

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**MARIA LUCIA DE CAMARGO LINHARES**

**O ESTUDO DA TERMODINÂMICA EM SALA DE AULA: UMA  
PERSPECTIVA CRÍTICA A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2015**

**MARIA LUCIA DE CAMARGO LINHARES**

**O ESTUDO DA TERMODINÂMICA EM SALA DE AULA: UMA  
PERSPECTIVA CRÍTICA A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Leandro Queluz

Coorientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

**CURITIBA**

**2015**

**TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Título: O estudo da termodinâmica em sala de aula: uma perspectiva crítica a partir da História da Ciência.

Autor: Maria Lucia de Camargo Linhares

Orientador: Prof. Dr. Gilson Leandro Queluz

Coorientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

Este trabalho foi apresentado às 9:30, do dia 24 / 02 / 2015, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho aprovado.

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Gilson Leandro Queluz

---

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Florczak

---

Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia

---

Professor Responsável pelas Atividades  
de Trabalho de Conclusão de Curso/  
Curso de Licenciatura em Física  
(DAFIS/UTFPR)

## AGRADECIMENTOS

Esta é a conclusão de uma etapa muito importante na minha vida e para que ela aconteça de forma plena é necessário, nestas linhas, agradecer a todos que contribuíram para a minha formação.

Começo agradecendo a todas as pessoas da minha família, principalmente a minha mãe, Maria de Lourdes, ao meu pai, Airton, e ao meu padrasto, Geraldo. Vocês foram, em grande parte, responsáveis por quem eu sou hoje e se tenho essa conquista é pelo total apoio, carinho, amor, dedicação e segurança que vocês me proporcionaram para enfrentar qualquer obstáculo. Além disso, agradeço muito a todos os abraços, risadas, brigas e conversas que tive com meus irmãos, Anna Maria e Hugo, pois me proporcionaram reflexões sobre o significado de família, amor e gentileza. Aprendi, nesses últimos anos, o significado do que é o amor incondicional, de dividir tudo o que eu tenho e de rir até em momentos difíceis. É incrível pensar que quem me ensinou tudo isso foi minha sobrinha, Julia, que ainda pequenina é a pessoa mais maravilhosa que eu conheço. O Pedro, meu sobrinho, merece meus mais profundos agradecimentos, pois torna os meus dias muito mais felizes. Eu não poderia deixar de agradecer a pessoa que mais me apoiou e incentivou nesse processo todo, a minha avó Amália. Ela demonstra para mim, todos os dias, como é ser uma mulher forte, dedicada, amorosa e com uma sabedoria imensurável.

Outra parte importante na minha formação foram os meus amigos. Alguns eu conheci neste processo, outros muito antes disso, mas todos estiveram presentes em momentos muito importantes para mim. Sendo assim, agradeço ao meu melhor amigo e companheiro, Alan, por ser a pessoa que está ao meu lado, todos os dias e em quaisquer circunstâncias. Sem a sua paciência, determinação e admiração eu não teria chegado até aqui com tanto entusiasmo. Agradeço aos meus amigos, Camila e Alessandro, pelas milhares de risadas, por todas as ajudas nos trabalhos, por estarem presentes em todos os momentos e por todas as nossas conquistas. E agradeço, também, as minhas queridas amigas, Janayna, Erica e Joana, por tornarem esse último ano de faculdade muito mais alegre e gracioso.

No processo de pesquisa a Juliana e o Paulo foram muito importantes. Sem eles o trabalho não teria acontecido da maneira como planejado. Por isso, agradeço por participarem dessa pesquisa de maneira muito profissional e por serem as pessoas sinceras que são. Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Gilson Queluz, por ter aceitado participar desse trabalho e por toda a paciência, apoio e sabedoria que demonstrou durante esse processo. Ao meu Coorientador, Professor Dr. Nestor Saavedra, por ter apoiado esse trabalho desde o início, me auxiliando e se dedicando em todos os momentos necessários. Agradeço aos professores que aceitaram compor a banca para a avaliação final desta pesquisa. E agradeço a Professora Dr<sup>a</sup> Noemi Sutil, por estar disponível em todos os momentos para tirar dúvidas, conversar e ajudar em qualquer etapa do trabalho.

Agradeço, ainda, a Professora Dr<sup>a</sup> Angela Almeida e ao Professor Dr. João Amadeus, por esses anos de PIBID, sem essa aprendizagem nada disso seria possível. Por fim, agradeço a CAPES pelo auxílio fornecido durante o PIBID.

## RESUMO

LINHARES, Maria L. C. **O estudo da termodinâmica em sala de aula: uma perspectiva crítica a partir da História da Ciência.** 2015. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Pode a inserção de elementos da História da Ciência, nas aulas de termodinâmica no ensino médio, colaborar para uma visão mais crítica sobre o processo de construção do conhecimento científico? Para responder a esta questão, foi realizado, em um primeiro momento, um grupo de estudos, com dois professores do ensino médio, para que possibilitasse a discussão de referenciais bibliográficos que ajudassem a compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como os temas escolhidos sobre História da Ciência. Além disso, o grupo pôde debater sobre as diversas possibilidades de realizar atividades e aulas sobre estes temas. Dessa maneira, foi possível criar materiais e elaborar estratégias de aulas para a aplicação de atividades envolvendo a História da Ciência para duas turmas do segundo ano do ensino médio. As informações mais relevantes coletadas dessas aulas foram registradas em um diário de campo que, juntamente com os trabalhos entregues pelos alunos, foram analisadas, proporcionando resultados favoráveis ao uso de elementos da História da Ciência. Sendo assim, se alguns resultados de nossa pesquisa demonstram que, as atividades isoladas podem contribuir para uma formação mais ampla ela também demonstra que, idealmente, o uso da História da Ciência em aulas de Física tem que ser um processo contínuo. Além disso, existem problemas em relação à estrutura geral das instituições de ensino que acabam por privar ações como a proposta aqui apresentada.

**Palavras-chave:** História da Ciência. Ensino de Física. Termodinâmica

## ABSTRACT

LINHARES, Maria L. C. **The thermodynamics study in the classroom: a critical perspective from the history of science.** 2015. 97 f. Completion of course work - Physics Department, Federal University of Technology. Curitiba, 2015.

The inclusion of elements of the history of science, in thermodynamics classes in high school, can contribute to a more critical view of the construction process of scientific knowledge? To answer this research question it was conducted, at first, the creation of a study group, with two high school teachers, to allow the discussion of bibliographic references that would help to understand the relationship between science, technology and society, with emphasis on topics of entropy and fatigue in the history of science. In addition, the group could discuss the various possibilities to perform activities and classes on these topics. Thus, through these proceedings, it was possible to create materials and prepare lessons strategies for the implementation of activities involving the history of science for two second-year high school classes. The most relevant information collected with these lessons were recorded in a field diary which together with the homework submitted by the students, were analyzed, providing results favorable to the use of elements of the history of science. So, if the results of our research shows that isolated activities can contribute to a broader teacher education, they also demonstrate that ideally the application of elements of the history of science in physics classes has to be a continuous process. Isolated activities contribute to a broader teacher education, but it is not ideal. In addition, there are problems related to the general structure of educational institutions that end up depriving actions like the proposal here presented.

**Keywords:** History of Science . Physics Teaching . Thermodynamics.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
1.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
1.3 OBJETIVO DE PESQUISA .....	16
1.4 METODOLOGIA .....	16
<b>2 GRUPO DE ESTUDOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3 RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>25</b>
3.1 AULAS DA PROFESSORA JULIANA.....	25
3.2 AULAS DO PROFESSOR PAULO .....	35
3.3 ANÁLISE GERAL DO CAPÍTULO.....	46
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da observação de aulas de Física, em diferentes contextos educacionais, e da convivência com os alunos do ensino médio, foi possível perceber que alguns discursos acerca do conhecimento científico e tecnológico estão muito enraizados e, muitas vezes, não possuem uma ligação direta com a realidade educacional e com o seu desenvolvimento. Dessa maneira, o presente trabalho vem do interesse pessoal de entender e conhecer os processos históricos que envolvem um determinado conhecimento e como este conhecimento pode ajudar, de maneira efetiva, no desenvolvimento social de alunos e professores.

Com a participação no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, foi possível trabalhar com uma abordagem da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), sob uma perspectiva da história no Ensino de Física. Esse trabalho possibilitou acompanhar a mudança de concepção dos alunos sobre a ciência e a tecnologia, indicando que o uso de elementos da história geral e da História da Ciência pode contribuir com o Ensino de Física<sup>1</sup>.

