar **na produção desse conhecimento, ela é neutra?** (...) Uma coisa neutra pra mim seria uma coisa que não participasse do mundo. (...)
> Afonso: Aí eu te pergunto: **quem é que faz a ciência? As pessoas. As pessoas têm o que? Têm interesses**. Elas se motivam apenas através de seus interesses. (...) **Então não tem como você tirar a ciência desse campo (do mundo), justamente porque a ciência inclui essas pessoas.**
> Erick: Até no trabalho do Afonso... no trabalho de vocês (aponta) que falava que tinha um negócio de **fazer a ciência só pela ciência** (sobre a pesquisa paralela no Projeto Integrador que um grupo de alunos da turma apresentou sobre o **CERN**). **Até mesmo quando é feita essa**

> **ciência, é condicionado àquilo que aquele cientista é motivado. Então de certa forma vai sempre ter... as questões em si vão sempre moldar o que a ciência é.**

Com as intervenções da professora Luiza e Afonso, Erick refinou ainda mais seu argumento, usando como exemplo o CERN que faz pesquisas consideradas “puras”, ou seja, de base. Novamente, foi usado como exemplo um elemento da Ciência contemporânea para ilustrar as compreensões alcançadas.

Após alguns outros pontos, a professora Luiza encaminhou a discussão questionando qual seria a relação dos conteúdos de Física com outros temas abordados ao longo da SD como História e Filosofia.

> Erick: Acho que tudo que a gente estudou foi meio que vendo o contexto. E quando aquilo foi descoberto, **o que atendia ao contexto cultural, social. Newton veio pra atender as questões que antes foram deixadas em pauta**, e as outras que foram respondidas foram por conta de questões anteriores. E assim... como se fosse um dominó.
> Afonso: A ideia não é só entender a ciência, mas por que... o que motivou a produção dela e como que a gente pode se relacionar com o desenvolvimento da ciência hoje. Acho que é isso que você quer passar pra gente.
> P1-Luiza: Por que, heim? Por que a gente quer passar isso?
> Vinicius: Porque é mil vezes mais interessante do que só fazer contas!
> P1-Luiza: Mas isso nem todo mundo acha. (...) Por que seria importante trabalhar essas questões mais complexas, não apenas fórmulas?
> Augusto: **Porque todas as respostas na época (que estudamos) eram religiosas e passaram a ser mais técnicas (possível referência ao iluminismo)**... (inaudível).

Novamente, Afonso e Erick tomaram a frente para falar, mas alguns outros se manifestaram. Eles destacaram que tudo que foi estudado serviu para entender como a ciência foi desenvolvida, que tipos de respostas ela é capaz de dar e como ela se relaciona com suas vidas hoje em dia. Erick traz o exemplo de Newton e Augusto menciona objetivo iluminista de abandonar explicações místicas, religiosas ou do senso comum – ambos os temas foram abordados durante o ano letivo, antes da SD. Afonso, então, dá o seguinte exemplo:

> Afonso: Quer ver um exemplo de **pessoas que não sabiam lidar com a evolução da ciência? A revolta da vacina.** Porque as pessoas, assim, elas não tinham noção (...) não entendiam bem como funcionava aquilo. E aí fizeram uma revolta social por algo que iria beneficiar elas. **Digamos que possa haver outras revoltas da vacina no nosso tempo se a gente não souber lidar com isso.**

Com outro exemplo da história, a Revolta da Vacina, Afonso ilustrou seu entendimento sobre a importância de compreender a lógica de funcionamento da

Ciência. Afonso, que é filho de um professor de História, frequentemente chamava atenção para exemplos como esses. A revolta – ocorrida em 1904 na cidade do Rio de Janeiro, Brasil – foi a resposta popular ao uso da força e autoridade como meios de ação para compelir a vacinação obrigatória contra a varíola (AMORA; SOUZA, 2015).

Nos dois exemplos históricos que usa – a Guerra Fria e a Revolta da Vacina – Afonso aponta os benefícios da Ciência e tecnologia. Ainda que sejam episódios históricos possivelmente controversos, tendo em vista o uso da força e autoritarismo, Afonso parece não rejeitar o uso desses meios para alcançar determinados fins – posicionamento que pode ter origem na admiração pela carreira militar de seu pai.

Ao fim do tempo de debate, a professora Luiza destacou a importância de também se fazer uma análise crítica de pesquisas científicas no contexto atual, deixando de aceitá-las como verdades absolutas e buscando sempre avaliar a validade da metodologia, dos resultados, etc.

3.4 – Considerações sobre a atividade

No metatexto apresentado, os alunos Afonso e Erick protagonizaram a maioria dos argumentos selecionados. Dos 23 alunos da turma, apenas oito apareceram nesse recorte da discussão e, apenas duas eram meninas. A discussão coletiva gerou questionamentos por parte dos alunos e alunas, mas não garantiu a participação de todos.

Em geral ao longo da discussão, os discentes construíram seus argumentos, partindo de situações específicas do filme, para, em seguida, trazer exemplos contemporâneos (computador e CERN) e históricos (Guerra Fria e Revolta da Vacina) e avançar para questões mais gerais. Argumentos envolvendo temas tratados nas aulas de Física também foram usados (Newton e Iluminismo), mas em menor frequência. Isso permite inferir que eles demonstraram posicionamento próprio, sendo as intervenções das professoras voltadas para questionar, reafirmar ou sintetizar as falas dos alunos.

Apesar de ideias como “Ciência pura” terem aparecido nos discursos registrados, os argumentos apresentados foram se refinando ao longo do debate. Ao final, houve um consenso quanto a não existência de uma ciência neutra, nem má ou boa, visto que a mesma é feita por pessoas com suas próprias motivações. Concluiu-se, então, que a ciência e a tecnologia são partes intrínsecas da sociedade e, portanto, tão

dependentes de interesses quanto qualquer outra produção sociocultural.

4- Projeto Integrador

O Projeto Integrador (PI) foi uma atividade extracurricular organizada pela coordenação do curso técnico em administração da escola. O projeto tinha um caráter interdisciplinar que buscava unir o conhecimento do ensino básico e técnico. Inicialmente, os alunos deveriam se organizar em grupos menores e escolher temas relacionados a um mesmo eixo condutor, a Ética e responsabilidade social. A partir dessa escolha, os grupos desenvolveriam uma pesquisa por meio de reuniões semanais com professores orientadores, fora do horário das aulas padrão. Tal pesquisa deveria, então, ser elaborada na forma de um produto que pudesse ser apresentado à comunidade docente e discente no final do ano letivo. O projeto envolveu a participação de todas as turmas do curso de administração e professores das mais diversas disciplinas do Ensino Básico e Técnico.

O PI teve início anteriormente naquele ano letivo e foi finalizado antes que a aplicação da SD chegasse à sua metade. Antes da minha inserção no campo de pesquisa, já havia o plano de englobar um dos grupos do Projeto Integrador à minha investigação de dissertação. Minha participação nessa atividade durou aproximadamente dois meses e meio.

A essa altura, no andamento do PI, já haviam sido definidos os membros de cada grupo, os temas, a estrutura dos projetos e o encaminhamento inicial dos mesmos. Alguns dos temas escolhidos por esses grupos tratavam de publicidade, de política e da indústria de alimentos – e os alunos já esboçavam a relação desses temas com a ética e responsabilidade social, eixo condutor do projeto como um todo.

O plano inicial era acompanhar de perto um grupo que havia escolhido falar da irrelevância dos conhecimentos escolares na vida cotidiana. No entanto, quando nossa pesquisa começou, esse grupo resolveu trocar de tema para algo que consideravam mais relevante e factível: as políticas de ação afirmativa direcionadas à negros e pardos.

No entanto, em outros grupos, alguns alunos também não estavam satisfeitos com o andamento do trabalho e buscaram conselhos da professora Luiza, perguntando: Por que nosso projeto não pode ser mais como nossas aulas de Física, misturando

História e Filosofia? A professora apoiou a atitude deles e respondeu que eles ainda poderiam trocar o tema se quisessem. A partir daí, quatro alunos abandonaram seus grupos originais e decidiram formar outro para que fosse possível pesquisar um tema relacionado à Ciência.

4.1 – Metodologia

Após extensivo esclarecimento sobre a pesquisa que seria realizada e sobre a liberdade de escolha de cada aluno de participar ou não da mesma, todos os quatro membros do grupo concordaram. Foi também esclarecido que nem a identidade e nem a imagem dos alunos seriam publicadas. Para oficializar a participação dos alunos, foi pedido que seus responsáveis assinassem um termo autorizando a participação na pesquisa.

Nós participamos de algumas das reuniões do Projeto Integrador, prestando orientação mais focada a esse grupo particular. Optamos por não frequentar todas visando preservar certa independência e autonomia dos membros do grupo. Nas reuniões, problematizávamos algumas questões em discussão quando era necessário, esclarecíamos dúvidas sobre as etapas do processo de desenvolvimento do projeto e sugeríamos fontes confiáveis de informação.

Durante as reuniões, os dados foram coletados por meio de pequenas anotações feitas durante as reuniões do grupo, que eram transformadas em narrativas posteriormente. A opção de gravação em áudio e vídeo, usada em todas as outras etapas da nossa pesquisa, foi descartada por conta do excessivo ruído nas salas do projeto – onde diversos grupos discutiam em voz alta simultaneamente. Além disso, essa escolha metodológica foi feita também com vistas a tornar a atmosfera das reuniões mais confortável para os membros do grupo, que no início pareciam um pouco constrangidos pela presença das professoras. O fator constrangimento também diminuiu com o tempo, o que foi permitindo uma compreensão progressivamente mais clara das ideias de cada membro do grupo individualmente. Em adição, parte dos dados também foi registrada por meio de cópias de materiais criados pelos alunos.

Entrevistas semiestruturadas, gravadas em áudio e vídeo, também foram usadas como ferramenta de coleta de dados. O uso da entrevista pode prover elementos que

corroborem dados obtidos por outros meios, tornando possível uma triangulação dos dados e um aumento no nível de confiabilidade do estudo (MARTINS, 2008, p. 27).

A entrevista foi escolhida em detrimento de outras possíveis ferramentas por permitir uma maior profundidade e contextualização dos dados coletados. Além disso, como apontam Britto Júnior e Feres Júnior (2011, p.242), a entrevista proporciona a oportunidade de o pesquisador esclarecer imediatamente, com o entrevistado, possíveis compreensões de suas respostas. Desse modo, é um instrumento que permite uma interação mais direta e personalizada com os sujeitos de pesquisa.

Para Martins (2008), um benefício específico do uso da entrevista na modalidade semiestruturada é que as informações são obtidas por meio de uma conversação livre, promovendo um clima amistoso que favorece uma maior colaboração por parte do sujeito entrevistado.

A entrevista[8] inicial foi realizada para conhecer melhor o perfil de cada um dos alunos, e permitir uma compreensão mais profunda de seu lugar de fala. A entrevista tinha como foco estabelecer o contexto socioeconômico de cada um dos alunos, suas preferências dentro e fora da escola, seus planos de carreira para o futuro, etc. Bogdan e Biklen (1994) apontam que o conhecimento aprofundado do contexto dos sujeitos permite uma compreensão mais ampla, permitindo até mesmo uma avaliação do impacto do "efeito observador" nos resultados.

Foram entrevistados três alunos, no total. Apesar dos quatro terem concordado em participar da pesquisa no início da SD, nem todos estavam dispostos a serem entrevistados após maiores esclarecimentos sobre os temas que seriam abordados. Assim, três dos quatro alunos do grupo aceitaram participar da entrevista.

Esse fato garante o aspecto ético da entrevista, mostrando que os alunos tiveram liberdade de escolher não participar da mesma. Rosa e Arnoldi (*apud* BRITTO JÚNIOR, FERES JÚNIOR, 2011) destacam que o "consentimento esclarecido**"** dos participantes só se dá quando os sujeitos têm plena consciência dos questionamentos que lhes serão feitos e de que podem desistir de participar por qualquer que seja o motivo.

Durante a realização das entrevistas, foram levados em conta alguns cuidados e

[8] Os roteiros das entrevistas inicial e final, usado apenas como guia, estão disponíveis no apêndice B para consulta.

táticas conforme apontados por Britto Júnior e Feres Júnior (2011). Um desses cuidados foi deixar os entrevistados confortáveis, sem qualquer sentimento de pressão ou intimidação, tranquilizando-os e reafirmando a liberdade para criticar a abordagem de ensino adotada na SD, se assim desejassem.

Na etapa de entrevistas iniciais, outro fato ocorrido durante a realização das entrevistas chamou atenção. As primeiras entrevistas foram realizadas na sala de aula, em um canto reservado, enquanto os outros alunos da turma trabalhavam em projetos paralelos. Já nas outras entrevistas, a sala de aula estava livre e, portanto, completamente vazia e silenciosa, deixando os alunos muito mais confortáveis para falar livremente. O efeito dessa diferença pôde ser verificado ao observar o tempo de duração das entrevistas que, no segundo dia, chegaram a quase o dobro do tempo médio das entrevistas do primeiro dia. Apesar de os alunos entrevistados no primeiro dia afirmarem que não havia problemas em realizar a entrevista no canto da sala, claramente esse fator exerceu influência no volume de dados finais. Esse fato alterou o planejamento da entrevista final que, foi então realizada em outra sala reservada previamente para esse fim.

A segunda entrevista semiestruturada, feita quando a pesquisa já chegava ao fim, teve o objetivo de identificar as visões em relação à construção do conhecimento científico, utilizando para isso perguntas mais abertas com possíveis questões secundárias. O objetivo era permitir que os alunos falassem mais livremente sobre os temas, abordando os subtemas apenas quando eles não englobassem esses tópicos em suas primeiras respostas.

Os diferentes dados coletados foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva, já descrita na seção anterior. Como produto final, temos um metatexto descritivo-interpretativo, que expressa as novas compreensões alcançadas ao fim da análise (MORAES, GALIAZZI, 2006).