Além disso, em documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais Mais, existe o objetivo de que os alunos tenham a percepção da Física como participante de um processo que ocorreu ao longo da história, com contribuições culturais, sociais e econômicas<sup>2</sup> (BRASIL, 2002). Ou seja, é importante

---

<sup>1</sup> O Grupo de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) do PIBID de Física, coordenado pela Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ângela Emília de Almeida Pinto, elaborou um projeto cuja proposta era produzir intervenções/ações no Ensino Médio objetivando aproximar discussões que contemplassem a relação entre a Física como construção humana e a influência dela na história da humanidade, entrelaçando assim diferentes áreas do conhecimento; além de propiciar reflexões acerca das relações de CTSA e o Desenvolvimento Humano. Desse modo, foram realizadas intervenções com o objetivo de aproximar ainda mais o Ensino de Física do dia-a-dia dos alunos envolvidos. No total, quatro atividades foram realizadas com os alunos, sendo que a primeira foi um questionário socioeconômico e de opinião e a última foi um questionário aberto sobre o que já havia sido feito durante o ano de 2013. Nas outras duas intervenções foram discutidos temas a respeito dos conteúdos de ótica e suas relações com outras áreas do conhecimento, sempre estabelecendo um viés histórico e social. Ao final, foi possível verificar no discurso dos alunos uma percepção mais humana da ciência e um maior entendimento sobre as relações existentes entre o conhecimento científico, o desenvolvimento social e a história da humanidade.

<sup>2</sup> A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis



ênfatizar que a ciência e a tecnologia também têm ligações intrínsecas com o desenvolvimento, com as necessidades sociais e, conseqüentemente, com as políticas públicas. Considerando, dessa maneira, que a ciência não se constitui em um conhecimento neutro ou absoluto, mas é marcada por múltiplos valores e interesses sociais (LIMA FILHO e QUELUZ, 2005).

Portanto, no sentido de trazer discussões acerca do desenvolvimento do conhecimento científico para as aulas de Física, optou-se nesta pesquisa trabalhar com o tema referente à termodinâmica, pois em sua construção estão envolvidos diversos aspectos sociais, culturais, políticos, econômicos, tecnológicos e científicos, possibilitando múltiplas abordagens e discussões profundas sobre ciência, tecnologia e sociedade.

Dentro dessa perspectiva, os estudos que tratam dos conceitos da termodinâmica, (RABINBACH, 1992; KUHN, 1989 e TRESCH, 2012), tem procurado ênfatizar as relações entre o seu desenvolvimento e os diferentes aspectos sociais e históricos, dos quais procuramos compreender os conceitos de trabalho e entropia com as relações sociais ampliadas.

## 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

### ***Ciência na Sociedade: Uma construção Social***

A ciência, muitas vezes, é apresentada como um conhecimento pronto e acabado e, portanto, considerado verdadeiro. A sociedade incorpora e reproduz discursos como esse a partir do que é ensinado nas escolas sobre conhecimento científico.

---

e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado. (BRASIL, 2002)

A imagem social do cientista, neste contexto, também sofre uma mudança, passando a ser visto como alguém que, na sua produção científica, é pouco influenciado por seus sentimentos, emoções, interesses e por sua cultura. Mas, na realidade, a ciência se trata de uma prática social, ou seja, um conhecimento feito por indivíduos que pertencem a uma cultura, que possuem interesses, negociações e que buscam parcerias para desenvolver mais “conhecimento científico”.

Além disso, existe um senso comum de que os cientistas são mais inteligentes, confiáveis, rigorosos e, portanto, estão livres de cometer qualquer tipo de erros. Porém, segundo Latour (1983), a diferença de um cientista para outro trabalhador não está centrada no conhecimento ou possível genialidade do primeiro, mas sim nas possibilidades que ele tem de cometer erros. É dentro de um laboratório que todos os erros devem ocorrer, para que, assim, por meio de tantas tentativas, as “certezas” comecem a aparecer (LATOURE, 1983).

Desse modo, o sociólogo Pablo Kreimer (2009), que realizou estudos com o objetivo de compreender o papel do conhecimento científico na sociedade, seu uso e dimensões sociais, as parcerias internacionais e políticas e as instituições que o regulam, comenta que:

É preciso deixar de lado essa ciência feita e observar, investigar, analisar, interpretar a “ciência enquanto se faz”, porque é ali onde se podem encontrar as raízes do que depois será apresentado como verdade ao resto da sociedade. (p.29)<sup>3</sup>

Porém, esta tarefa não é fácil, uma vez que a sociedade possui concepções que estão muito mais relacionadas ao determinismo científico do que a uma construção social. Isso implica em uma ciência concebida com base na verdade, com um desenvolvimento linear, ininterrupto e acumulativo, “eliminando de sua história as discussões e as polêmicas, ocultando as reconstruções e as revoluções” (ROSSI, 1990, p.156).

Para tanto, é defendido o uso de uma nova imagem da ciência, que, dialogando com os estudos CTS, possa favorecer uma mudança de perspectiva,

---

<sup>3</sup> Tradução da autora. Texto Original: Hay que dejar de lado esa ciencia hecha y observar, investigar, analizar, interpretar la “ciencia mientras se hace”, porque es allí donde se pueden encontrar las raíces de lo que luego será presentado como verdad al resto de la sociedad (KREIMER, 2009, p.29).

para professores e alunos, propiciando que o ensino de ciências e tecnologia seja capaz de mostrar seus processos sociais e evolutivos, além de ser focado em situações vividas pelos estudantes em seus contextos cotidianos, deixando de evidenciar conteúdos distantes e fragmentados, baseados em conhecimentos científicos supostamente neutros e autônomos (VON LINSINGEN, 2007).

Autores como Charbel El-Hani (2006), colocam o professor como uma variável importante na constituição do pensamento científico do aluno. Ou seja, mostram que se o professor possui uma visão determinista da ciência, os alunos também a possuirão. Porém, como os professores também são parte da sociedade, é natural que partilhem das mesmas concepções que foram constituídas socialmente ao longo de muitas décadas. Nesse sentido, também pode ser difícil, para o docente, se desvincular de um conhecimento enraizado e compreender os processos de construção do conhecimento científico.

Dessa maneira, é importante pensar em um ensino de Física, tanto na graduação quanto no ensino médio, capaz de discutir as questões referentes à sociologia interna da ciência, e os conceitos relacionados à neutralidade e autonomia (KREIMER, 2009), e tecnologia, por acreditar que isso colabora com uma percepção mais humana do trabalho científico. Hoje, é necessário que esse ensino problematize o trabalho científico e que a aparente neutralidade dos cientistas seja desconstruída. (TREVISANO e CHRISPINO, 2013).

Portanto, haverá a possibilidade de trazer para os alunos uma formação com maior inserção social, no sentido de torná-los aptos a participar dos processos de tomadas de decisões conscientes e negociadas em assuntos que envolvam ciência e tecnologia (VON LINSINGEN, 2007).

### **História, Filosofia e Sociologia da Ciência: contribuições para o Ensino de Física.**

A partir do que se pode observar hoje em salas de aulas, Margarete Hülsendeger (2007) aponta que existe um predomínio da concepção de Ciência baseada na ideia de cumulatividade e linearidade das teorias e das leis. Assim, sem conhecer o contexto em que esses conhecimentos surgiram, os alunos se fixam em ideias de verdades universais e da impossibilidade de erros e incertezas na Ciência.

E isso ocorre justamente pela formação dos professores e pesquisadores, que segundo Charbel El-Hani (2006), muitas vezes, se limita aos aspectos teóricos e práticos das várias ciências e não fornece referenciais históricos e filosóficos para suas práticas profissionais. Sendo que, através de um estudo adequado de alguns episódios históricos, seria possível compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é um conhecimento isolado de suas relações sociais e tecnológicas. Assim:

A História e Filosofia da Ciência surgem como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para evitar: visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, 2007 apud SILVA NETO et al., 2013, p.02).

Desse modo, em um curso de formação de professores, o objetivo da disciplina de História da Ciência não é descrever a história ou acumular conhecimento sobre ela, mas propiciar uma análise crítica das condições da criação e apropriação do conhecimento científico pelas diversas culturas e atestar que este conhecimento está sujeito a transformações. Além disso, essa disciplina deve propiciar questionamentos às pretensões de verdade, revelando perguntas que não são feitas dentro das demais disciplinas do currículo para a formação do professor. (TRINDADE, 2011).

Porém, para que se possa utilizar a História da Ciência de maneira mais ampla, é necessário ter uma percepção mais aguçada sobre o seu significado. Rossi (1990) descreve a expressão “História da Ciência” como uma quantidade de investigações e estudos que vão desde assuntos relacionados ao desenvolvimento de equipamentos científicos e teorias até a história das instituições e comunidades científicas. Ou seja, é um estudo que possui uma grande gama de conhecimentos que se relacionam com a ciência e que pode assumir diversas perspectivas e direções para os caminhos produzidos em seu âmbito científico<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Paolo Rossi (1990) aponta, ainda, que nos estudos da História da Ciência existem algumas tendências teóricas, sendo que as principais são a internalista, externalista, continuísta e descontínuísta.