O metatexto, apresentado na próxima seção no formato de uma narrativa, descreve o desenvolvimento do Projeto Integrador como um todo, destacando alguns pontos chave sobre conflitos e consensos entre membros do grupo, bem como suas compreensões individuais.

4.2 – Análise e resultados

Os resultados relacionados ao trabalho no Projeto Integrador foram divididos em 4 seções: 1) perfil individual – descrição limitada de elementos pessoais da vivência de cada aluno; 2) processo – narrativa das etapas desenvolvidas pelo grupo para construir o projeto final; 3) Apresentação – narrativa da palestra realizada pelo grupo para apresentar seu projeto à espectadores; 4) Mudanças de perspectivas individuais – aspectos específicos que foram proeminentes no desenvolvimento de cada aluno no fim do projeto.

4.2.1 – Entrevista inicial: perfil individual

Baseado na entrevista semiestruturada inicial, elaboramos um perfil para cada estudante, de modo a compreender seu contexto de fala e aprofundar a análise do discurso deles. Para preservar a identidade dos alunos – como foi combinado previamente no começo da pesquisa – nos referiremos a eles por pseudônimos criados para este fim. Os três alunos do grupo serão chamados de Marisa, Afonso e Enzo.

Marisa cresceu nos subúrbios, na zona norte do Rio de Janeiro, e estudou em escolas particulares. Ela trabalha meio período como professora de inglês em um curso. Quando criança, ela preferia a leitura a brinquedos e, ainda mantém esse hábito na adolescência. Sua disciplina favorita é Física, mais especificamente Astronomia, a qual conheceu por meio de livros que leu por prazer para compensar a pouca ênfase que o tema tinha em sua antiga escola. Ela apreciava desafios acadêmicos e, no ano subsequente, se envolveu em projetos de monitoria de Física e de Iniciação Científica Júnior. No futuro, ela pretende cursar Biofísica na universidade e se tornar professora de Ensino Médio.

Afonso também cresceu nos subúrbio da zona norte do Rio de Janeiro e trabalha informalmente vendendo doces caseiros. Sua mãe trabalha como bibliotecária e seu pai como professor de História, sendo também oficial reformado do exército. Afonso estudou em muitas escolas particulares diferentes durante a infância, o que acredita ter sido beneficial para o desenvolvimento de suas habilidades de adaptação e autonomia. Ele gosta das disciplinas mais voltadas para Ciências Humanas, mas seu

elemento preferido da escola é a possibilidade de discutir diferentes pontos de vista. Ele é eloquente e pretende seguir carreira como político ou empreendedor no futuro. Dentre os três alunos, ele é o único que tem, no seu círculo social, uma pessoa que trabalha como cientista – sua prima.

Enzo cresceu em favelas na zona sul do Rio de Janeiro e estudou em escolas públicas a vida toda. Suas formas de entretenimento favoritas incluem sair com amigos e jogar videogame. Ele recebia uma bolsa de estudos para alunos oriundos de famílias com baixa renda, escolas públicas ou minorias étnicas. Na escola, o que ele gosta de verdade são as interações sociais, mas também se interessa um pouco pelas aulas de Literatura. No futuro, ele pretende trabalhar numa profissão que envolva planejamento logístico de transporte público, pois ele tem grande interesse no tema.

4.2.2 – Processo: caminhos de desenvolvimento do Projeto Integrador

O interesse inicial desse novo grupo era em produtos da Ciência e Tecnologia que fossem desconhecidos para o público leigo. Ao falar de temas que os interessavam, como produção de antimatéria e bombas de nêutrons, eles se mostraram preocupados com os possíveis perigos relacionados ao desenvolvimento de tais aparatos. Seu foco principal era trazer à luz diversas pesquisas desse tipo, como forma de informar a população em geral e evitar que o uso desses conhecimentos se tornasse prejudicial à sociedade.

Na primeira reunião, a tarefa designada para todos os grupos era a de criar um texto preliminar que resumisse a estrutura do projeto, algo semelhante a um resumo de artigo acadêmico, que pudesse ser apresentado na semana seguinte. Os alunos se sentiram desmotivados com a tarefa, pois haviam acabado de formar um novo grupo e não tinham clareza ainda de como queriam estruturar o estudo – além de não terem dois meses de pesquisa prévia como os outros grupos. Apontei que uma forma prática de realizá-la seria usar a reunião para estabelecer uma lista com os tópicos chave que eles pudessem usar para produzir o texto depois, e eles concordaram.

Os problemas relacionados a uma configuração tecnocrática na sociedade foram uma questão central discutida nessa primeira reunião, e permaneceram de grande

importância para o grupo durante todo o desenvolvimento do projeto. Tal tema já havia sido abordado em sala de aula quando alguns alunos debatiam sobre a crise econômica brasileira. Nessa aula, a professora Luiza interviu para apontar aos alunos como a opinião de economistas era valorizada na mídia, mas muitas vezes essas opiniões não eram um consenso da área nem representavam a única solução possível para a crise. Na reunião, eles pareciam entender a tecnocracia como uma questão que dizia respeito apenas às ciências naturais, então eu intervi para questionar se o caso do economista não era semelhante. Ao perceber que esse tema perpassava os mais diversos campos da sociedade, eles perceberam a importância do mesmo.

A reunião teve fim após discutirem outros pontos que consideravam chave para o projeto e para criar uma estrutura juntos, que intitularam "A Ciência e seu caráter elitista" Deixaram que Afonso, que gostava desse tipo de tarefa, escrevesse o texto final em casa, para unificar as ideias que acordaram para o projeto. O resumo produzido aborda alguns dos pontos discutidos nessa primeira reunião e sintetiza o consenso das opiniões dos membros nesse momento inicial. O texto final segue, na íntegra, intitulado "Conhecimento científico x responsabilidade social":

> Poucas pessoas ousam discordar sobre a enorme influência do desenvolvimento científico na sociedade atual. Cada vez mais inseridas num mundo de intensas transformações, desde a área da saúde até as informações em tempo real, as pessoas tem transformado seu modo de viver, dia após dia; dentro deste contexto, têm-se como objetivo, neste trabalho, a elaboração de um pensamento crítico acerca de quem faz, por que faz e por quem é desenvolvido o conhecimento humano, além do papel social que uma democratização do conhecimento científico poderia gerar.
>
> O problema é que, cada vez mais, **este grande público tem sido excluído da possibilidade de participar ativamente no desenvolvimento da ciência**, uma vez que, fatores como o desestimulante sistema educacional brasileiro, assim como o vocabulário extremamente técnico de grandes revistas científicas, acabam por levar o povo em direção a um estado de ignorância profundo.
>
> **Essa limitação à qual o povo é imposto acaba também dando margem a oportunistas** que, valendo-se da ignorância do povo, tiram proveito da situação em benefício próprio, desde os casos mais simples, como um mecânico que atesta um problema muito maior do que realmente existe no carro para cobrar mais, até os mais complexos, como certos políticos que fazem uso do nepotismo por "baixo dos panos". É refletindo e propondo sobre soluções para tais questões que pretendemos pautar nosso trabalho (Texto produzido pelos alunos, destaque nosso).

Os trechos em negrito sugerem que eles relacionavam a má divulgação de

pesquisas científicas com uma manutenção da ignorância do povo nessa área, sendo esse fato benéfico para uma pequena parcela poderosa da sociedade. Para eles, mesmo as pesquisas que eram publicadas em revistas científicas, tinham seu acesso pela população impossibilitado pela linguagem técnica dos artigos.

Mais adiante, eles perceberam que não conseguiam avançar no projeto sem definir claramente um objeto a ser estudado. Além disso, sentiam que a Ciência não era tão relacionável com a ética como os temas abordados pelos outros grupos – como política e racismo. Tal sentimento por parte dos alunos foi recorrente ao longo do desenvolvimento do projeto, e, frequentemente eles questionavam se sabiam ou não traçar uma conexão óbvia entre Ciência e Ética. Isso pode indicar que eles tinham uma visão de que o conhecimento científico é neutro, desvinculado dos acontecimentos da sociedade.

Com as sugestões da professora Luiza, eles resolveram focar seus esforços nos projetos do CERN – A Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear –, já que se interessaram inicialmente pela antimatéria. Apesar de motivados, eles não se sentiam confiantes para abordar um tema como esse sozinhos e queriam a ajuda de alguém mais familiarizado com o tema. Assim, o grupo pediu que as professoras de Física os orientassem mais de perto para auxiliar quando necessário. A partir desse momento, eu e a professora Luiza passamos a participar de algumas reuniões com o grupo – no horário paralelo às nossas aulas, que havia sido designado para o Projeto Integrador.

A essa altura, a perspectiva de exclusão deliberada da população leiga na construção da Ciência, realizada pela parcela poderosa da sociedade, era reafirmada. Em discussões, os alunos buscavam entender que grupos ou classes sociais seriam favorecidos por essa situação, e como a mídia seria uma ferramenta poderosa na restrição do acesso à informação.

Essa visão pôde ser notada, em especial, num caso que ocorreu durante o desenvolvimento do PI. A ideia era entrevistar uma pessoa que tivesse tido um contato mais próximo com o tema, para complementar a pesquisa com uma fonte de informação diferente. A professora Luiza sugeriu que essa pessoa fosse uma pesquisadora que havia passado um período de seis meses no CERN. Os alunos ficaram bastante animados com

a possibilidade e agendaram um dia para realizar a entrevista com essa pesquisadora.

Eles prepararam um roteiro de perguntas, explicitando que tipo de temas pretendiam abordar com a pesquisadora durante a entrevista. Na reunião em que o grupo nos mostrou o roteiro notei que o tom das perguntas era um pouco hostil, o que poderia deixar a entrevistada desconfortável. Ao sugerirmos mudanças, Marisa ficou satisfeita, e afirmou que já havia tentado mostrar aos amigos que a entrevista parecia um interrogatório, onde a pesquisadora e o CERN eram acusados de esconder informações deliberadamente – o que poderia ser injusto e infundado.

A entrevista acabou não ocorrendo por conta de problemas no agendamento com a pesquisadora, o que deixou os alunos um pouco decepcionados. No entanto, esse episódio foi muito proveitoso, para o processo de construção do PI como um todo, por ajudar a problematizar a visão maniqueísta em relação à Ciência que o grupo parecia ter inicialmente. Vale à pena destacar que, essa visão maniqueísta estava presente com os alunos antes da exibição da primeira parte do filme, que ocorreu três semanas depois da reunião descrita acima.

Em adição, após buscarem mais notícias sobre o CERN e avançarem mais nas discussões, perceberam que havia certa disseminação dos projetos na mídia e essa concepção se tornou mais complexa. Começaram a considerar também a possibilidade dos jornalistas leigos – por serem frutos desse mesmo sistema educacional desestimulante no campo das ciências naturais – eram tão ignorantes como a população em geral e não tinham capacidade de adequar os conteúdos para escrever notícias nessas áreas.

Duas questões foram causa de constante conflito entre dois membros do grupo: a validade de centros de pesquisa pura e a participação do governo do Brasil como financiador de projetos do CERN em tempos de crise econômica. Marisa, muito interessada em Física, favorecia a busca do conhecimento de base e essas estratégias políticas; enquanto Afonso, mais focado na Economia, negava ambos e acreditava firmemente que a pesquisa científica deveria ser voltada para utilidades e lucro. Além disso, Afonso parecia ser um opositor político da presidenta vigente na época e tentava construir o projeto de forma que o grupo pudesse provar que o investimento no CERN

era irresponsável, uma vez que o governo deveria ter preocupações mais sérias como crise econômica e problemas sociais.

Todos os membros, com exceção de Marisa, pareciam concordar com as visões de Afonso nessa questão. Na tentativa de balancear essa disputa, eu apontei ao grupo que todas as informações e argumentos que apresentaram eram contrários ao investimento e, se seus objetivos ainda eram os mesmos – informar a população e democratizar o conhecimento – eles poderiam pelo menos tentar mostrar também possíveis benefícios desse financiamento. A partir desse questionamento, nas últimas reuniões perceberam que não queriam que a apresentação fosse tendenciosa e prometeram que iriam considerar com mais cuidado as perspectivas de Marisa e outros possíveis pontos do mérito.

A maioria dos aspectos apontados aqui mostra uma tendência do grupo para a crítica à autoridade de instituições, incluindo as científicas. Talvez essa atitude possa ser atribuída ao de fato de que nenhum dos 3 se identificava muito com o arquétipo – mais tradicionalmente associado à figura do cientista – de homem rico e branco. Novamente, estudantes pertencentes a minorias sociais podem sentir uma incompatibilidade cultural que os afasta da Ciência (CARLONE, SCOTT, 2015; BRICKHOUSE & POTTER, 2001). Outro fator que pode ter desempenhado um possível papel na construção dessa perspectiva foi a constante problematização do conhecimento científico como verdade absoluta e neutra, feita durante as aulas de Física.

Durante o desenvolvimento do Projeto Integrador, o grupo teve dificuldade para encontrar boas fontes de informação em português e se esforçaram para utilizar fontes em língua inglesa. Vale a pena mencionar também o contato que o grupo teve com uma vasta quantidade de textos e vídeos nada confiáveis que falavam da possibilidade de um dos projetos do CERN – o LHC[9] – criar um buraco negro que poderia engolir o planeta Terra.

Algumas fontes confiáveis foram sugeridas pelas professoras como um

[9] A sigla LHC vem do inglês Large Hadron Collider, ou Grande Colisor de Hádrons.

documentário[10] sobre o CERN e um livro[11] para leigos sobre o modelo padrão da Física de partículas, mas, mesmo assim, eles precisaram criar uma forma de filtrar as informações que conseguiam obter. As principais fontes que os alunos selecionaram da rede foram o site oficial do CERN, documentos oficiais e artigos de mídias leigas e especializadas sobre a segurança e questões socioeconômicas dos projetos.

4.2.3 – Apresentação

Essa seção narra a palestra final dada pelos membros do grupo e a discussão com o público, que ocorreu sem minha interferência ou da professora Luiza. Na semana final do Projeto Integrador, uma grande exibição foi realizada para que todos os grupos pudessem compartilhar seus conhecimentos e reflexões com a comunidade docente e discente da escola. Logo, a apresentação do grupo sobre o CERN foi apenas uma parcela dessa exibição como um todo.

Alguns grupos criaram barracas com pôsteres, dispositivos ou se fantasiaram para distribuir panfletos e cativar o interesse do publico nos seus respectivos projetos. O grupo específico que discutimos aqui escolheu exibir seus resultados numa sala destinada a alunos que quisessem apresentar sua produção por um meio multimídia. Eles não tomaram medidas para divulgar o local e horário de sua apresentação para pessoas de fora de sua turma, então o publico foi bem pequeno.

Depois de passarem 30 minutos para que fosse possível ter um público maior, eles iniciaram a apresentação. Utilizaram slides[12] do Microsoft PowerPoint que, em geral, incluíam imagens, quadros, tabelas e pouco texto, usados apenas para ilustrar os pontos que abordaram em cada momento.

Desde o começo e durante toda a apresentação, Afonso destacou a escassez de informação de qualidade disponível para leigos. Além disso, destacou também a importância de entender as questões relativas ao CERN – e a qualquer outro tema – não como algo isolado, mas sim como parte de um quadro maior e mais complexo de

[10] Particle Fever (2013).
[11] O Discreto Charme das partículas Elementares (ABDALLA, 2006).
[12] A apresentação em slides construída pelo grupo encontra-se disponível para consulta no anexo A.

eventos. O principal foco de Afonso foi o de destacar a necessidade de filtrar a informação disponível na mídia, pois nem tudo era útil ou confiável. Esse foi um ponto bem interessante, já que apenas apareceu dessa forma explícita na apresentação e não durante o processo de construção do projeto. Esse tópico foi discutido em várias aulas, mas em especial, no debate sobre o filme no qual abordamos a utilidade da razão científica no dia-a-dia.

Muitos argumentos com base política e econômica foram usados para contextualizar os projetos desenvolvidos no CERN como: a história da fundação da instituição, a dependência que os países europeus (principais financiadores) tinham de usinas nucleares como matriz energética, a estabilidade econômica dos países que sediam a instituição e o prestígio atrelado à participação de um país num centro de pesquisas de ponta como esse. Esse e outros aspectos do contexto institucional foram valorizados pelos alunos, o que sugere que o grupo entendeu que o processo de construção da Ciência não se dá de forma separada da sociedade. Esse tópico foi discutido também em várias aulas da SD, mas especialmente na aula 9, na qual foram discutidas as motivações e dificuldades enfrentadas por Mayer e Joule na tentativa de alcançar reconhecimento da comunidade científica.

Mais especificamente, eles apontaram o nacionalismo francês como uma das razões pelas quais o país resolveu permitir a construção das instalações do CERN em seu território. Essa característica foi abordada nas aulas 4 e 5 da SD, em que foram apresentadas as contribuições francesas à formulação da equação que permite calcular o trabalho realizado por uma força constante. Nessa aula, apresentamos algumas características da ciência que era feita na França, em oposição à abordagem inglesa que já havia sido discutida.

No meio da apresentação, eles fizeram a seguinte pergunta ao público: Vocês acham válido o governo brasileiro investir em projetos do CERN – como faz hoje – mesmo no período de crise econômica atual? É importante relembrar que esse ponto havia sido a principal causa de conflitos e debates entre os membros do grupo durante todo o seu processo de desenvolvimento. Um dos alunos do público respondeu que achava que mesmo que esse dinheiro pudesse ser usado para problemas sociais mais

imediatos, o país não avançaria sem gastar também com projetos de longo prazo. Afonso então expressou que acreditava que esse era o provável motivo que inicialmente levou o governo a fazer tal investimento.

Essa resposta pode indicar que ele considerava esse investimento como estratégia válida para alcançar progresso, crescimento econômico e prestígio internacional. Isso sugere que, como havia prometido na última reunião, Afonso e o restante do grupo reconsideraram suas perspectivas em busca de um meio-termo que representasse um consenso coletivo.

Outro aspecto importante levantado durante a apresentação de Marisa foi sobre a "descoberta" do bóson de Higgs. Ela usou um vídeo para ilustrar e explicar alguns conceitos relacionados aos projetos do CERN, o qual pausou para dizer que a busca pelo bóson podia ter chegado a um fim já que cientistas encontraram algo que parecia se encaixar nas previsões, mas isso não poderia ser confirmado sem uma maior quantidade de experimentos. Isso pode indicar que a percepção dela sobre a construção da ciência era de que não seria possível validar uma hipótese com apenas um experimento. Esse ponto foi discutido, na aula 9 da SD, em especial na trajetória de Joule e a variedade de experimentos que ele realizou, para calcular o equivalente mecânico do calor, para que seus resultados fossem reconhecidos como válidos por seus pares.

A maioria dos membros do grupo ainda expressou verbalmente uma suposta inabilidade de compreender os conceitos que Marisa tentava apresentar, com relativa tranquilidade. Se eles realmente não se sentiam confiantes para abordar esses temas, isso poderia tê-los levado a não divulgar a exibição do projeto. Apesar disso, algumas de suas atitudes – como o ceticismo em relação a notícias da mídia e a tendência a questionar como a ciência afeta a sociedade – são características de um perfil de estudante autoconfiante (MCCLUNE, JARMAN, 2010).

A apresentação de Enzo, a respeito do papel dos meios de comunicação midiáticos na divulgação da existência de projetos como os do CERN, indicou que o problema estava na mídia leiga brasileira que não disseminava esse tipo de notícia em quantidade nem qualidade suficientes. Eles formaram um consenso com o público, especulando que talvez isso acontecesse porque 1) os profissionais da mídia leiga não

sabiam como explicar pesquisas científicas e; 2) a maioria do povo brasileiro não estaria interessado em Ciência e, portanto, esse não era um tema lucrativo para jornais e revistas.

Agora, os alunos creditavam as distorções e simplificações exageradas que encontraram em várias notícias a jornalistas mal informados, e não apenas a propósitos ocultos de grupos poderosos em manter a população leiga ignorante. Ainda que a desconfiança inicial fosse justificável – no contexto brasileiro de relativo monopólio dos meios de comunicação – a mesma não era elaborada com o mesmo nível de complexidade que a perspectiva final relativa à mídia. Os elementos enumerados mostram uma compreensão das notícias como uma construção social, suscetível a interesses guiados pelo lucro, perspectiva bastante complexa (MCCLUNE AND JARMAN, 2010).

4.2.4 – Entrevista final: desenvolvimentos individuais

Nessa seção, abordaremos características específicas das perspectivas de cada um dos alunos individualmente e os entendimentos que apresentaram no momento da entrevista final – realizada após o fim da SD e do Projeto Integrador. Os dados são organizados por categorias, as quais foram criadas a priori durante a pré-seleção de temas que deveriam ser abordados na entrevista final[13]. Fogem dessa regra apenas os primeiros parágrafos, que descrevem a resolução do conflito imprevisto entre Marisa e Afonso.

O interesse de Marisa na Ciência foi parte das razões que levaram o grupo a investigar os projetos do CERN. Ela já estava familiarizada com alguns desses temas, pois tinha o costume de ler revistas e notícias relacionadas e, com o projeto, tentava aprofundar seu conhecimento específico sobre o Modelo Padrão. No entanto, os constantes debates entre membros do grupo – alunos que tinham perfis consideravelmente distintos – resultou em um benefício adicional inesperado. Ela adquiriu uma atitude mais inquisitiva, questionando não apenas os conceitos envolvidos, mas também os sentidos e motivações relacionados ao fazer Ciência. Essa

[13] O roteiro da entrevista, onde os temas são melhor explicitados, pode ser encontrado no apêndice B.

perspectiva mais complexa pode ser notada no seguinte excerto tirado de sua entrevista final: “[antes] eu era focada apenas na parte da Ciência, estudar as partículas elementares, e não questões do tipo ‘Por que o CERN pesquisa isso?’ ou ‘Por que eles fazem ‘Ciência pura’?’ (...) Os debates com Afonso me fizeram crescer bastante (...) e ajudaram a olhar pra tudo”.

Afonso também se beneficiou do debate com Marisa e sua mudança de perspectiva foi visível em discussões realizadas nas reuniões durante a construção do projeto. Ele confirma essa alteração explicitamente num trecho da entrevista final transcrito a seguir:

> Eu achava que [a pesquisa científica] tem que ter uma utilidade prática. Não necessariamente. Esse foi um dos maiores aprendizados que eu tive esse ano. A ciência não tem que ser guiada simplesmente pelas nossas necessidades e utilidades práticas a curto prazo mas, sim, ela tem que ser guiada pelo desejo de conhecer...o desejo do ser humano de conhecer o mundo que o cerca, e de como ele pode utilizar aquilo pra crescer. O que foi dito como “Ciência pela Ciência”, ou seja, você não precisa ter fins lucrativos pra construção da ciência. Você precisa ter apenas um crescimento dentro do conhecimento científico. Coisas lucrativas afins, que vão servir à nós, vão vir naturalmente. Talvez esse seja o maior ensinamento que eu tirei hoje e agradeço muito à professora Luiza.

Afonso atribui essa mudança principalmente ao incentivo da professora Luiza ao longo das aulas, o que mostra o respeito e valorização da professora e da abordagem da HFC. Ele não menciona acirrados debates dentro do grupo como Marisa fez, o que mostra uma pequena divergência de versões entre os alunos. Segundo Marisa, ela teria vencido essa disputa com Afonso, pois no final do projeto ele aceitou a validade da pesquisa científica pura e do investimento brasileiro nas pesquisas do CERN.

Sobre o perfil dos cientistas atualmente, Marisa deu especial atenção à questão de gênero. Vale a pena lembrar que na aula 3 da SD, abordamos a questão de gênero ao discutir o papel de Madame Du Châtelet, na controvérsia Descartes x Leibniz, que apesar de marginalizado por séculos, passou a ser resgatado na História da Ciência. Além disso, possivelmente por ter duas professoras de Física e almejar uma carreira nas ciências, ela se sentiu confortável para abordar tópicos já discutidos nas aulas de Geografia como a desigualdade de salários entre homens e mulheres em áreas tradicionalmente masculinas e a baixa representatividade feminina em altos cargos de

instituições científicas. Quando questionada sobre o motivo dessa última, ela respondeu:

> Acho que é mais preconceito mesmo do que qualquer coisa. Mas é verdade que a maioria das meninas não escolhe um curso técnico de eletrônica ou eletrotécnica. Essa própria opção é uma coisa que você cresce sendo influenciada, quando falam coisas tipo "isso é de menino, não faz isso".

Sua perspectiva aponta que ela entendia que um dos obstáculos enfrentados pelas mulheres, ao mostrar interesse por temas científicos, era o de ultrapassar ações normativas que são reproduzidas com frequência nas relações sociais (ARCHER et al., 2012). Para ilustrar essa questão, ela usa como o exemplo sua experiência pessoal com membros da família que duvidam de seus conhecimentos, ao subordinar sua opinião àquela de meninos.

Já Afonso, nesse mesmo tema, apresentou uma perspectiva um pouco diferente ao longo do projeto. Na entrevista inicial, ele afirmou que talvez a baixa participação feminina na Ciência fosse decorrente da dificuldade das mulheres de se adequarem a áreas criadas por e para homens. Mas, também, não descartou possíveis diferenças intrínsecas ao gênero, afirmando que em outras áreas profissionais as mulheres tinham uma presença mais dominante. Já na entrevista final, ele apresentou outros argumentos referentes à questão de gênero, apontando como possíveis motivos o preconceito da sociedade e a dificuldade de acesso à educação. Além de destacar que é importante que a classe científica seja tão diversa quanto à população de um país. Quando questionado diretamente sobre quem ele acreditava que fazia Ciência nos dias de hoje, ele respondeu:

> **Quem faz ciência são os próprios grandes cientistas... Os grandes cientistas e, digo mais, os pequenos também fazem**, mas não tem formas de anunciar. As grandes revistas vão falar sobre os grandes cientistas e **a mídia não passa** aquilo que, muitas vezes, é bem produzido.

O aluno a princípio fez uma afirmação que poderia ser considerada ingênua, tendo uma visão de que apenas grandes gênios fazem Ciência. Nesse momento da entrevista, eu acabei deixando transparecer surpresa na minha expressão facial, pois, pelas posições que Afonso vinha tomando durante a SD e o PI, ele parecia já ter sedimentado uma visão mais normalizada da figura de cientista. Ele pareceu notar a expressão e é possível que tenha reorientado seu argumento por esse motivo, apontando

a mídia como grande culpada pela pouca cobertura das pesquisas de cientistas com menor prestígio e fama. Esse mesmo “culpado” também foi apontado na apresentação do trabalho do CERN. Em adição, ele usa como exemplo a experiência de sua prima – que trabalha numa instituição de pesquisa agropecuária – afirmando que lá se faz um trabalho de ponta que não ganha atenção nem prestígio. Além disso, ele usa também como exemplo os ganhadores de prêmios e fala que são geralmente homens em países desenvolvidos, por conta do maior financiamento.

Enzo, na entrevista inicial, expressou que gênero seria uma característica irrelevante à participação na Ciência, pois isso dependeria apenas de interesses e motivações individuais. Em contraste, na entrevista final afirmou que o machismo seria um grande obstáculo para a participação feminina em qualquer profissão. Apesar das discussões sobre a questão de gênero, acreditamos que talvez esse último posicionamento tenha sido distorcido pelo efeito observador, exagerado na tentativa de agradar as professoras. Isso porque seus argumentos pareceram superficiais já que foram aplicados apenas ao problema do machismo, considerando os preconceitos de classe e etnia como problemas menores apesar de provavelmente se identificar mais com esses dois últimos, por conta de seu perfil socioeconômico. No entanto, não é possível descartar também a influência de minhas tendências pessoais nessa análise, uma vez que esse – assim como o efeito observador – é um problema inerente às pesquisas qualitativas.