Dessa maneira, ao levar a História da Ciência para as aulas de Física, é possível discutir diferentes aspectos históricos e sociais ligados àquele conceito ou conteúdo, proporcionando um entendimento mais amplo e com mais significados. Um exemplo disso pode ser em relação ao desenvolvimento da termodinâmica, que está diretamente relacionado com acontecimentos sociais, culturais, políticos e econômicos dos séculos XVIII e XIX.

### **Considerações a respeito da conservação da energia.**

Quando Thomas Kuhn (1989) fez investigações sobre os cientistas que estudavam a conservação da energia, percebeu que a maioria deles chegou a conclusões muito próximas sobre esse princípio. Chamou esse fenômeno de *Descoberta Simultânea*, porém essas descobertas eram, basicamente, a emergência rápida e desordenada de elementos experimentais e conceituais a partir dos quais a teoria iria se constituir. Dessa maneira questiona:

Por que razão, nos anos 1830-50, tantos experimentos e conceitos exigidos para uma afirmação completa da conservação da energia se encontraram tão perto da superfície da consciência científica? (KUHN, 1989, p.107)

Assim, procura em obras dos pioneiros e dos seus contemporâneos alguns detalhes que respondam a tal questão, chegando a três fatores principais: a descoberta dos processos de conversão, a partir da invenção da bateria por Volta, que proporcionou a muitos cientistas elaborarem em seus laboratórios os mais diversos tipos de conversões, com fenômenos químicos, elétricos, térmicos, magnéticos e até mesmo óticos; a preocupação com o funcionamento e aperfeiçoamento dos motores, com preocupações acerca do trabalho mecânico e a análise das máquinas em movimentos; a filosofia da natureza (*Naturphilosophie*), que colocava o organismo como a metáfora fundamental da sua ciência universal, procurando constantemente um princípio unificador para todos os fenômenos naturais.

Isso não quer dizer que esses fatores expliquem as descobertas individuais ou coletivas da conservação da energia. Muitas descobertas e conceitos antigos foram essenciais para o trabalho de todos os pioneiros [...]. Mas os três fatores acima discutidos podem ainda fornecer a constelação fundamental, dada a questão pela qual começamos. (KUHN, 1989, p.141)

Dessa forma, estudos mais aprofundados dessas influências são importantes para entender os aspectos sociais e culturais desse conceito. Além disso, é preciso saber quais os impactos que os estudos da termodinâmica tiveram na sociedade do século XIX. Para isso, Anson Rabinbach (1992), explica a metáfora do Motor Humano, que foi originada do conceito de transformação da energia e trazia consigo a noção do corpo humano como uma máquina que transformava energia em trabalho mecânico. A partir dessa metáfora, e dos fundamentos do materialismo social, a natureza, a indústria e as atividades humanas foram unificadas em um único conceito, denominado potencial de trabalho, que tentava, a partir de uma explicação científica, expandir as energias do trabalho realizado pelo homem.

Assim, uma parcela da sociedade foi tendo a ideia de que o corpo, assim como a máquina, poderia ter a sua fadiga<sup>5</sup> superada, ou seja, seria possível eliminar a resistência dos homens ao trabalho, proporcionando um maior progresso para as indústrias.

Esta imagem do corpo como um local de conservação e conversão de energia ajudou a impulsionar as reformas ambiciosas patrocinadas pelo Estado no final do século XIX e começo do século XX na Europa. A metáfora do motor humano deu credibilidade para os ideais do liberalismo social, que pôde ser mostrado como consistente com as leis universais da conservação da energia: a expansão da produtividade e as reformas sociais estavam ligadas pelas mesmas leis naturais. (RABINBACH, 1992, p.02)<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> A fadiga, de forma geral, é explicada como sendo o estado de desgaste que segue um período de esforço, mental ou físico, caracterizado por uma diminuição da capacidade de trabalhar e redução da eficiência para responder a um estímulo (MOTA, CRUZ e PIMENTA, 2005). Porém, o que o autor Rabinbach mostra em seu livro, são as concepções oriundas da Revolução Industrial e resignificadas no final do século XIX e início do XX., onde o produtivismo era considerado base para o desenvolvimento social e econômico. Dessa forma, o autor discute a visão hegemônica do período, da fadiga humana como um mal que predispõe o trabalhador à diminuição da produtividade, atrapalhando o crescimento econômico da sociedade europeia.

<sup>6</sup> Tradução da autora. Texto original: This image of the body as the site of energy conservation and conversion also helped propel the ambitious state-sponsored reforms of late nineteenth- and early twentieth-century Europe. The metaphor of the human motor lent credibility to the ideals of socially responsive liberalism, which could be shown to be consistent with the universal laws of energy conservation: expanded productivity and social reform were linked by the same natural laws. (RABINBACH, 1992, p.02)

A partir disso, muitas utopias sociais e ideologias políticas, como o Fascismo, Taylorismo e Bolchevismo, foram aparecendo. Cada uma delas possuía como um dos seus fundamentos a concepção do corpo humano como uma força produtiva e um instrumento político, cujas energias poderiam ser, através de técnicas, submetidas a sistemas organizacionais.

Por fim, o argumento central do estudo feito no livro de Rabinbach é o produtivismo moderno, que teve início no século XIX com a revolução conceitual, trazida pelas descobertas científicas, principalmente no ramo da termodinâmica. No século XIX existiam então duas preocupações: a produtividade do trabalho humano, com o conceito de transformação de energia e as previsões apocalípticas sobre o fim do mundo, geradas a partir do conceito de entropia.

Ainda nesse contexto, são importantes os estudos realizados por Nóbrega (2009), em que são mostrados outros aspectos do desenvolvimento histórico da termodinâmica, verificando as influências causadas pelo contexto social e por outros pensadores nos estudos de alguns cientistas. Nóbrega exemplifica este processo com a análise da evolução do pensamento de William Thomson e as influências exercidas por ele nas pesquisas de outros cientistas, especialmente no trabalho de Clausius (1850).

### **Breve revisão de literatura sobre o uso da História da Ciência no ensino médio e superior.**

Em documentos oficiais voltados para a educação no Ensino Médio são mostrados objetivos e perspectivas para a formação dos alunos do ensino médio, além de critérios de avaliação para os livros didáticos utilizados nas aulas de Física, enfatizando a importância da presença de discussões sobre a História da Ciência e as relações CTS nessa formação. Dessa maneira, nos PCN+ são mostradas as principais competências em Física esperadas ao final da escolaridade básica, entre elas, na área de Ciência e tecnologia na história, estão:

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreender, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica,

relacionando-a às transformações sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança; compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas; compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades. Esses conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes; perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. Muitas vezes, a tecnologia foi precedida pelo desenvolvimento da Física, como no caso da fabricação de lasers, ou, em outras, foi a tecnologia que antecedeu o conhecimento científico, como no caso das máquinas térmicas. (BRASIL, 2002)

Além disso, nos editais do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) a História da Ciência, bem como as relações entre ciência, tecnologia e sociedade estão contempladas nos critérios fundamentais para a aprovação dos livros que serão disponibilizados para o nível médio das escolas públicas. Nos princípios e critérios para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Física é mostrada como:

A Física, concebida ainda como uma atividade social e cultural humana, que é caracterizada pela sua historicidade, permite compreender que suas teorias e modelos explicativos não são melhores ou piores em si mesmos, nem são os únicos possíveis, nem são as últimas respostas que a humanidade poderá dar às nossas inquietações, nem às nossas necessidades. De outra forma, todas as construções do conhecimento físico são fortemente permeadas pelos contextos sócio-cultural-histórico-econômicos em que se desenvolvem. (BRASIL, 2010)

E dessa maneira, no edital de 2012, vigente até o ano de 2014, dois dos dezessete critérios eliminatórios específicos para o componente curricular de Física são específicos para a abordagem da perspectiva CTS e da História da Ciência :

[...] (3) Propõe discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, promovendo a formação de um cidadão capaz de apreciar e de posicionar-se criticamente diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social e individual; [...] (17) apresenta os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se façam pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos (BRASIL, 2010).



Porém, apesar dessas exigências, o modo como a História da Ciência é aplicada no ensino médio é, muitas vezes, apenas retratando breves elementos de determinado desenvolvimento conceitual. Como exemplo disso, pode-se citar os trabalhos realizados por Gival Silva Neto, Renally G. Silva e Ana R. Ataíde (2013) que trouxeram como proposta uma sequência didática, para trabalhar a parte conceitual e histórica sobre máquinas térmicas, a partir de atividades como leitura, confecção de cartazes, apresentação oral e discussão de conceitos e aspectos históricos abordados no tema.

A proposta de Margarete Hülsendeger (2007), por sua vez, baseou-se em uma atividade interdisciplinar envolvendo professores de Física, História e Redação, na qual os alunos deveriam entregar uma pesquisa escrita sobre o surgimento e desenvolvimento da máquina a vapor, a leitura e interpretação de textos e a resolução de questões objetivas e dissertativas sobre os conceitos termodinâmicos abordados em sala de aula.

Outra proposta é a da Andréia Hornes, Sani de Carvalho Rutz da Silva e Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro (2013), que, ao buscar o resgate histórico da cidade de São Mateus do Sul, realizaram uma atividade histórico-crítica na qual se objetivava relacionar à História da Ciência, o desenvolvimento da tecnologia, o progresso da cidade de São Mateus do Sul, por conta dos caminhos tomados pela navegação a vapor no rio Iguaçu que foi a base do desenvolvimento econômico da cidade, e atividades experimentais, contextualizando conteúdos para o ensino da Física Térmica.

Em todas essas propostas, o elemento central das discussões é o desenvolvimento das máquinas térmicas. Algumas delas trazem uma percepção mais profunda e tentam fazer outras conexões entre a História da Ciência e o desenvolvimento social e cultural, mas outras se limitam a descrição da história.

Uma atividade diferente foi a proposta de ensino de Marcelo L. Rosella, João J. Caluzi e Zenaide P. Silva (2006), que preferiram tratar das concepções alternativas dos alunos, sobre os conceitos de temperatura e calor, para estabelecer diálogos com textos históricos. Dessa forma, para fazer discussões sobre os temas propostos e para que algumas concepções dos alunos sejam confrontadas, levaram textos com as experiências históricas para que fosse possível discutir em sala.

Nas atividades, envolvendo a História da Ciência, voltadas para cursos de formação de professores, algumas mudanças metodológicas são perceptíveis. Na

proposta desenvolvida por Charbel El-Hani (2006), para uma turma de graduação em Biologia, a metodologia era dividida em sete módulos, sendo que, em cada um deles, começava com a análise de textos originais para depois estudar os textos de historiadores da ciência. Esse processo começou com o intuito de contextualizar historicamente as fontes primárias analisadas e auxiliar na identificação de questões filosóficas/epistemológicas relacionadas aos episódios históricos. Em cada módulo, mais de um problema de cunho filosófico puderam ser discutidos.

Em outras propostas, como a de Diamantino Trindade (2011), a utilização de vídeos documentais ou biográficos foi explorada de forma diferente:

Os momentos históricos do desenvolvimento da ciência são abordados, ao longo do semestre, com debates em torno do livro *A história da História da Ciência*. Em cada etapa, são exibidos vídeos sobre o contexto histórico e social da ciência [...]. Cada aluno elabora uma análise crítica sobre o vídeo, a visão de ciência de quem o produziu, identificando o contexto histórico e as possibilidades da sua utilização com os seus alunos do Ensino Médio, seguindo a homologia de processos. (TRINDADE, 2011, p. 267)

Nas propostas para os cursos de formação de professores é possível trabalhar com a História da Ciência de uma forma muito mais profunda do que o modo como é trabalhada no ensino médio. Porém, para ambas é necessário ter discussões sobre os aspectos históricos que estão presentes em determinados conceitos, ou seja, além da história do desenvolvimento da ciência é preciso estudar as implicações daqueles estudos na sociedade da época e também as contribuições da sociedade àqueles estudos.

## 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão que se pretende responder a partir dos grupos de estudos e do desenvolvimento das atividades com os estudantes será:

***Pode a inserção de elementos da História da Ciência, nas aulas de termodinâmica no ensino médio, colaborar para uma visão mais crítica sobre o processo de construção do conhecimento científico?***

### 1.3 OBJETIVO DE PESQUISA

O principal objetivo deste trabalho foi compreender de que forma o estudo das principais vertentes sociais e epistemológicas de pensamento que dialogaram nos processos de construção dos conceitos termodinâmicos, nos séculos XVIII e XIX, podem auxiliar o aluno do ensino médio na construção de uma visão mais crítica do processo de constituição do conhecimento científico. Para tanto, pode-se citar como objetivos específicos:

- Selecionar e analisar os referenciais bibliográficos que contemplem as relações sociais envolvidas no desenvolvimento da termodinâmica;
- Investigar as diferentes implicações sociais provindas dos estudos da conservação da energia e da entropia;
- Analisar como os conceitos de trabalho, entropia e de fadiga se relacionaram nos âmbitos da produção e da termodinâmica;
- Problematizar, a partir da atividade educacional com enfoque nas relações termodinâmicas, como os estudantes do ensino médio compreendem o processo de construção da ciência.

### 1.4 METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi de natureza qualitativa, pois possuía as características essenciais capazes de identificá-la como tal (GODOY, 1995 apud NEVES, 1996). Ou seja:

- Foi desenvolvida no ambiente natural dos alunos e dos professores;
- Teve um caráter descritivo dos resultados;
- Levou em consideração as características do ambiente e dos participantes;
- Teve como base de análise o significado que os participantes atribuíram ao conhecimento científico e tecnológico.

O trabalho foi desenvolvido em duas partes, primeiro com a realização de um grupo de estudos, com alguns professores do segundo ano do ensino médio,

com a finalidade de debater assuntos referentes à História da Ciência e ao ensino da termodinâmica. Nesta parte, foram analisados textos que trouxeram discussões sobre a Fadiga e a Entropia, além de debates sobre as possibilidades de realizar atividades sobre esses temas em sala de aula.

A segunda fase diz respeito ao desenvolvimento das atividades pelos professores, propostas no grupo de estudos, com os alunos em sala de aula. Neste momento, um texto foi analisado pelos alunos com a finalidade de proporcionar discussões envolvendo a história da termodinâmica e as percepções sobre o corpo humano e o trabalho. Esta atividade se assemelhou com a proposta de Trindade (2011), em que os alunos elaboravam análises críticas sobre o contexto histórico de determinado conhecimento científico, porém as análises eram elaboradas a partir de vídeos vistos em sala de aula. Desta maneira, o que diferencia essas propostas são os elementos que foram analisados.

Foi a partir dessas etapas que se procurou entender as percepções dos estudantes e professores a respeito do conhecimento científico e de seu desenvolvimento histórico.

Para a coleta de dados, o principal instrumento foi o diário de campo, utilizado tanto no grupo de estudos como nas atividades realizadas em sala. Porém, outros materiais que contribuíram muito com a coleta de dados foram os trabalhos entregues pelos alunos aos professores. Estes trabalhos puderam mostrar algumas percepções dos alunos que não estivessem, necessariamente, em suas falas durante as discussões em sala de aula.

Nos diários de campo foram anotadas as falas mais significativas dos alunos e dos professores durante as atividades, para que fosse possível compreender as concepções sobre a ciência e a sua história que estavam presentes nas discussões. Os trabalhos dos alunos foram analisados buscando as principais ideias e conceitos levantados por eles. Além disso, durante as atividades, os professores puderam problematizar questões que mereciam um pouco mais de atenção, sendo necessário um breve questionamento ao final das atividades ou no momento destinado ao grupo de estudos.

Para análise de dados, optou-se por utilizar a análise de conteúdo (BARDIN, 1977), partindo dos procedimentos de organização e codificação. Ou seja, os dados foram inicialmente analisados, de forma a sistematizar as ideias e os pensamentos

presentes nas falas dos alunos e professores, e posteriormente codificados, possibilitando elaborar uma descrição crítica das características dos conteúdos.

Na descrição dos dados obtidos foram utilizados nomes fictícios para os dois professores participantes, com a finalidade de preservar a imagem de cada um deles. Optou-se, também, por não utilizar o nome das escolas em que as atividades foram realizadas, tratando apenas da região onde elas se encontram e de suas características.

## 2 GRUPO DE ESTUDOS

O grupo de estudos foi realizado com dois professores de Física, que ainda estavam na graduação em licenciatura, mas já lecionavam no ensino médio. Ambos os professores estavam cursando a faculdade na mesma instituição pública de ensino. A professora Juliana, estava no último período da graduação e já lecionava como professora efetiva em um colégio particular da região metropolitana de Curitiba. Já o professor Paulo estava no sexto período da graduação e lecionava para duas turmas do magistério, no regime PSS (Processo Seletivo Simplificado), em um colégio estadual na região de Curitiba. Os encontros aconteceram em salas de aula na Universidade Tecnológica Federal do Paraná e possuíam duração média de 40 minutos. Ao total foram realizados quatro encontros.