A atitude cética de Enzo em relação à mídia se tornou mais complexa e menos polarizada ao fim do projeto, apesar de ainda considerar as notícias em sua grande maioria como superficiais. Talvez por ter encontrado uma maior quantidade de notícias do que esperava inicialmente e por notar que boa parte era mal escrita – principalmente em dois dos mais famosos portais brasileiros online de notícias leigas – esse problema fosse explicável pelo baixo domínio e interesse por conhecimentos científicos. Além disso, ele adotou uma visão bastante otimista sobre o papel da ciência na sociedade e individualista quanto à responsabilidade de se informar. O seguinte trecho, de sua entrevista final, ilustra essas perspectivas: “(...) O que eu levo é que a produção científica tem que ser vista com melhores olhos e eu tenho que procurar saber tudo que está acontecendo no mundo, de fato, não só aquilo que chega a mim.”.

Esse trecho também diz respeito ao aprendizado que Enzo teve com a abordagem histórico-filosófica como um todo. Segundo ele, buscar informações confiáveis e conhecer a Ciência para além das fórmulas matemáticas seria uma habilidade útil para entender os fenômenos do cotidiano e o mundo de uma forma coerente ainda que não domine todos os argumentos necessários para calcular resultados exatos. Enzo manifestou esse seu posicionamento, quando na entrevista final respondeu à indagação:

> Julliana: O que você acha que vai ficar desse ensino de Física que teve aqui para sua vida fora da escola?
> Enzo: Se você tem mais opções pra pensar, mais visões pra utilizar... você pode, a partir desse momento, chegar numa resposta mais coerente [sobre problemas do cotidiano]. Você pode pensar por si próprio. [...] A dinâmica das aulas já foi muito boa. (...) Teve uma parte mais humana da coisa, pelo menos equilibrou as coisas. Até porque se você só tem a parte matemática, você vai virar um robô. Se você tem a parte mais humana, você consegue pelo menos saber de onde aquilo veio. [...] Se você consegue entender a origem de tudo, talvez você possa não aprender o resultado final, mas possa chegar a ele com a base que você sabe.

Esse entendimento, destacado por Enzo, sobre a origem das questões que se colocam no tempo e espaço é apontado por Moura e Guerra (2016) como conhecimento da herança cultural, essencial para que se possa atuar no mundo em que estamos imersos de forma consciente.

Além da atitude mais inquisidora em relação às motivações do fazer científico, Marisa passou também a se interessar mais por outras disciplinas, por conta da abordagem histórico-filosófica nas aulas de Física e do Projeto Integrador. “Acho que abriu meio que, assim, um horizonte até mesmo pra outras matérias: história que eu não gostava, agora eu gosto.” (Excerto da entrevista final de Marisa) Na mesma entrevista, quando questionada sobre a utilidade desse tipo de conhecimento para pessoas leigas, ela respondeu:

> (...) a gente tem que saber um pouco dessas coisas de física, matemática e química porque hoje em dia, conforme a tecnologia foi evoluindo, as coisas giram muito em torno disso. A gente pode acabar sendo enganado por isso (...) e se você tivesse conhecimento prévio, não seria. Deveríamos saber dessas coisas porque na nossa vida a gente tá cercado por isso, acho que conhecer faz bem.

Já Afonso destacou que o conhecimento sobre o CERN foi fundamental, pois

acredita que todo o aluno tem de estar “globalizado” para entender o que acontece em outras nações e seus possíveis benefícios e malefícios. Ele acredita que essas habilidades podem ser aguçadas para que todos possam buscar informações para esclarecer suas visões e fazer escolhas adequadas para si e para a sociedade. Afonso cita, como fez também no debate, o episódio histórico da Revolta da Vacina como exemplo do que pode acontecer pela falta de conhecimento científico básico.

Questionado sobre o caso contrário, no caso de um produto científico perigoso, como no projeto Manhattan, Afonso acredita que a população deve fazer valer seus direitos por meios legais, cobrando que o Estado impeça tal projeto. Ele acredita que com acesso à informação e criticidade, a população desenvolve o poder de saber se colocar nessas questões, e não se tornar vulnerável aos interesses de grupos dominantes.

Esse posicionamento parece diferir um pouco do que ele apresentou semanas antes. No debate, nos dois exemplos históricos que usou – a Guerra Fria e a Revolta da Vacina – Afonso apontou os benefícios da Ciência e tecnologia nessas situações possivelmente controversas do ponto de vista dos oprimidos. Já na entrevista final, ele parece demonstrar mais empatia com a perspectiva da população geral, apontando sua possibilidade de intervenção social, de forma informada e consciente.

4.3 – Considerações sobre a atividade

A preocupação com o papel da mídia na configuração de uma sociedade tecnocrática foi uma constante durante o desenvolvimento do PI e se tornou progressivamente mais complexa. A perspectiva do grupo inicialmente era de que a mídia deliberadamente escondia informações do público leigo, por raramente ver notícias sobre os projetos desenvolvidos no CERN. Quando perceberam que essas informações não eram tão escassas como imaginavam, começaram a considerar que essa relativa baixa quantidade (e qualidade) das notícias poderia ser parte de um problema maior. Esse problema – identificado por Afonso, em sua entrevista final – seria o lugar de baixo prestígio que o saber científico ocupava nas escolas brasileiras. O resultado dessa situação seria uma sociedade que não tem interesse em Ciências, tornando os projetos do CERN um tema que não seria abordado com frequência nas notícias por não ser lucrativo, principalmente em veículos midiáticos leigos. Outro ponto, apontado por

Enzo, na apresentação, seria a transposição mal feita de artigos científicos em notícias para leigos – o que poderia indicar que ele compreendeu que os jornalistas eram passíveis de cometer distorções e erros por não dominar bem o conhecimento científico.

No que concerne à aprovação de financiamento para pesquisas em "Ciência pura", a maioria dos alunos abandonou sua opinião original e alcançou um consenso com o restante do grupo. Originalmente contra, Afonso e Enzo aceitaram a validade do financiamento como promessa de utilidade futura desse tipo de pesquisa. Quando justificavam esse posicionamento, tanto individualmente como em grupo, eles frequentemente usavam um mesmo argumento – que aparece no documentário que assistiram, *Particle Fever* (2013). Esse exemplo é usado por um físico teórico do CERN quando questionado por um economista sobre o possível ganho financeiro proveniente da construção do LHC:

> Quando as ondas de radio foram descobertas, elas não eram chamadas por esse nome porque não existia o rádio. Elas foram descobertas como um tipo de radiação. Para grandes avanços, a Ciência básica precisa ser feita num nível em que você não está questionando o ganho econômico daquilo.[14] (Particle Fever, 2013, tradução nossa).

Esse argumento foi interessante pela escolha de um exemplo da História da Ciência para validar a pesquisa de base atual, mostrando uma possível valorização da abordagem histórico-filosófica. Ao mesmo tempo, a fonte foi um documentário e não um dos episódios históricos tratados nas aulas de Física. Talvez essa escolha se deva ao fato de que, nos temas abordados durante a SD, a maioria dos dispositivos tecnológicos apresentados teria sido construída antes que o conteúdo teórico compatível – a formulação dos conceitos de trabalho, potência e energia – fosse aceito amplamente pela comunidade científica.

Mudança similar ocorreu no caso do posicionamento quanto ao investimento do governo brasileiro nos projetos do CERN. Inicialmente totalmente contrários à prática, Afonso e Enzo começaram a considerar sua validade após perceber que não tinham levado em conta nenhum argumento favorável. Na apresentação final do projeto,

[14] Traduzido do original em língua inglesa: "When radio waves were discovered they weren't called radio waves because there were no radios. They were discovered as some sort of radiation. Basic science for big breakthroughs needs to occur at a level when you are not asking the economic gain".

eles admitiram os possíveis pontos benéficos de tal investimento para o crescimento do prestígio internacional e progresso científico do país.

Com já mencionado, durante todo o desenvolvimento do Projeto Integrador os alunos estavam inseguros quanto à pertinência de falar sobre a Ciência quando o eixo condutor da atividade era o tema da Ética e Responsabilidade Social. Isso pode indicar que eles ainda tinham uma visão de que o conhecimento científico é neutro, desvinculado dos acontecimentos da sociedade. No entanto, essa visão pareceu se tornar mais complexa no fim da SD, quando priorizaram uma ampla gama de aspectos socioeconômicos para apresentar o PI e para formular argumentos, durante a entrevista final.

Durante todo o PI, os alunos se preocuparam em abordar não apenas os conteúdos tecno-científicos dos projetos desenvolvidos no CERN, como também os aspectos sociais, políticos e econômicos que contextualizam a instituição. Mesmo assim, Afonso e Enzo terminaram o projeto adotando atitudes distintas quanto à Ciência, se mostrando confiantes quando abordavam o contexto e inseguros em relação ao conteúdo. Isso pode sugerir que ainda que a HFC tenha permitido aos alunos falar com propriedade sobre o contexto da produção científica, ela não fez o mesmo pela sua confiança para abordar conceitos e conteúdos específicos.

A análise de dados permite afirmar que aspectos histórico-filosóficos, discutidos nas aulas de Física, foram usados pelo grupo como um meio de determinar que dimensões seriam importantes para alcançar uma compreensão ampla de um tema científico contemporâneo. Além disso, aa entrevista final, os três alunos afirmaram explicitamente que o desenvolvimento da capacidade de filtrar informações confiáveis foi um dos maiores benefícios que eles tiraram da participação no Projeto Integrador.

Considerações Finais

O presente trabalho descreveu uma pesquisa qualitativa empírica realizada em torno da aplicação de uma Sequência Didática com abordagem histórico-filosófica, durante um curso de Física, numa turma de segundo ano de um Ensino Médio-técnico da rede federal. Fez-se uso da metodologia de pesquisa-ação com o objetivo de continuamente adequar a SD às questões que eram postas em pauta na sala de aula. O foco principal da pesquisa foi na realização de duas atividades, um debate baseado na exibição do filme *Steamboy* (2004) e uma pesquisa paralela sobre o CERN. A coleta de dados foi realizada principalmente por meio de anotações, gravações em áudio e vídeo de aulas e de entrevistas. Finalmente, a Análise Textual Discursiva foi usada com vistas a criar um metatexto narrativo capaz de descrever a experiência pedagógica de forma mais detalhada e responder à seguinte pergunta de pesquisa:

No âmbito de um curso de Física com abordagem histórico-filosófica, focado em torno de um debate sobre o filme Steamboy (2004) e de uma pesquisa em grupo sobre o CERN, que elementos são utilizados por alunos para construir argumentos acerca do papel da Ciência na sociedade?

Como indica a pergunta, a pesquisa desenvolvida pode ser caracterizada como qualitativa exploratória e descritiva (BOGDAN, BILKEN, 1994). Dessa forma, nosso objetivo era identificar padrões referentes ao papel da Ciência, e dos cientistas, nos argumentos usados pelos alunos ao longo das atividades didáticas e nas entrevistas.

Tanto nos dados coletados durante o debate quanto no desenvolvimento do PI, os alunos tiveram liberdade para usar os argumentos que preferissem – ainda que ambas as atividades tenham sido guiadas pelas professoras-pesquisadoras. Já nas entrevistas, naturalmente, seus argumentos se restringiram mais aos pontos previstos nas perguntas elaboradas no roteiro prévio.

Os elementos mais preponderantes usados para elaborar argumentos nas duas atividades já foram discutidos detalhadamente nas seções anteriores. Esses elementos são elencados resumidamente no quadro 02 e distribuídos entre categorias relacionadas à construção da Ciência.

Quadro 2 – Elementos do discurso referentes à construção da Ciência no debate e no PI.

Utilidade	**Neutralidade**	**Validação**	**Exemplos**
Construção de aparatos úteis	Influência de interesses pessoais, institucionais e nacionais	Um único experimento não pode validar uma hipótese	História - Guerra Fria e Revolta da Vacina
Lucro e crescimento econômico	Individualismo inerente por conta da sociedade capitalista	Consenso comunitário	Geografia - diferença salarial homem/mulher na Ciência
Promover o bem da humanidade	Financiamento		HFC - Newton, Iluminismo e ondas de rádio
Aumentar conhecimento	Cobrar responsabilidade em pesquisas potencialmente perigosas		Contemporâneos – CERN, computador e cientistas ganhadores de prêmios.
			Pessoais - cientistas menores não têm prestígio; mulheres não têm incentivos para seguir carreiras científicas

Fonte: Elaboração própria.

Os únicos elementos diretamente relacionados ao eixo epistemológico da construção da Ciência, no sentido de Martins (2015, p.719), aparecem na terceira coluna "validação". Eles têm origem no argumento que Marisa fez sobre o bóson de Higgs na apresentação do PI, e a necessidade de um grande número de experimentos para que a validação de sua previsão teórica fosse aceita pela comunidade científica. O fato de um argumento desse tipo ter sido usado pela única aluna que já tinha um alto grau de interesse por temas científicos pode indicar que os fatores sociológicos e históricos foram demasiadamente priorizados em relação a fatores epistemológicos.

Isso também poderia explicar, em nível parcial, as atitudes conflitantes que Afonso e Enzo apresentaram, se mostrando confiantes para abordar aspectos contextuais

e inseguros para abordar qualquer conteúdo científico sobre o CERN, no PI. Ainda que não tivéssemos a aspiração de que os alunos aprendessem **mais** Física em nossa pesquisa, talvez os aspectos epistemológicos da construção da Ciência não tenham sido explicitados suficientemente durante a aplicação da SD.

Depois do PI e da SD, os três membros do grupo mostraram uma visão progressista para a Ciência na sociedade, considerando-a importante para o desenvolvimento de um país. Talvez essa perspectiva tenha se tornado demasiadamente otimista, mas pode ser considerada mais complexa que a atitude inicial de ceticismo extremo. Além disso, os três também concordaram que os leigos deveriam participar em assuntos científicos, apesar de não acharem que isso fosse facilmente realizável. No máximo, conseguiam pensar nessa participação como um papel pequeno e indireto, exercendo pressão por meio do Estado ou da mídia.