O grupo de estudos foi criado para que fosse um espaço de debate e de programação para as aulas que seriam realizadas. Neste grupo foram estudados alguns textos fundamentais para as aulas sobre história do desenvolvimento das leis da termodinâmica. Estes textos foram entregues com antecedência para que os professores fizessem a leitura em casa e trouxessem para as reuniões os tópicos que achavam mais importantes para as discussões. O primeiro texto utilizado foi o capítulo 4 do livro *A Tensão Essencial*, de Thomas Kuhn (1989), denominado *A conservação da energia como um exemplo de descoberta simultânea*. Os demais textos foram retirados do livro *The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity*, de Anson Rabinbach (1992). Deste livro foram utilizados a introdução, o capítulo dois (*Transcendental Materialism: The Primacy of Arbeitskraft (Labor Power)*) e o capítulo seis (*Mental Fatigue, Neurasthenia, and Civilization*). Estes textos trazem o contexto social, cultural, político e econômico do desenvolvimento científico, mais especificamente da termodinâmica.

Dessa maneira, a primeira reunião (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. PRIMEIRA REUNIÃO, 29/04/2014)<sup>7</sup> foi dividida em duas etapas, a primeira tinha como objetivo principal a discussão sobre a percepção dos professores participantes a respeito do uso da História da Ciência nas aulas de

---

<sup>7</sup> A transcrição de todas as reuniões foi realizada, porém nos anexos estão presentes os trechos estendidos das falas utilizadas neste trabalho.

Física. Para isso algumas perguntas foram realizadas, como por exemplo, Vocês já utilizaram a História da Ciência em suas aulas? Como foi utilizada? Vocês acham que usar História da Ciência é importante para o ensino de Física? Por quê? As respostas estão transcritas a seguir:

Juliana: Sim, já utilizei. [...] Abordei quando achei necessário, quando ia falar de algum conceito físico e quando os alunos perguntam quando conseguiram achar tal coisa. Dai quando isso acontece abre a oportunidade de usar a História, mas infelizmente pela falta de tempo não dá pra usar sempre. Acabo limitando a falar sobre a pessoa responsável pela descoberta. [...] Utilizar a História da Ciência dentro das aulas de Física é importante, só que tenho por mim que é preciso saber como usar, se você for usar simplesmente a ato de curiosidade não vai valer nada, não terá sido frutífero seu trabalho. Como tinha falado antes, é difícil de me aprofundar, eu utilizo a História da Ciência mais pelo conceito físico, mas é difícil por conta do tempo. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. PRIMEIRA REUNIÃO, 29/04/2014)

Paulo: Sim, já utilizei. [...] Geralmente eu passo pra eles (os alunos) em forma de trabalho. Antes de iniciar um assunto, peço para que eles pesquisem em casa. Por exemplo, quando fui ensinar sobre as leis de Newton pedi para que eles fizessem um trabalho sobre isso, pesquisando todo o contexto até chegar nessas leis, sobre quem era Newton, onde ele estudou, quem eram as pessoas que ele usou como referência, como Galileu, e como que ele conseguiu formular essas leis, tudo dentro de um contexto. Pois, só as leis jogadas no quadro não adiantam. Passo o trabalho, pois depois chega na hora de passar o conteúdo e se você só citar em sala de aula eles não vão pegar, se passar o trabalho ou uma avaliação eles leem, é mais para enriquecer a aula. É mais para mostrar pra eles que a ciência não é fruto do acaso, que tem toda uma continuidade, alguém que pesquisou, alguém que elaborou, até chegar naquela formulação. Como curiosidade não dá mesmo, se for fazer que tem que ser bem contextualizado para que fique bem completo. Acho que ajuda bastante o aluno entender Física. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. PRIMEIRA REUNIÃO, 29/04/2014)

Após essas perguntas, ainda foi questionado se os professores percebiam nas falas dos alunos uma diferença de percepção sobre a Física, o desenvolvimento científico e tecnológico depois de abordarem a História da Ciência. As respostas estão transcritas a seguir.

Juliana: Sim, especialmente quando o aluno está interessado no assunto. A História da Ciência ajuda bastante a contextualizar o que foi feito e mostrar a importância de que a ciência não é algo isolado, não são formulas isoladas, mas sim algo que foi construído ao longo do tempo. [...] No meu caso os alunos do primeiro ano são mais interessados, pois tem uma curiosidade maior dos assuntos. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. PRIMEIRA REUNIÃO, 29/04/2014)

Paulo: Acho que se interessam mais nessas aulas quando tem um experimento feito. Discutir o que se queria na época, se queriam uma pesquisa em cima de um instrumento para usar na guerra, ou para enriquecer um país e para o desenvolvimento da indústria, então eu acho que essa parte do contexto enriquece as aulas. Quem eu vejo que se interessa mais por essas aulas são as turmas do terceiro ano, que estão se formando. Eu tive alunos, no ano passado, que faziam cursinho e lá esses assuntos não eram abordados e nas aulas de Física do colégio as aulas eram mais contextualizadas, pois não eram só as equações jogadas no quadro, então, eles diziam que as aulas na escola eram muito mais ricas. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. PRIMEIRA REUNIÃO, 29/04/2014)

Na segunda parte da reunião foram discutidos os principais tópicos do texto de Thomas Kuhn e evidenciadas as importâncias de tratar sobre o desenvolvimento das descobertas científicas nas aulas de Física. Neste momento, foram comentados os fatores que podem ter contribuído para a descoberta da conservação da energia, bem como a ideia de que o conhecimento científico não é construído individualmente por grandes gênios, mas sim por uma grande base de fundamentos e de parcerias entre pesquisadores. Os professores comentaram que o texto era denso em relação aos conceitos, mas que gostaram do modo como a conservação da energia foi abordada. Comentaram que para utilizar um texto como esse em sala de aula seria necessária uma transposição didática, mas que seria muito interessante, pois os alunos do ensino médio não conseguem compreender o conceito de energia e a sua conservação, então utilizar a História da Ciência para este tópico seria fundamental. Esta é uma ideia compartilhada pelos professores participantes da pesquisa, mas também está presente em artigos como o de Alice Assis e Odete P. B. Teixeira (2003), que evidenciam essas dificuldades encontradas por alunos do ensino médio.

Os professores acharam interessantes os fatores que podem ter levado à descoberta simultânea do conceito de conservação da energia, e comentaram que seria instigante debater com os alunos sobre o assunto, trazendo para sala a uma discussão sobre o que é energia e como ela foi descoberta, se experimentalmente ou se por base filosófica.

Na segunda reunião do grupo (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014) foi dado início a discussão dos capítulos do texto de Anson Rabinbach. Começando com o capítulo introdutório, o principal ponto de estudo era compreender quais as influências que um conceito



físico, no caso a primeira lei da termodinâmica, traz para o contexto social e vice-versa. Neste momento, os professores fizeram os comentários transcritos a seguir.

Juliana: Então, ele (Anson Rabinbach) fala da conservação da energia, como ela surgiu, como ela foi impregnada na sociedade daquela época e como a própria sociedade se tornou outra a partir da conservação da energia, como a sociedade começou a se comportar de maneira diferente e se confrontar com o que já existia. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Paulo: Acho legal que ele (Anson Rabinbach) faz um apanhado geral, ele traz vários autores, mostra o que o homem fazia naquela época, qual era a importância dele ali e faz um apanhado da parte filosófica. Fazendo um apanhado de tudo o que influenciou na época, o que estava gerando vários trabalhos e quem eram os autores e o que estavam escrevendo. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Os professores começam a mostrar a visão sobre o processo de mudança de pensamento da sociedade a partir do conceito da conservação da energia, sobre as relações entre o trabalho, a moral e a dignidade. Comentaram, por exemplo, sobre os moradores de rua que passaram a ser vistos como pessoas imorais, pois não estavam produzindo nada para a sociedade.

Juliana: Foi uma mudança cultural, pois até então essas pessoas eram toleradas e não se via com olhos ruins, mas teve uma mudança cultural que foi influenciada diretamente pela Revolução Industrial e apoiada pela conservação da energia. Então você tem que começar a trabalhar, pois senão isso é imoral e é um pecado. [...] Talvez aí seja o último pedaço de Idade Média, pois antes tinha mais uma visão religiosa e partir desse momento a religião não era mais o foco principal, mas sim o trabalho. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Paulo: [...] Você tem que ser útil para a sociedade. [...] Acho que é até disso que ele começa a discutir a ideia do Taylorismo. A ideia da pessoa trabalhando em empresas, ela vive para isso, a cabeça vira só trabalho e a pessoa vira mesmo uma máquina. Não pensa mais, vira o próprio trabalho. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Foram discutidas, ainda, as questões referentes à fadiga e ao potencial de trabalho. Por fim, foi evidenciada a importância de se levar aos alunos a percepção de que os estudos realizados em uma determinada área podem contribuir e intencionar valores nas diversas áreas do conhecimento. Os professores comentaram como esses tópicos poderiam ser levados para a sala de aula:

Juliana: No caso, poderia tranquilamente substituir uma aula sobre a primeira lei da termodinâmica por uma discussão sobre esse livro. Pois, esse livro traz a evolução dos conceitos através da história, ele vai contando como surgiu o conceito. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Paulo: A gente pode, primeiramente, ver que toda a descoberta vai causar algum impacto, seja para aproveitar isso para o produtivismo empresarial ou para motivar a sociedade a seguir um rumo diferente. Acho que a parte dessa descoberta científica traria impacto, seria uma discussão de que forma a sociedade iria reagir ou da forma que iriam receber esses conceitos. (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. SEGUNDA REUNIÃO, 08/05/2014)

Na terceira reunião (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. TERCEIRA REUNIÃO, 12/05/2014) os capítulos dois e seis, do livro *The Human Motor*, (RABINBACH, 1992), foram colocados para estudo. Na discussão do capítulo dois, foram comentados os tópicos referentes ao tratamento materialista dado à primeira lei da termodinâmica com as palestras de Helmholtz e com a disseminação do potencial de trabalho e poder produtivo. Além disso, os tópicos referentes à entropia e as suas consequências sociais também foram discutidos. Os professores trouxeram suas contribuições para o estudo evidenciando as questões do corpo dos trabalhadores sendo visto como uma máquina térmica sem perdas de energia e unindo com as novas questões de moralidade do trabalho. Os professores discutiram as consequências da primeira e segunda lei da termodinâmica na sociedade e as questões que poderiam ser trabalhadas no ensino médio. Neste momento, foi decidido que uma figura central nas aulas de história da termodinâmica seria a de Helmholtz, por trazer um enunciado diferente sobre a conservação da energia e por não ser muito evidenciado nas aulas do ensino médio. Ficou decidido, então, que a melhor maneira de se abordar estes tópicos em sala de aula seria por meio de um texto que juntasse todos os elementos essenciais e de forma didática para a compreensão do cenário científico, social e econômico da época da Revolução Industrial.

A terceira reunião foi finalizada com as discussões referentes ao capítulo seis, com o objetivo de compreender as relações da fadiga com todas as instâncias do trabalho humano, seja o trabalho mental, realizado por estudantes, até o trabalho braçal realizado nas fábricas. Naquele momento histórico, a fadiga era tratada como uma característica do indivíduo e o conceito de Neurastenia foi sendo elaborado.

Na última reunião, (Transcrições das reuniões realizadas nos grupos de estudos. QUARTA REUNIÃO, 21/05/2014) foi o momento de elaborar uma proposta para as aulas que seriam apresentadas. Assim, os professores evidenciaram as principais questões que deveriam ser trabalhadas em sala e montaram estratégias para a participação dos alunos. Foi decidido que seria elaborado um texto<sup>8</sup>, com base nos textos estudados no grupo, que deveria ser entregue aos alunos uma semana antes da primeira aula sobre o tema da termodinâmica. Este texto serviria de base para que os alunos elaborassem uma resenha crítica e entregassem aos respectivos professores antes da última aula sobre o assunto. Além disso, ficou acordado que as aulas se desenvolveriam em quatro etapas: A primeira aula seria destinada a introdução da termodinâmica, porém sob a perspectiva da História da Ciência, tendo como base os textos do Anson Rabinbach; a segunda aula seria sobre a primeira lei da termodinâmica, com os elementos do formalismo científico, com as devidas equações e enunciados; a terceira aula seria sobre a segunda lei da termodinâmica, também com as equações e formalismos necessários, fazendo a relação com os tópicos estudados na primeira aula, ou seja, neste momento seria importante evidenciar as relações da primeira e segunda lei da termodinâmica com as mudanças sociais ocorridas no século XIX; A última aula seria uma apresentação oral, por parte dos alunos com uma conclusão geral sobre os assuntos tratados, ou seja, os alunos teriam que apresentar uma união sobre os conceitos físicos estudados e sobre o desenvolvimento e implicações desses conceitos na sociedade do século XIX. A princípio essas aulas seriam dadas em duas semanas e seriam feitas com três turmas, duas do magistério de um colégio estadual, com o professor Paulo e uma do ensino médio de um colégio particular, com a professora Juliana.

O texto que foi elaborado recebeu o nome de *O Potencial de Trabalho*, e foi escrito em conjunto pelos professores participantes, a partir de um resumo dos capítulos do texto de Anson Rabinbach previamente elaborado pela pesquisadora.

---

<sup>8</sup> O texto *O Potencial de Trabalho* encontra-se em ANEXO A.

### 3 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir das aulas que foram pensadas no grupo de estudos e dos trabalhos entregues pelos alunos dos colégios participantes. O primeiro subtítulo trata das aulas apresentadas pela professora Juliana. Segue-se a descrição das apresentações dos alunos e as análises das resenhas que foram entregues por eles.

No segundo subtítulo serão descritas as apresentações das aulas do professor Paulo. Da mesma maneira, serão mostradas as apresentações realizadas pelas alunas e as análises das resenhas entregues ao professor.

O capítulo é finalizado com as considerações gerais sobre as aulas dos professores e sobre os trabalhos apresentados e entregues pelos alunos.

#### 3.1 AULAS DA PROFESSORA JULIANA

As aulas da Professora Juliana foram realizadas em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, composta por oito meninas e sete meninos, em um colégio privado na cidade de Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba, e tiveram uma duração total de quatro horas-aula.

As aulas foram divididas em três partes. Na primeira, dia 12 de junho, foi feita uma discussão a respeito do desenvolvimento da termodinâmica e das questões relacionadas à sociedade europeia dos séculos XVIII e XIX. Na segunda e terceira aulas, dia 24 de junho, foram apresentados os conteúdos termodinâmicos, segundo a Física, com as equações e definições necessárias. Na quarta, e última, aula, realizada após as férias no dia 24 de julho, foram realizadas apresentações pelos alunos sobre o texto *O Potencial de Trabalho*, escrito pelos professores durante o grupo de estudos, e sobre as aulas de termodinâmica apresentadas pela professora. O texto referido foi, também, a base para que os alunos fizessem uma resenha.

A professora iniciou a primeira aula perguntando aos alunos se alguém tinha alguma dúvida em relação ao texto *O Potencial de Trabalho*, ou em relação à resenha, que ela já havia solicitado que fosse entregue no decorrer das aulas

anteriores. Os alunos disseram que leram o texto e comentaram sobre a metáfora do corpo como uma máquina, da fadiga e da conservação da energia. Desta forma, a professora iniciou o tema proposto perguntando aos alunos o que era a fadiga. E obteve como resposta dos alunos que a fadiga era o cansaço. A professora comentou a resposta explicando a fadiga relacionada ao trabalho realizado sem descanso. E explicou, também, que o potencial de trabalho era quanto o homem consegue produzir com a energia que possui no próprio corpo.

A professora começou a falar da Revolução Industrial, que foi impulsionada pela utilização das máquinas a vapor, e perguntou aos alunos se eles lembravam quem tinha inventado a máquina a vapor. Um aluno respondeu que só lembrava do Helmholtz. Então a professora redirecionou a resposta falando do trabalho de aperfeiçoamento das máquinas a vapor por James Watt. Explicou sobre as consequências da utilização dessas máquinas no trabalho dos operários e nos padrões econômicos que estavam sofrendo mudanças. Neste momento, os alunos comentaram sobre as jornadas de trabalho dos operários que eram absurdas naquela época e do pensamento dos donos das fábricas, que só pensavam no lucro.

Dessa maneira, a professora iniciou a discussão presente no texto de Rabinbach, sobre a visão do trabalho como algo bom e digno e, a preguiça e a fadiga como algo ruim e imoral, para a sociedade da época. Aproveitou para comentar sobre a metáfora do corpo humano como uma máquina térmica. Explicou sobre as transformações de energia da forma que era tratada no século XIX e relacionou com o funcionamento do corpo humano. Falou do corpo humano idealizado, realizando trabalho sem qualquer tipo de fadiga e com muita energia armazenada. Neste momento, uma aluna fez o comentário transcrito abaixo:

Aluna: - Então é por isso que eles (os operários) trabalhavam tanto né?! Por que eles tinham muita energia para transformar em trabalho? (DIÁRIO DE CAMPO, 12/06/2014).