Esse otimismo nos levou a identificar também alguns problemas que podem ter sido gerados pela escolha do material usado na SD para suscitar discussões sobre a Ciência. Na entrevista final, Enzo afirmou diversas vezes que a ciência teria como objetivo ajudar a humanidade, fala que corresponde ao discurso de alguns personagens do filme *Steamboy* (2004). Para solucionar isso, as diversas perspectivas dos personagens do filme poderiam ser problematizadas mais explicitamente e com mais detalhes.

Outro problema foi a baixa participação no debate. Enzo e Marisa – além de pelo menos metade da turma – não quiseram se expressar verbalmente. Isso pode indicar que a escolha dessa modalidade de interação para a atividade não foi ideal no sentido de engajar a turma inteira discursivamente, apesar da demonstração de interesse de boa parte durante a exibição do filme.

Todo o processo de construção e aplicação da pesquisa, a nível pessoal, cumpriu o papel de servir como "[...] uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino [...]" (Tripp, 2005, p. 445). Apesar de árdua em alguns momentos, a experiência de ministrar aulas de forma colaborativa – com um modelo de professora e pesquisadora – permitiu o aprimoramento de muitas atitudes e estratégias

pedagógicas. Aprendizados que eu, como professora iniciante, poderia não obter tão cedo.

O frequente uso de exemplos variados – sejam de outras disciplinas ou de saberes não escolares – para ilustrar suas compreensões sobre a Ciência, levantadas tanto nas aulas de Física, como nas entrevistas e no desenvolvimento do PI, mostra que os alunos conseguiram aplicar o conhecimento sobre o fazer científico nos mais diversos contextos.

Os resultados da pesquisa apontam também para a possibilidade de investigar futuramente o que leva alunos a apresentarem diferentes atitudes em relação ao conteúdo e ao contexto referentes a temas científicos. E também se tal distinção só ocorre em cursos que adotam o viés histórico-filosófico para o ensino.

Os elementos elencados como mais preponderantes podem indicar os que são mais assimilados pelos alunos, ajudando a selecionar aspectos que sirvam como eixo condutor na reconstrução dessa Sequência Didática, ou na construção de outras. O mesmo vale para os problemas identificados na aplicação da SD.

Referências

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. **O Discreto Charme das Partículas Elementares**. Editora Unesp, São Paulo, 2006.

ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of research in science teaching**, [S.l.], v. 37, n. 10, p.105-1095, jul. 2000.

ADURIZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè. A Research-Informed Instructional Unit to Teach the Nature of Science to Pre-Service Science Teachers. **Science & Education,** [s.l.], v. 18, n. 9, p.1177-1192, 16 may 2009.

AMORA, Ana Albano; SOUZA, Eliara Beck. **A cidade e a saúde no Rio de Janeiro, da sua fundação aos anos de 1920.** 2015. Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de História da Ciência. Disponível em: <http://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=829>. Acesso em: 02 maio 2017.

ANDRÉ, Marli. Pesquisa em Educação: Buscando rigor e qualidade**. Cadernos de Pesquisa**, n. 113, p. 51-64, 2001.

ARCHER, Louise et al. "Balancing acts": Elementary school girls' negotiations of femininity, achievement, and science. **Science Education,** [s.l.], v. 96, n. 6, p.967-989, 11 out. 2012. Wiley-Blackwell. http://dx.doi.org/10.1002/sce.21031.

ASHLEY, Mike. **Steampunk Prime:** A Vintage Steampunk reader. New York: Nonstop Press, 2010.

BISPO, Ana Paula; GUERRA, Andreia (Org.). **História da Ciência e Ensino:** Fontes primárias e propostas para a sala de aula. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

BOGDAN, R.C; BIKLEN, S.K. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e métodos - Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.

BOMFIM, Julliana Miguel; REIS, José Claudio. Máquinas Térmicas no cinema: Uma proposta para abordar a HFC e a NdC no ensino básico. In: ENCONTRO NACIONAL

DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia, SP. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015.

BOMFIM, Julliana Miguel; REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia. A CIÊNCIA É NEUTRA? DISCUSSÃO EM SALA DE AULA A PARTIR DO FILME STEAMBOY. In: XVI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA - EPEF, 2016, Natal. XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF, 2016. p. 1-8.

BOMFIM, Julliana Miguel; REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia. Problematizando a ideia de gênios isolados: Mayer e Joule no episódio da conservação da energia. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología, v. extra, p. 1075-1081, 2016.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. **Breve história da ciência moderna**: das luzes ao sonho do doutor Frankenstein (séc. XVIII). 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. V.3.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. **Breve história da ciência moderna**: das máquinas do mundo ao universo-máquina (séc. XV a XVII). 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2010. V.2.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. O papel dos livros didáticos franceses do século XIX na construção de uma concepção dogmático-instrumental do ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** [s. L.], v. 25, n. 3, p.507-522, dez. 2008.

BRICKHOUSE, Nancy W.; POTTER, Jennifer T. Young women's scientific identity formation in an urban context. **J. Res. Sci. Teach.,** [s.l.], v. 38, n. 8, p.965-980, out. 2001.

BRITTO JÚNIOR, Álvaro Francisco de; FERES JÚNIOR, Nazir. A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos. **Evidência,** Araxá, v. 7, n. 7, p.237-250, 2011.

CANNON, John. Robert Stephenson. The Oxford Companion to British History. Oxford: Oxford University Press, 2002. Disponível em: <http://www.encyclopedia.com/topic/Robert_Stephenson.aspx#2>. Acesso em:: 27 out. 2016.

CARLONE, Heidi B.; JOHNSON, Angela; SCOTT, Catherine M. Agency amidst

formidable structures: How girls perform gender in science class. **Journal Of Research In Science Teaching,** [s.l.], v. 52, n. 4, p.474-488, 27 fev. 2015.

CHAUÍ, M. **Conformismo e Resistência**: aspectos da cultura popular no Brasil. 2 ed., São Paulo: Ed. Brasiliense, 1986.

CLOUGH, Michael P.. **Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students:** Questions Rather Than Tenets. 2007. Disponível em: <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm>. Acesso em: 1 ago. 2016.

EINSTEIN'S Big Idea. Direção de Gary Johnstone. [s.l]: Channel 4 Television Corporation, Norddeutscher Rundfunk (NDR), Tétra Média e Arte, 2005. (120 min.), son., color.

FIGUERÔA, S. F. de M. Para pensar a vida dos nossos cientistas tropicais. In Heizer, A. & Videira, A. A.P. (orgs.) **Ciência, civilização e império nos trópicos** (p. 235-246). Rio de Janeiro: Access. 2001.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência em sala de aula. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S.l.], v. 28, n.1, p.27-59, 2011.

GOMES, A. S. L. (org.). **Letramento Científico**: um indicador para o Brasil. São Paulo: Instituto Abramundo. – 2015.

GOMES, L. C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte II. **Cad. Bras. Ens. Fís.,** [s.l.], v. 32, n. 3, p.738-768, 12 maio 2015.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. History and Philosophy of Science along Three Axes: A case study in Modern Physics. In: INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE, 12., 2013, Pittsburgh. Proceedings. Pittsburgh: University Of Pittsburgh, 2013.

GUERRA, Andreia. A identidade e o diálogo como possibilidades de superação da controvérsia entre educadores e historiadores da Ciência. In: **Controvérsias na pesquisa em Ensino de Física**. Sergio Camargo et al (org). 2015, p. 129-142.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Claudio. History, Philosophy, and

Science in a Social Perspective: A Pedagogical Project. **Sci & Educ,** [s.l.], v. 22, n. 6, p.1485-1503, 13 jun. 2012.

HOBSBAWM, Eric J. **A era das revoluções**: 1789 – 1848. 33. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

HÖTTECKE, Dietmar; SILVA, Cibelle Celestino. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education,** [s.l.], v. 20, n. 3-4, p.293-316, 9 ago. 2010.

IRZIK, Gürol; NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education,** v. 20, n. 7-8, p. 591–607, 2010.

KANDERAKIS, Nikos. What is the Meaning of the Physical Magnitude 'Work'? Sci & Educ, [S.l.], v. 23, n. 6, p.1293-1308, 28 dez. 2012.

KUHN, Thomas S. A conservação da energia como exemplo de descoberta simultânea. In: KUHN, Thomas S.. **A tensão essencial:** Estudos selecionados sobre tradição e mudança científica. São Paulo: Unesp, 2011. Cap. 4. p. 89-126. Tradução de Marcelo Amaral Penna-Forte.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". **Cad. Bras. Ens. Fís.,** [s.l.], v. 32, n. 3, p.703-737, 12 maio 2015.

MARTINS, G. de A. M. Técnicas para coleta de dados e evidências. In: **Estudo de Caso**: uma estratégia de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.

MCCLUNE, Billy; JARMAN, Ruth. Critical Reading of Science-Based News Reports: Establishing a knowledge, skills and attitudes framework. **International Journal Of Science Education,** [s.l.], v. 32, n. 6, p.727-752, abr. 2010.

MCCOMAS, William F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science**. Science & Education**, [S.l.], v. 17, n. 2-3, p.249-263, fev. 2008.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação,** [S.l.], v. 12, n. 1, p.117-128, 2006.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação,** S.l., v. 9, n. 2, p.191-211, 2003.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva.** 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

MOURA, Breno Arsioli; SILVA, Cibele Celestino. Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 336-348, 2014.

MOURA, Cristiano Barbosa de. **Discutindo a natureza da ciência no ensino médio: um caminho a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos**. 2014. 155f. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.

MOURA, Cristiano Barbosa de; GUERRA, Andreia. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,** Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p.725-748, dez. 2016.

NAPIER, Susan J. **Anime from Akira to Princess Mononoke:** experiencing contemporary Japanese animation. New York: Palgrave, 2001.

OLIVEIRA, B. J. Cinema e Imaginário Científico. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.13, supl. p. 133-150, out. 2006.

PARTICLE FEVER. Direção de Mark Levinson. [S.l.]: Anthos Media, 2013. (99 min.), color. Legendado.

PÉREZ, Daniel Gil et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção Científica e Ensino de Ciências: para Além do Método de 'Encontrar Erros em Filmes'. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.35, n.3, p.525-540, set./dez. 2009.

QUIVY, Raymond**;** CAMPENHOUDT, Luc Van**. A pergunta de Partida.** In: Manual de Investigação em ciências Sociais. Lisboa, Ed. Gradiva. 1996.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13, p. 71–87, 2006.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Mínimo 2012**: Física. Rio de Janeiro, 2012.

RUDOLPH, J. L.; HORIBE, S. What do we mean by science education for civic engagement? **Journal of Research on Science Teaching**, v. 53, n. 6, p. 805–820, 2016.

SMITH, Crosbie. The science of energy: a cultural history of energy physics in Victorian Britain. 1. ed.. Chicago: The University of Chicago Press, 1998.

SOARES, Luiz Carlos. O mecanicismo newtoniano e as bases intelectuais da Revolução Industrial inglesa. In: ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA DA ANPUH-RIO, 15., 2012, São Gonçalo. **Anais... .** São Gonçalo: Anpuh-rio, 2012. p. 1 - 11.

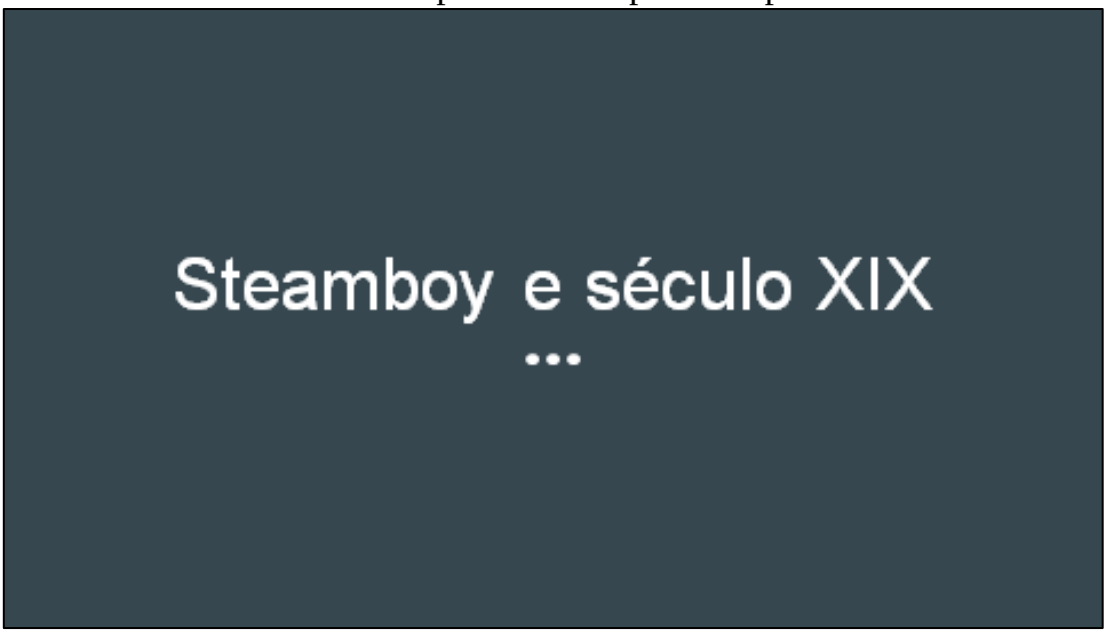
STEAMBOY. Direção de Katsuhiro Ohtomo. [s.i]: Triumph Films, 2004. (126 min.), DVD, son., color. Legendado.

TALON, Ivan Luis Miranda. **Sobre a metafísica romântica e a construção do princípio de conservação da energia**. 2015. 177f. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2015.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, vol 31 número 3, 2005.