A professora replicou explicando que, na verdade a máquina a vapor impulsionou o desenvolvimento científico, a termodinâmica, e ampliou o potencial de trabalho exercido pelo operário. Neste momento, outra aluna falou sobre a entropia e o medo que as pessoas tinham de que a energia acabasse.

A professora voltou a explicar sobre os moldes econômicos e mostrou a ciência como um impulso para a visão capitalista do século XIX, pois os burgueses encaravam o enunciado da conservação da energia como uma promessa de crescimento econômico, uma vez que enxergavam nos operários um potencial muito grande para transformar a energia de seus corpos em trabalho, permitindo que fosse obtido um maior lucro para as fábricas. Neste momento um aluno comentou que o crescimento econômico esperado era apenas para a elite, os operários continuariam pobres.

A professora discorreu sobre Helmholtz como o principal responsável pelo enunciado da conversão da energia e a relação com a metáfora do motor humano e falou do moto perpétuo. Neste momento, os alunos começaram a discutir a possibilidade de criar um moto perpétuo, mostrada na transcrição:

Aluna: - Mas, sempre terá a uma perda de energia, não é ?!

Professora: - Exatamente, sempre haverá perda de energia! E como ela pode ser perdida?

Aluna: - Como atrito, talvez! (DIÁRIO DE CAMPO, 12/06/2014).

A Professora concordou com a aluna e falou da entropia e da irreversibilidade. Voltou a falar da fadiga e perguntou aos alunos por que existe a fadiga e por que o corpo perde energia por conta da entropia<sup>9</sup>. E comentou sobre os estudos da fadiga e a relação dela com uma doença. Finalizou a aula com a explicação sobre a Neurastenia<sup>10</sup> e disse que a fadiga não é causada apenas por uma questão Física.

Na segunda e na terceira aula, a professora começou a explicar os conceitos físicos da primeira e segunda lei da termodinâmica e as equações necessárias. A professora relacionou o ditado, “a energia nunca é criada ou destruída é apenas transformada”, com a visão industrial do século XIX.

---

<sup>9</sup> Esta não é, necessariamente, uma explicação física.

<sup>10</sup> A neurastenia, no século XIX, era usada para denominar um quadro clínico de exaustão Física e psicológica, fraqueza, nervosismo, aumento da sensibilidade, irritabilidade e humor depressivo. Na contemporaneidade, a neurastenia trata-se de uma síndrome com diagnóstico mais raro, pois vários atributos anteriormente conferidos à ela hoje têm definição própria e se tornaram transtornos específicos e bem definidos.(VILLAS-BOAS, 2011).

Depois de explicar sobre as transformações gasosas, sobre a primeira lei da termodinâmica e sobre a segunda lei da termodinâmica, a professora perguntou aos alunos em qual das transformações gasosas (isocórica, isotérmica, isobárica, adiabática ou cíclica) a indústria do século XIX teria um lucro maior com a utilização da máquina térmica. Os alunos responderam que seria com a transformação isotérmica, pois toda a energia térmica se transforma em trabalho. A professora concordou e finalizou a aula dizendo que este seria o caso de uma máquina térmica ideal, igual a que foi proposta por Sadi Carnot<sup>11</sup>. Explicou também, que o mais próximo que podemos chegar de uma máquina ideal é o motor a combustão interna que realiza o ciclo Otto<sup>12</sup> e possui uma eficiência energética de 34%.

A quarta, e última, aula foi a apresentação dos alunos sobre o texto *O Potencial de Trabalho* e sobre as aulas de termodinâmica, fazendo o fechamento do assunto na disciplina. As apresentações foram rápidas, duraram em torno de dez minutos, mas abordaram os temas propostos e serviram como retorno dos alunos sobre o desenvolvimento das aulas.

Cada aluno apresentou uma conclusão sucinta sobre os assuntos, de forma a complementar os outros integrantes do grupo. Dessa maneira, o primeiro grupo que apresentou começou falando sobre a primeira lei da termodinâmica relacionando-a com o trabalho realizado pelo corpo humano sem fadiga, como se o corpo não perdesse energia. Falaram sobre a segunda lei da termodinâmica, do

---

<sup>11</sup> Sadi Carnot (1796-1832), francês, foi o primeiro engenheiro a apresentar interesses em investigar teoricamente o funcionamento das máquinas térmicas (NÓBREGA, 2009). Primordialmente, Carnot estava interessado em melhorar o rendimento das máquinas a vapor, sem ter a pretensão de que esta máquina transformasse toda a energia fornecida à ela em trabalho. Sendo assim, propôs um modelo teórico, conhecido como *Máquina de Carnot*, cujo funcionamento é dependente de um processo cíclico totalmente reversível chamado *Ciclo de Carnot*. Este ciclo consiste na alternância de duas transformações isotérmicas (temperatura constante) com duas adiabáticas (não permite trocas de energia térmica entre o meio interior e exterior). O que torna a Máquina de Carnot tão importante é o fato de que nenhuma máquina térmica real que opere entre duas fontes térmicas de temperaturas diferentes pode ter um rendimento maior que a máquina térmica de Carnot operando entre estas mesmas temperaturas (SEARS E SALINGER, 1979).

<sup>12</sup> Nikolaus August Otto (1832-1891), engenheiro alemão construiu o primeiro protótipo de um motor de quatro tempos, que obteve grande aceitação por possuir uma maior eficiência e ser mais silencioso que os modelos concorrentes. O ciclo Otto é um modelo teórico que melhor representa o funcionamento de um motor de combustão interna. Este ciclo é composto por seis etapas no diagrama de pressão por volume. Além disso, é importante salientar que existem ciclos que possuem maior rendimento do que o das máquinas Otto real, como, por exemplo, o rendimento das máquinas Diesel, que podem chegar a 38% e do motor de combustão externa Stirling que pode chegar a 45% (SCHULZ, 2009).

equilíbrio e da desordem. Neste momento o professor fez uma pergunta ao grupo: De que maneira a fadiga se relaciona com a segunda lei da termodinâmica? E o próprio professor respondeu a pergunta, explicando a fadiga como a energia desperdiçada<sup>13</sup> pelo corpo quando esse realiza trabalho. O grupo complementou o professor com a explicação de que como o corpo era visto como uma máquina industrial não poderia ter fadiga, dessa maneira isso era visto como uma doença. O professor finalizou a apresentação do primeiro grupo falando sobre a neurastenia, que seria como uma fadiga crônica e, essa sim, uma doença.

Os alunos do segundo grupo começaram a apresentação com comentários gerais sobre energia e fizeram relações com o movimento, por exemplo, quando nos alimentamos e usamos essa energia para nos locomover e realizar as tarefas cotidianas. Explicaram o conceito de trabalho na Física, o princípio da conservação da energia e a segunda lei da termodinâmica. Finalizaram a apresentação com as relações entre os conceitos físicos estudados em sala de aula e o texto proposto para leitura em casa. Concluíram que o corpo era visto como uma máquina capaz de transformar a energia em trabalho nas indústrias, da mesma forma que é visto na primeira lei da termodinâmica, porém o corpo se cansa e perde sua energia através da fadiga, que está ligada a segunda lei da termodinâmica. Fizeram comentários sobre as condições de trabalho dos operários, ligadas fortemente com as relações econômicas e capitalistas existentes nos séculos XVIII e XIX. Disseram que o corpo ainda é visto como uma máquina, da mesma forma que na época da Revolução Industrial, e que as máquinas são como deuses, possuindo um potencial muito grande e capaz de fazer qualquer coisa.

No terceiro e no quarto grupo, as apresentações foram mais sucintas e as relações entre o texto proposto e as leis de termodinâmica estudadas em sala de aula não foram muito evidenciadas. Sendo assim, o terceiro grupo explicou sobre a energia como uma fonte inesgotável para a realização de trabalho e como um potencial de trabalho. Falaram que o materialismo científico comparava o corpo com uma máquina em todos os sentidos, o corpo não poderia ter perdas de energia e

---

<sup>13</sup> O melhor termo a ser utilizado é degradado, uma vez que a energia perdida nesse processo não pode ser reaproveitada de nenhuma maneira e muito menos recuperada. O termo desperdiçada leva a uma interpretação de que essa energia pode ser recuperada posteriormente.



deveria trabalhar como uma máquina. Finalizaram a apresentação comentando que, com o tempo, o corpo foi visto como algo imperfeito por conta de sua condição de perdas de energia (fadiga). Já o quarto, e último grupo, explicou somente os conceitos relacionados à Física, ou seja, comentaram sobre a primeira lei da termodinâmica e a possibilidade de converter calor em trabalho e relacionaram a segunda lei da termodinâmica com o rendimento das máquinas térmicas. Finalizaram a apresentação com uma explicação mais detalhada do funcionamento de uma máquina a vapor.