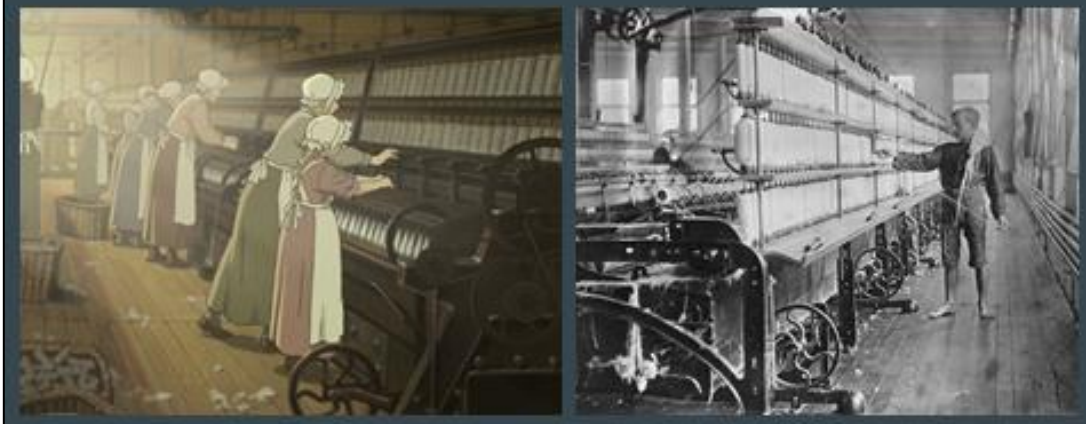
APÊNDICE A – Slides elaborados para a aplicação da SD

Aula 2 – Elementos presentes na primeira parte do filme





Revolução Industrial - mecanização da produção



Spinning mule (1775) de Samuel Crompton (1753-1827).

Revolução Industrial - relações laborais



Sociedade Inglesa





Ordem da Liga (1348)

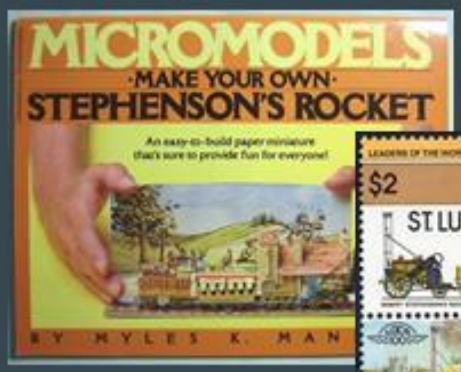
Inovações técnicas





Uma das primeiras locomotivas comerciais(1816), de George Stephenson (1781-1848)

Personagem histórico







Robert Stephenson (1803-1859)

Inovações técnicas





Clermont (1807) de Robert Fulton (EUA), primeiro barco a vapor com uso comercial.

Inovações técnicas





Uniciclo (+-1860)



Inovações técnicas

Balão dirigível de Henri Giffard (1852)



Dirigível Nº 6 de Santos Dumont (1873-1932) vence o prêmio Deutsch (1901).



Exposições científicas



Papel da Ciência



Aula 3 – Conservação e Máquinas Térmicas

ENERGIA

Conservação e transformação

(séculos XVII-XIX)

século XVII

- Busca do conhecimento verdadeiro;
- Matemática como fonte de certezas
- Universo máquina
- Conservação da quantidade de movimento (mv)





René Descartes (1596-1650)

Conservação da *vis viva* de leibniz

Melhor dos mundos possíveis

→Conservação

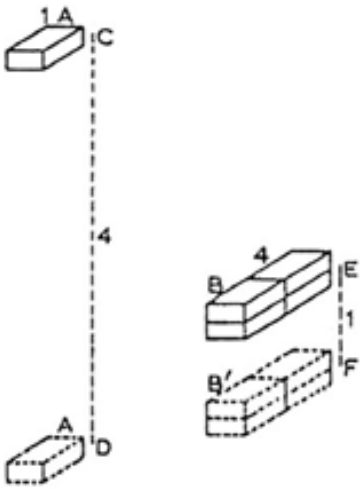
"Erro" de Descartes→ ñ é mv!

Forças - ***vis viva*** e ***vis mortua***

Calulando a *vis viva?*

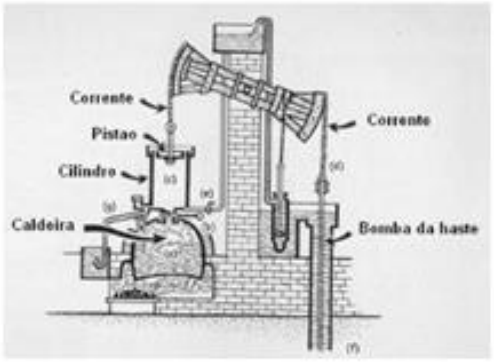
causa = efeito

Ph α mv²

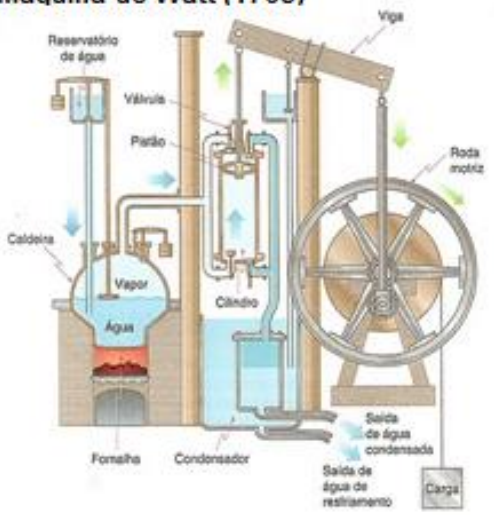


Máquinas térmicas

Máquina de Newcomen (1712)



Máquina de Watt (1765)



Aulas 4 e 5 – Trabalho e Potência

Última aula









Como escolher a maquina mais econômica?

*… a **força** deve ser estimada pela quantidade de **efeito** que consegue produzir; por exemplo, a partir da **altura** a que se pode elevar um **corpo pesado** …*
(LEIBNIZ, 1686)

Trabalho útil

$\tau = P.h$

P - peso da carga
h - altura

- 1704-1776 - manuais técnicos sobre rodas d'água



Contexto sócio-cultural → Grã-Bretanha (XVIII)





Revolução Industrial

- Burguesia → acúmulo de capital
- Financiamento de Laboratórios particulares e sociedades para o avanço da ciência
- Medalha Copley da Royal Society (1736)

Contexto sócio-cultural →



Tradição abstrata e matemática

- -prática +teoria

Revolução Francesa (1789-1799)

- "*Liberdade, Igualdade e Fraternidade*"
- ~~Academia Real de Ciências de Paris (1666)~~ → Escola Politécnica de Paris (1795) (Estado)
- Sistema Internacional de unidades (S.I.)

NOVAS FRONTEIRAS



JOHANN MORITZ RUGENDAS: Praia Rodrigues próxima ao Rio de Janeiro, 183-. Litogravura

- Expedições de investigação e exploração de recursos;
- Congressos científicos;
- Nacionalismo e Revistas Científicas - Atas da Royal Society (1831) na Grã-Bretanha e Comptes Rendus de L'Académie des Sciences (1837) na França.

Contribuições Francesas: conceito de Trabalho (1826)



Trabalho de uma força

$\tau = F.d.\cos\Theta$

F - intensidade da força (N)
d - deslocamento (m)
[J] - unidade do S.I. (joule)

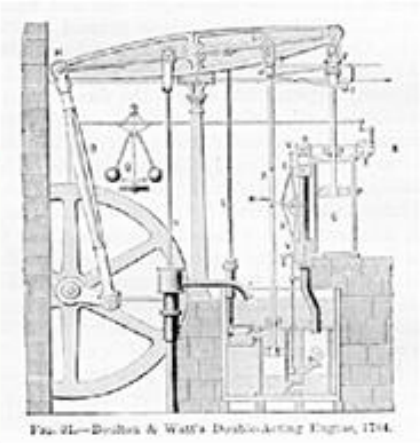
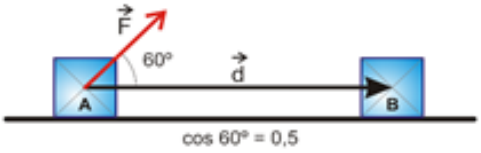


Fig. 42.—Boulton & Watt's Double-Acting Engine, 1784.

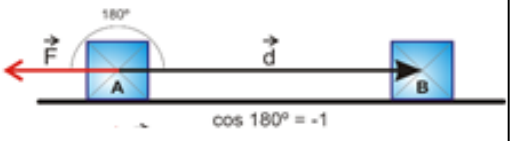
Trabalho → $\tau = F.d.\cos\theta$

a)



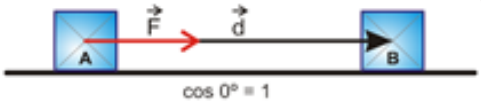
cos 60° = 0,5

c)



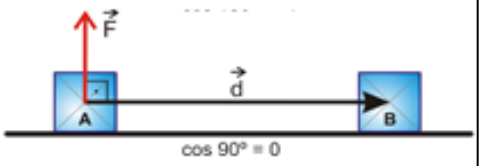
cos 180° = -1

b)



cos 0° = 1

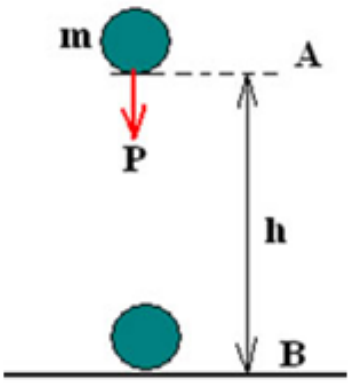
d)



cos 90° = 0

e) Ponto A=B?

Trabalho



Trabalho útil?

Caso particular: Força Peso

$$\tau = P.h$$

P - peso (N)
h - altura (m)

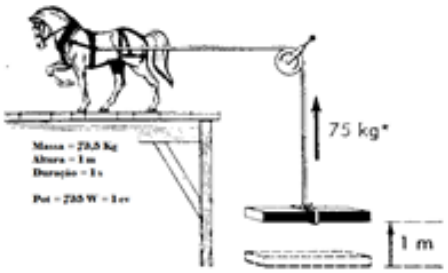
Como comparar seu trabalho ao longo do dia?

Potência

$$Pot = \tau/\Delta t$$

τ - trabalho da força (J)
Δt - tempo (s)
[W] - unidade do S.I. (watt)

[cv]- unidade cavalo-vapor

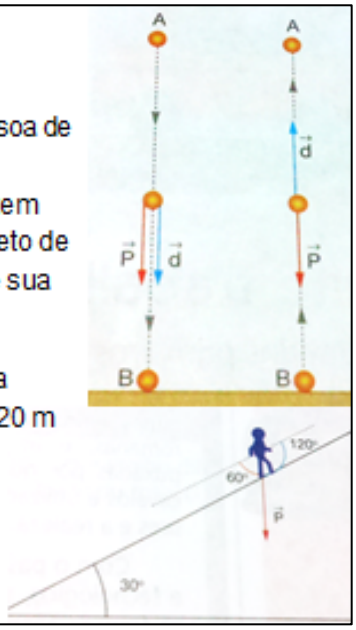


[kWh] - consumo

Exercícios

1) Determine o trabalho realizado pelo peso de uma pessoa de 500 N durante os movimentos de descer e subir três andares de um prédio, considerando que cada andar tem 3,5 m de altura. Se a pessoa fizesse esse mesmo trajeto de elevador, haveria trabalho sendo realizado? Justifique sua resposta.R:5250 J e -5250 J

2) Determine o trabalho realizado pela força peso de uma pessoa de 500 N ao descer e ao subir uma rampa de 20 m de extensão, inclinada 30° com a horizontal.R:5000 J e - 5000 J



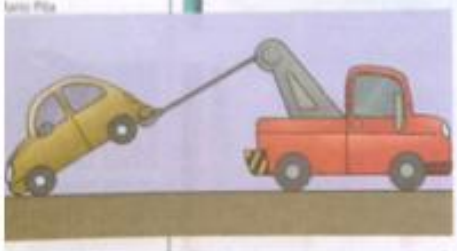
Exercícios

2) Um servente de uma construção realiza em média 15 subidas com um carrinho de argamassa a cada hora, aplicando uma força de 200 N ao longo de uma rampa de 3 m. Determine:

a) O trabalho realizado pela força aplicada pelo servente em cada subida. 600 J

b) O trabalho realizado no fim de um dia de trabalho de 8 horas. 72 000 J = 72 kJ

3) O promotor de supermercado precisa arrumar uma caixa com 20 latas de óleo, de 900 mL cada, numa prateleira situada a 1,70 m de altura do solo. Determine o trabalho pela força que ele aplica para empilhar uma lata de óleo e o trabalho para empilhar toda a caixa. Dados: densidade do óleo: 0,8 kg/L, g = 10 m/s². 244,8 J



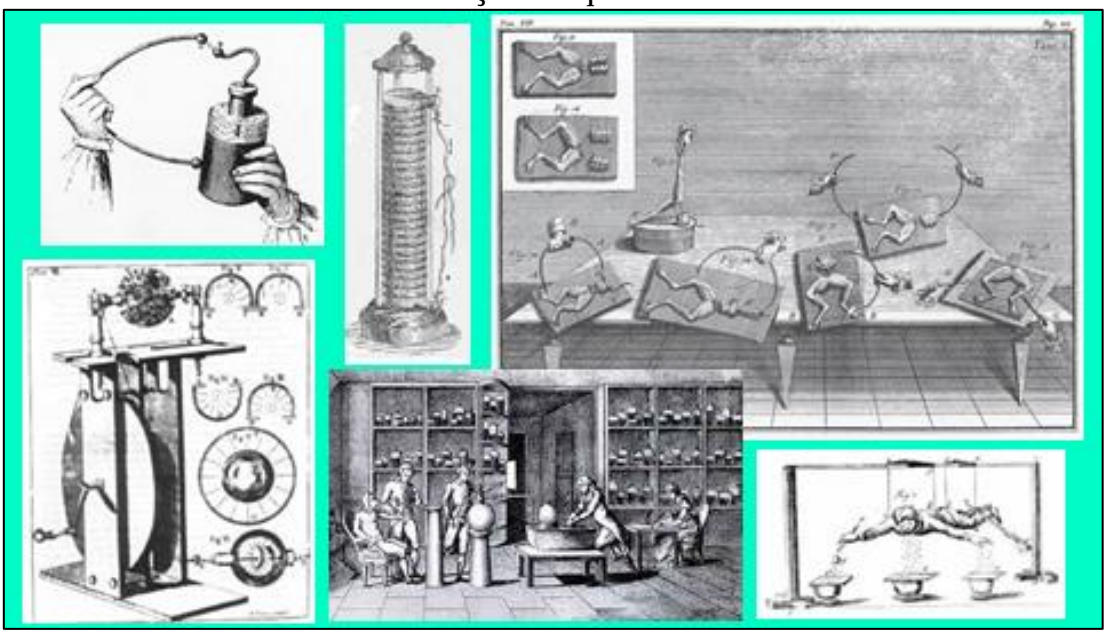
4) Um carro é rebocado por um caminhão guincho ao longo de 500 m. Um medidor colocado junto ao cabo de aço indica que a força aplicada no carro é de 2 000 N. Determine o trabalho realizado pela força de tração do cabo de aço, sabendo-se que a diferença de altura entre o carro e o caminhão faz que ela seja aplicada num ângulo de 30° em relação ao piso horizontal. (sen 30° = 0,5; cos 30° = 0,87). 870 000 J = 870 kJ

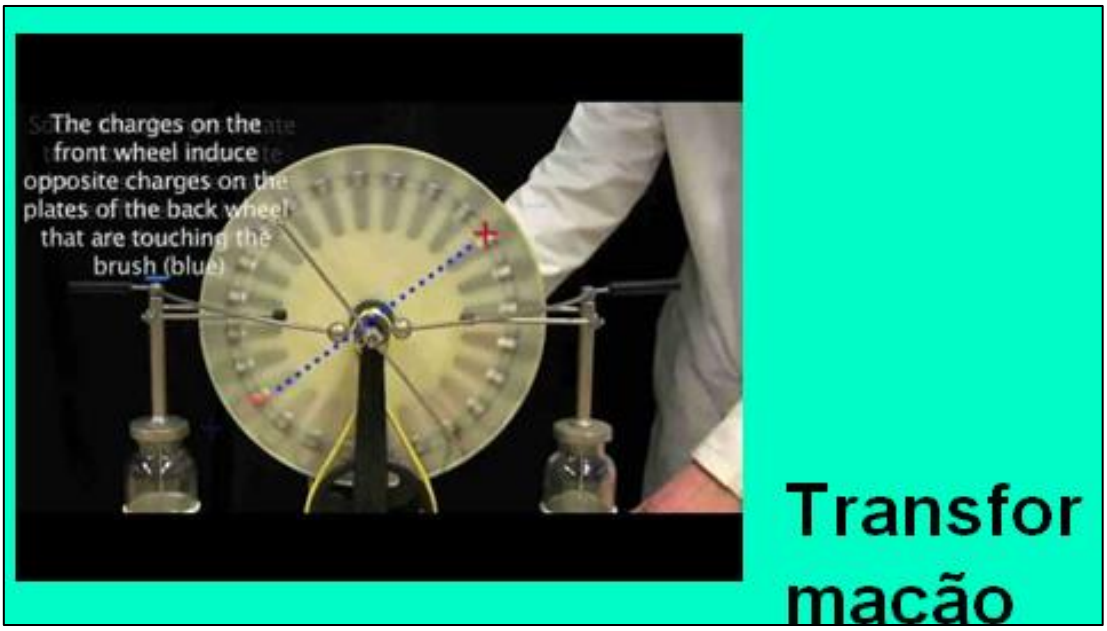
Exercícios

7) O motor de uma bomba hidráulica tem potência de 500 W. Em quanto tempo essa bomba encherá um reservatório de água de 100 L? Considere que o volume de 1 L de água seja equivalente à massa de 1 kg da bomba, use g = 10 m/s², despreze o atrito da água no encanamento e adote 40 m o desnível entre o reservatório e o poço. 80 s

8) Um foguete de lançamento de satélites percorre o seu primeiro estágio com velocidade média de 720 km/h. Determine a potência por ele desenvolvida nessa etapa, sabendo-se que seu motor pode aplicar-lhe uma força de aproximadamente 30 800 000 N. Esse valor equivale à força de decolagem de 30 aviões do modelo Jumbo 747. $6{,}1 \cdot 10^9$ W

Aulas 8 e 9 – Transformação e equivalente mecânico do calor





Movimento Romântico - final do séc XVIII/Início do XIX

Naturphilosophie
Filosofia natural romântica

- Crítica ao mecanicismo
- Natureza como um todo orgânico
- Busca de uma grandeza unificadora dos fenômenos
- Forte presença germânica



Newton (1795) de William Blake (1757-1827)

Julius Robert Mayer (

- Médico Fisiologista alemão
- Viagem às "Índias Orientais alemãs"
- Doença na tripulação →sangrias
- Teoria do calor animal
- "nada surge do nada"

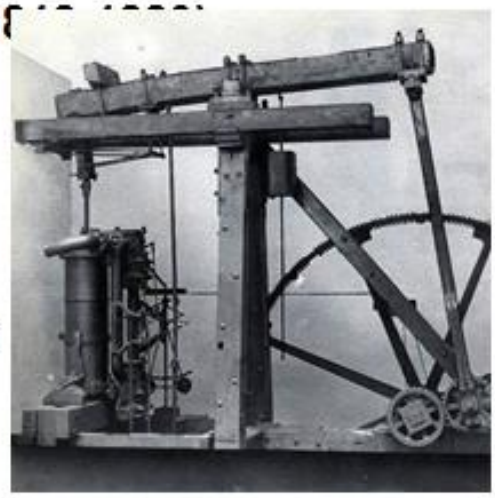


Julius Robert Mayer (1814-1878)

- Máquinas térmicas → transformação de calor em trabalho mecânico
- Causa = Efeito
- Forças mudam de forma mas sua quantidade total não varia → conservação!
- 1842 - artigo com valor numérico do **equivalente mecânico do calor**

James Prescott Joule (18

- Família rica inglesa, dona de uma cervejaria em Manchester
- Educação informal
- Motor eletromagnético mais econômico?
- 1841-1844 - experimentos envolvendo transformação e calculando o **equivalente mecânico do calor**



Equivalente mecânico do calor - Experimento das pás de Joule (1845)



Controvérsia pela primazia: Mayer x Joule

"De acordo com esses fatos, todos apreciarão a sagacidade do sr. Mayer em predizer as relações numéricas que seriam estabelecidas entre o calor e o poder; mas não se pode negar, creio, que eu tenha sido o primeiro a demonstrar a existência do equivalente mecânico do calor, e que tenha fixado seu valor numérico por experiências incontestáveis."[43]

"De resto, estou persuadido de que o sr. Joule realizou suas descobertas sobre o calor e a força sem conhecer as minhas, e os numerosos méritos desse ilustre físico inspiram-me uma grande estima; mas creio que estou em meu direito repetindo que fui eu quem primeiro publicou, no ano de 1842, a lei da equivalência do calórico e da força viva, com sua expressão numérica."[47]

APÊNDICE B – Roteiros prévios das entrevistas semiestruturadas

Entrevista Inicial

Por se tratar de entrevistas semiestruturadas, é possível apenas construir um roteiro prévio das entrevistas. As perguntas previamente planejadas tem alto grau de flexibilidade, podendo ser alteradas de acordo com a fala do entrevistado, sem que isso implique em mudança do tema geral da entrevista.

1- Qual o bairro em que você mora? Você sempre morou lá?

2- Descreva sua casa.

3- Quem mora com você? Os que trabalham, trabalham aonde? Qual a profissão deles?

4- Quais as profissões de seus parentes mais próximos? E dos pais de seus amigos e amigas?

5- Você brincava muito quando era criança? De que você gostava de brincar?

6- Você sempre estudou nessa escola? Em caso negativo, diga em quais escolas estudou. No que você acha que elas se parecem? No que você acha que elas são diferentes?

7- Conte como é sua escola.

8- O que você costuma fazer nos fins de semana? E durante a semana, quando não está na escola?

9- Do que você mais gosta na escola?

10- Do que você menos gosta na escola?

11- O que você acha que a escola pode proporcionar a você?

12- O que você pensa em fazer quando acabar o Ensino Médio?

13- Quando você era criança, o que você pensava em fazer quando acabasse o Ensino Médio?

14- Você conhece algum cientista?

15- Você sabe o nome de um cientista ou uma cientista viva?

Entrevista Final

1. Como você se vê na construção da Ciência?
    a. Como cientista ou não? Se não, você acha que teria alguma participação nessa construção como cidadão leigo? Que tipo de participação seria essa?
2. Quem você acha que, efetivamente, faz a Ciência nos dias de hoje?
    a. De forma geral, você acha que, mesmo hoje, os cientistas têm um perfil bem definido quanto à classe social, etnia e gênero?
    b. Você acha que os cientistas têm algum tipo de papel na sociedade?
3. Qual seria o papel do ensino de Ciência ou de Física nessa construção da Ciência?
    a. Você acha que o ensino de Física que você teve aqui foi focado na preparação para o mundo do trabalho, na preparação para o ENEM e outros vestibulares ou teve outro foco?
    b. Você acha que o ensino de Física deveria servir para qual propósito, num mundo ideal?
    c. Qual seria a relevância do ensino de Física para sua vida fora da escola?

APÊNDICE C – Ensaio teórico produzido durante a elaboração da SD

Problematizando a ideia de gênios isolados: Mayer e Joule no episódio da conservação da energia

Julliana Bomfim
José Claudio Reis
Andreia Guerra

Introdução

Há uma concepção corrente no senso comum, muitas vezes reforçada pela mídia, incluindo alguns livros didáticos, que representam cientistas como gênios excêntricos e desinteressados, incapazes, às vezes, até de manifestar emoções ou manter relações sociais (Martins, 2015). Essa representação se distancia do indivíduo comum. Estudos indicam que alunos percebem uma incompatibilidade cultural que os afasta da ciência quando pertencem a grupos sociais que, historicamente, não tiveram participação expressiva na sua construção (Brickhouse & Potter, 2001).

Entendemos que para aproximar estudantes do saber científico, tanto na formação de professores quanto na educação básica, se faz necessário reduzir o cientista ao *status* de pessoa comum, mostrando, assim, que foi nessa condição que eles produziram conhecimento por meio de relações inextricáveis entre indivíduo e contexto (Figuerôa, 2001). Os benefícios dessa mudança não se limitariam a uma maior afinidade dos jovens com a carreira científica, mas auxiliariam na formação de professores e cidadãos conscientes de que o discurso científico não é inquestionável.

Na busca por um ensino de ciências que permita esse tipo de reflexão, abordagens envolvendo a História e a Filosofia da Ciência, bem como aspectos explícitos da Natureza da Ciência, têm se mostrado profícuas (Forato, Pietrocola & Martins, 2011; Aduriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009; Mccomas, 2008), uma vez que, ao favorecer uma visão de ciência construída socialmente, mutável e passível de erros, permite problematizar os limites desse tipo de discurso.

Partindo dessa perspectiva, analisamos aqui o episódio histórico da formulação do princípio da conservação da energia, focando em dois filósofos naturais frequentemente citados nesse recorte (Gomes, 2015; Kuhn, 2011; Coelho, 2007; Elkana, 1974), Julius Robert Mayer (1814-1878) e James Prescott Joule (1818-1889). Com isso, procuramos identificar, ainda que de forma pontual e inicial, alguns aspectos que permitam desconstruir a visão estereotipada do cientista como gênio isolado,

produzindo contributos que auxiliem futuros professores a enriquecer discussões sobre a temática da energia.

Desenvolvimento

As reflexões deste trabalho partiram de um curso de licenciatura em Física, no qual percebemos que uma abordagem conteudista do episódio pode deixar a impressão de que Joule e Mayer foram autodidatas geniais.

Para melhor situar tais personagens históricos dentro de seus contextos, traremos uma descrição de suas trajetórias, abordando alguns aspectos relevantes à construção do princípio da conservação da energia.

Julius Robert Mayer (1814-1878) nasceu em Heilbronn, cidade germânica que passou por uma rápida industrialização durante o século XIX. Filho de um farmacêutico, Mayer e seus irmãos se familiarizaram com a profissão desde a infância, o que os levou a seguir carreira na medicina. Apesar de fisiologista, Mayer também se interessava por astronomia e filosofia natural (Caneva, 1993).

Em 1840 participou de uma expedição à Java, como médico do navio. Ao realizar sangrias nos marinheiros notou que a coloração do sangue era distinta àquela da Europa e começou investigações para explicar tal discrepância (Caneva, 1993). Em 1841, ao tentar publicar seus resultados teria sido rejeitado por diversos erros em conceitos básicos da mecânica (Martins, 1984).

Em 1842, conseguiu publicar uma versão melhorada do trabalho, em que afirma que haveria uma relação de interconvertibilidade entre as grandezas trabalho mecânico e calor, tendo calculado, ainda, um valor numérico para estabelecer tal equivalência. Concluiu também que essa conversão deveria ser válida para qualquer processo natural, inclusive os das máquinas térmicas (Martins, 1984).

Já James Prescott Joule (1818-1889) nasceu numa família rica, proprietária da maior cervejaria de Manchester, na Inglaterra, no final da década de 1820 – *status* alcançado devido ao investimento em mecanização e motores a vapor. Apesar de não ter uma educação formal, Joule estudava sozinho e tinha aulas particulares (Smith, 1998).

No final da década de 1830, já na Segunda Revolução Industrial, Joule começou suas investigações nas possíveis vantagens econômicas do uso de máquinas eletromagnéticas como substitutas das máquinas a vapor (Smith, 1998). Isso o levou a

procurar um fator de conversão para comparar as diferentes máquinas, resultando em diversas pesquisas relacionadas à conservação da energia.

Ao analisar tais trajetórias, vemos que nenhum deles teve formação acadêmica tradicional de acordo com o esperado para um filósofo natural da época. Esse fato foi parte dos motivos pelos quais muitos de seus trabalhos foram rejeitados ou, quando publicados, não tiveram grande atenção da comunidade científica.

Outro fator que agravava as dificuldades de divulgação de seus trabalhos era o uso, por ambos, do conceito da *vis viva*, criado pelo filósofo natural alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1643-1716). Tal conceito foi marginalizado por se contrapor diretamente às visões newtonianas, sendo apenas revitalizado a partir do século XIX, pela filosofia natural romântica, a *Naturphilosophie* (Braga, Guerra, & Reis, 2011).

Os trabalhos de Mayer mostravam essa crença numa grandeza unificadora na natureza. Embora tentasse se distanciar da metafísica em seu discurso, seu estilo de argumentação se baseava em pressupostos filosóficos e lógicos que não eram comuns nem bem aceitos pela comunidade científica da época (Martins, 1984).

Joule teve similar obstáculo por usar a mecânica escalar analítica francesa nos seus cálculos em vez da tradicional matemática vetorial inglesa, o que poderia ser visto como desrespeito por seus pares britânicos, dificultando publicações em periódicos nacionais.

Talvez o maior dos problemas de Joule fosse convencer a comunidade científica de que possuía termômetros precisos e habilidades suficientes para que seus resultados experimentais, que eram da ordem de frações de grau, fossem significativos e confiáveis (Smith, 1998).

No século XIX já havia uma circulação de informações que se dava por meio de cartas, livros e artigos, além de palestras dadas em eventos promovidos por diversas associações científicas. Segundo Gomes (2015) foi em um desses eventos que William Thomson (1824-1907), mais conhecido como Lorde Kelvin, se familiarizou com as pesquisas de Joule.

No mesmo ano, em 1847, Kelvin publicou uma pesquisa que corroborava os resultados de Joule, a partir dos quais verificou um aumento de temperatura mais significativo e menos passível de questionamentos (Smith, 1998). Com a validação de

Kelvin – figura de grande prestígio – os resultados de Joule, publicados a partir de 1843, passaram a ser amplamente aceitos pela comunidade científica inglesa.

Esse último fator pode servir como exemplo da intersubjetividade na ciência, no sentido de que contribuições só têm valor a partir do momento que são aceitas pela comunidade científica (Martins, 2015). Apesar do fazer científico se caracterizar por uma série de aspectos que garantem certa objetividade, a formação de consensos depende de fatores socioculturais e subjetivos que não podem ser previstos com exatidão.

As dificuldades enfrentadas, quanto à publicação e aceitação de seus trabalhos, foram marcantes no início da carreira de ambos. Com a posterior articulação e aceitação de suas proposições pela comunidade científica, surgiu uma disputa para receber os louros pela autoria da primeira publicação com essas ideias originais.

Essa disputa pode ser vista como uma busca por prestígio individual e aceitação por seus pares. Em algumas publicações, feitas por ambos nesse período, é possível encontrar ataques diretos, ainda que educados, a seus adversários. Martins (1984, p. 75, nota 48) cita algumas dessas publicações, feitas inclusive por outras personalidades que decidiram tomar partido na disputa. Em um desses trechos, Joule ironiza as capacidades de Mayer, após apontar possíveis discrepâncias na pesquisa do rival:

> De acordo com esses fatos, todos apreciarão a sagacidade do sr. Mayer em predizer as relações numéricas que seriam estabelecidas entre o calor e o poder: mas não se pode negar, creio, que eu tenha sido o primeiro a demonstrar a existência do equivalente mecânico do calor, e que tenha fixado seu valor numérico por experiências incontestáveis. (Joule, 1849, p.135 citado em Martins, 1984, p.74)

Em resposta, em publicação própria no mesmo ano, Mayer afirma:

> De resto, estou persuadido de que o sr. Joule realizou suas descobertas sobre o calor e a força sem conhecer as minhas, e os numerosos méritos desse ilustre físico inspiram-me uma grande estima: mas creio que estou em meu direito repetindo que fui eu quem primeiro publicou, no ano de 1842, a lei da equivalência do calórico e da força viva, com sua expressão numérica. (Mayer, 1849, p.534 citado em Martins, 1984, p.75)

Nesse último trecho, Mayer toma uma postura excessivamente educada, elogiando seu competidor. Essa postura abre-nos brechas para questionar se, na verdade, Mayer não está acusando, veladamente, Joule por plágio. Como já mencionado, existia uma circulação de informações à época. Apesar disso, a primeira publicação de Mayer, de 1842, não teve grande repercussão até o início da disputa e, por isso, Joule poderia

muito bem desconhecê-la, já que era uma publicação marginal em língua alemã (Smith, 1998).

Não se pode negar a prioridade de Mayer na publicação, o que não significa, contudo, que Joule o plagiou. Além disso, ambos partiam de experiências e observações distintas, apesar de chegarem a conclusões semelhantes. Nesse mesmo período, outros dez filósofos naturais trabalharam, simultaneamente, em pesquisas que resultaram em contribuições parecidas (Kuhn, 2011; Elkana, 1974), o que mostra como a essa questão estava em voga.

Os aspectos trabalhados aqui podem ajudar a afastar a tradicional visão do cientista que realiza uma prática "pura" e desinteressada. Cientistas buscam aceitação e prestígio assim como qualquer profissional. Até mesmo os bem-sucedidos passam por obstáculos e necessitam do aval de seus pares para alcançar tal status. Essa perspectiva auxiliaria na formação de professores conscientes de que o discurso científico não é inquestionável, já que não é feito por gênios isolados e imparciais.

Lembramos que o objetivo não é construir um relativismo exacerbado, o que pode levar a uma visão muito subjetiva da ciência, como alerta Martins (2015). Buscamos dar destaque para alguns fatores que normalmente são negligenciados visando enriquecer o tema.

À luz da perspectiva proporcionada pelos aspectos aqui discutidos, sugerimos aos leitores a consulta de outras fontes (Gomes, 2015; Kuhn, 2011; Lopes Coelho, 2007; Elkana, 1974), ainda que de forma crítica, para uma maior familiarização com o episódio histórico em questão.

Tendo em vista as limitações de extensão do presente trabalho, seria interessante o aprofundamento do tema em pesquisas futuras, abarcando também maior diversidade de aspectos, como a religiosidade de ambos os personagens. Isso permitiria uma compreensão ainda mais ampla da complexa integração entre sujeitos e contextos e, consequentemente, uma visão de Joule e Mayer não como homens a frente de seu tempo, mas como produtos de seu tempo e espaço.

Referências Bibliográficas

Aduriz-Bravo, A., Izquierdo-Aymerich, M. (2009). A research-informed instructional unit to teach the nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education, 18*(9), 1177-1192.

Braga, M., Guerra, A., Reis, J. C. (2011). *Breve história da ciência moderna*: *Vol. 4: A belle-époque da ciência (séc. XIX)(2a. ed.)*. Rio de Janeiro: Zahar.

Brickhouse, N.W., Potter, J. T. (2001). Young women's scientific identity formation in an urban context. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(8), 965-980.

Caneva, K. L. (1993). R*obert Mayer and the conservation of energy.* Princeton and Chischester: Princeton University Press.

Coelho, R. L. (2007). On the concept of energy: How understanding its history can improve physics teaching. *Science & Education, 18*(8), 961-983.

Elkana, Y. (1974). T*he discovery of the conservation of energy.* London And Southampton: The Camelot Press.

Figuerôa, S. F. de M. (2001). Para pensar a vida dos nossos cientistas tropicais. In Heizer, A. & Videira, A. A.P. (orgs.), *Ciência, civilização e império nos trópicos* (p. 235-246). Rio de Janeiro: Access.

Forato, T. C. de M., Pietrocola, M., Martins, R. de A. (2011) Historiografia e natureza da ciência em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 28*(1), 27-59.

Gomes, L. C. (2015). A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte II. *Cad. Bras. Ens. Fís., 32*(3), 738-768.

Kuhn, T. S. (2001). A conservação da energia como exemplo de descoberta simultânea. In Kuhn, T. S, *A tensão essencial: Estudos selecionados sobre tradição e mudança científica (p. 89-126)*(Penna-Forte, M. A., trad.). São Paulo: Unesp.

Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". *Cad. Bras. Ens. Fís., 32*(3), 703-737.

Martins, R. de A. (1984). Mayer e a conservação da energia. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência,* (6), 63-95.

Mccomas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science**.** *Science & Education, 17*(2-3), 249-263.

Smith, C. (1998).The science of energy: A cultural history of energy physics in victorian Britain. Chicago: The University of Chicago Press.

ANEXO A – Slides usados na apresentação do Projeto Integrador

O que é o CERN?



Principais fundadores

LOUIS DE BROGLIE

NOBEL- 1929



NIELS BOHR

NOBEL-1922



Por que e quando foi criado?

- Desenvolvimento científico e seu utilitarismo
- Orgulho europeu de desenvolver seu centro científico
- Desejo de explorar a energia nuclear e seu vasto potencial

Financiadores

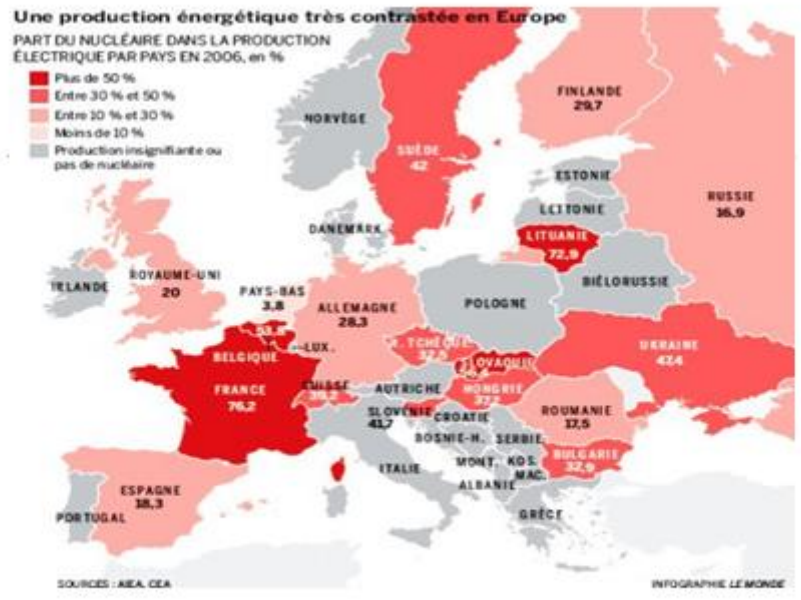


Possíveis explicações para a localização do CERN

Facilidades como por exemplo, a garantia de sigilo bancário

O alto uso da energia nuclear nos países sede.

Economia estável da região



Possíveis explicações para o uso da moeda

O tradicional nacionalismo francês.

Facilitar operações básicas da organização

A estabilidade da moeda e sua crescente em relação às outras moedas.



A Produção Científica do CERN

LHC: Large Hadron Collider



Os Maiores Objetivos do LHC

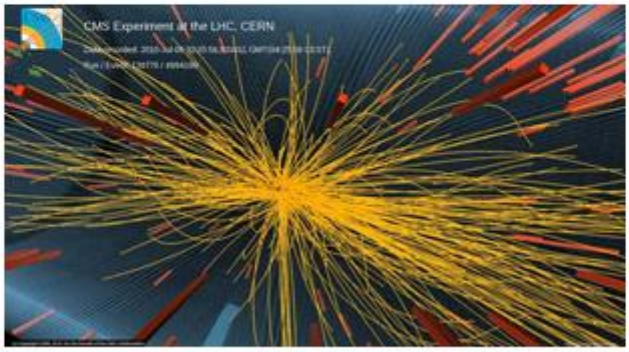
Encontrar o Bóson de Higgs

Explicar a ausência de antimatéria

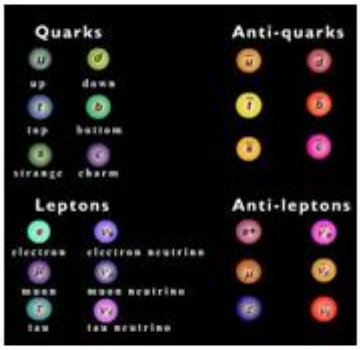
Explicar a existência de materia escura e energia escura

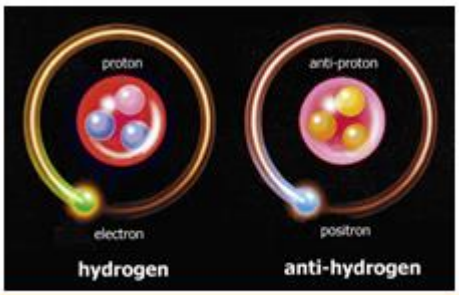
"The God's Particle" – O Bóson de Higgs

- Descoberta teórica feita por François Englert e Peter Higgs.



Matéria vs. Antimatéria
Partícula vs. Antipartícula





Composição do Universo



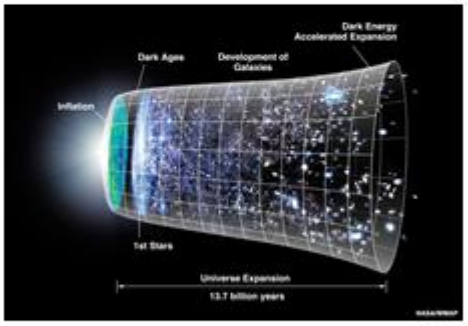
Matéria Escura





Energia Escura





O CERN é divulgado da maneira correta?

Onde ele é divulgado?

Nos meios de comunicação do Brasil.

Revistas científicas.

Internet de modo geral.

Site do CERN.

MÍDIA BRASILEIRA



Revistas científicas



Internet



Site do CERN



O Governo