A última aula era também o prazo limite para que os alunos entregassem a resenha sobre o texto *O Potencial de Trabalho*. Dos 15 alunos da turma, apenas quatro entregaram a resenha à professora e outros seis entregaram um resumo (esquema) contendo os tópicos da apresentação que fizeram. As resenhas possuíam algumas características em relação a sua construção, pois a professora orientou alguns alunos a fazer um resumo com uma conclusão crítica ao final. Dessa maneira, os alunos começavam com um resumo do texto proposto, que, na maioria dos casos, eram cópias dos trechos que consideravam mais relevantes, e terminavam com as conclusões gerais. Abaixo são apresentadas as principais características das resenhas dos alunos e as respectivas análises.

Na resenha apresentada pelo Aluno 1 é possível verificar que houve uma preocupação maior em mostrar os conceitos físicos presentes no texto (conservação da energia e entropia) do que explicar as relações entre o conhecimento científico e as implicações na sociedade. No começo de sua resenha, o aluno fez um parágrafo para explicar fisicamente o que é entropia, mas deixou de lado as principais discussões do texto: o corpo humano como uma máquina termodinâmica e o potencial de trabalho. Escreveu, em outro momento, quatro parágrafos com o histórico do desenvolvimento dos motores, começando com o motor de quatro tempos, desenvolvido por Nikolas Otto, em 1876, e finalizando com o motor de Rudolf Christian Karl Diesel, em 1893. Mas, não explicou, detalhadamente, como se deu a passagem da concepção da máquina humana para a do motor humano, que era a discussão central do tópico. O aluno selecionou trechos do texto base de forma a abranger todos os tópicos do texto, mas essa seleção deixou muitas lacunas para a compreensão geral dos assuntos tratados. A conclusão geral do aluno, segue abaixo.

O potencial de trabalho foi descoberto em uma época onde, na minha opinião, era uma época onde toda descoberta científica era algo de novo para toda a sociedade. O potencial de trabalho foi uma descoberta que deu base para outras descobertas, criações e estudos sobre as coisas que usam energia para realizar seus trabalhos. Como a criação do primeiro motor a combustão, depois partindo para a criação dos autômatos, aprofundamento de estudos da fisiologia humana entre outros. A descoberta do chamado potencial de trabalho trouxe muitos benefícios nos quesitos estudos e científico[sic] à humanidade. (RESENHA, ALUNO 1, TURMA ÚNICA).

Em sua conclusão geral, comenta sobre os séculos passados como uma época propícia a novas descobertas científicas, por conta, talvez, da imagem de uma sociedade sem muito conhecimento e carente de tecnologias. Esta perspectiva do aluno pode ser associada ao senso comum sobre a noção linear de progresso científico e tecnológico, que traz as percepções de determinismo e neutralidade, ou seja, a percepção de que a ciência e a tecnologia são variáveis isoladas do sistema produtivo e social e que determinam outras variáveis presentes neste sistema. Além de trazer o desenvolvimento econômico como dependente do avanço científico e tecnológico e a tecnologia como força condutora da sociedade e determinante da estrutura social. Além disso, o aluno traz em sua opinião a questão da descoberta científica como algo repleto de benefícios, sem questionar o próprio texto base que traz reflexões sobre as condições de trabalho, sociais e econômicas que esses estudos sobre o potencial de trabalho acarretaram. Assim, mostra em seu discurso uma ciência neutra concebida com base na verdade, capaz de trazer apenas melhorias a partir dos resultados de uma progressiva descoberta do que estava oculto, fazendo do conhecimento científico único, universal e coerente com o progresso, como se a ciência e a tecnologia não fossem influenciadas pelo contexto social nem possuíssem um poder de determinar a sua evolução, sendo então desprovidas de valor e dele independente (DAGNINO, 2008).

A resenha entregue pelo Aluno 2 apresentou todos os elementos necessários para a boa compreensão do texto. Ele trouxe todas as discussões que foram evidenciadas no texto original. Comentou sobre o poder produtivo e a relação existente com a conservação da energia, falou da entropia relacionada à preocupação com a fadiga, trouxe o estudo feito por Thomas Kuhn sobre o desenvolvimento do conceito da conservação da energia e, principalmente, comentou sobre os fatores que poderiam ter levado os cientistas a chegar em conclusões tão próximas. Ressaltou, também, que os conceitos físicos estão

entrelaçados com as relações sociais da época. Porém, tudo o que o aluno 2 escreveu em seu texto, foi uma cópia do que tinha no texto base. Ou seja, o aluno soube selecionar muito bem os parágrafos e as principais informações que deveriam aparecer em sua resenha, mas não soube escrever isso com as próprias palavras. Como conclusão geral, o aluno escreveu:

Achei muito interessante o modo em que Julius Robert Mayer apresentou o modelo da conservação da energia. Dizendo que quando a energia é perdida em uma reação, ela é transformada em uma energia de outro tipo. Assim como na conservação de massa em um sistema completamente fechado a energia permanece a mesma, só que no caso da energia, o sistema também precisa ser isolado termicamente para evitar a perda em forma de calor. Tal princípio está intimamente ligado com a própria definição de energia [...]. Entretanto, os outros tópicos se demonstraram em muitas partes complexos e confusos demais, ao meu ver, dificultando a mim um concreto argumento. (RESENHA, ALUNO 2, TURMA ÚNICA).

Aqui o aluno traz comentários apenas sobre as contribuições que Júlio Mayer trouxe para o desenvolvimento da primeira lei da termodinâmica, sem se aprofundar muito sobre o significado de um médico contribuir para o desenvolvimento de uma lei da Física e sem comentar sobre os outros personagens que compunham o mesmo cenário. E como teve dificuldades na compreensão dos outros tópicos do texto, preferiu não comentar nada a respeito. Porém, existe uma incoerência entre o que foi selecionado e apresentado na resenha e o que foi dito na conclusão geral, pois o único tópico comentado na conclusão não estava presente na resenha e nem no texto base, que só traz o nome de Júlio Mayer e não o seu trabalho. Além disso, a resenha foi apresentada de forma muito clara, mas o aluno mostra que não compreendeu aqueles tópicos que ele mesmo selecionou.

O Aluno 3 apresentou uma resenha sem muita coesão narrativa, pois escolhia os trechos que iria reproduzir com pouco critério. Ainda, dentro da construção de alguns parágrafos, o aluno copiava trechos do texto base, mas omitia algumas palavras, fazendo com que algumas frases ficassem sem sentido. Além disso, alguns parágrafos davam margem a duplas interpretações e outros careciam de maiores explicações, como, por exemplo, o trecho que fala do estudo realizado por Thomas Kuhn sobre os fatores que poderiam ter contribuído para mais de 12 cientistas chegarem a conclusões muito próximas sobre a conservação da energia. Mas, o aluno não comenta, em nenhum momento, quais foram esses fatores.

Contudo, no geral, o aluno se esforçou para tentar escrever partes da resenha com suas próprias palavras. Assim, na conclusão final, escreveu:

Tudo o que nós sabemos hoje foi descoberto por vários estudiosos, que deram a vida para descobrir a verdade, como a força, o corpo e a máquina. Foram muitas experiências e muitos erros, mas com esses erros, continuavam a busca pela perfeição. A Experiência ficaria perfeita se os fisiologistas e cientistas estudassem do começo até chegar na conclusão final. (RESENHA, ALUNO 3, TURMA ÚNICA).

Nos comentários do aluno 3, é possível entender que existe a percepção de que os conhecimentos científicos não são construídos por apenas um cientista, mas sim por muitos estudiosos (médicos, físicos, matemáticos, técnicos, engenheiros...) que se dedicam a conhecer ou aperfeiçoar algo. E ainda fala dos erros, constantes em qualquer trabalho, e que tornam o desenvolvimento científico não linear. Por outro lado, o aluno fala de perfeição, ou seja, da busca dos estudiosos pela perfeição de suas descobertas e que com persistência e estudo ela poderia ser atingida. Porém, essa questão relacionada à perfeição está ligada à visão de que a ciência é concebida com base na verdade e que é a tentativa de reproduzir a realidade “assim como ela é”. Um reconhecimento exclusivo dos fatos positivos, dos fenômenos observáveis, aliado à percepção de que os processos de natureza técnico-científica cresceriam em importância em comparação com os políticos, aumenta a confiança na ciência como fonte do saber “verdadeiro e universal” (DAGNINO, 2008). Porém, o que é mostrado no texto proposto, é a implicação direta do desenvolvimento da termodinâmica, um campo de estudos científicos, no corpo dos trabalhadores, dessa maneira a tal perfeição só seria atingida quando os trabalhadores não tivessem fadiga e por consequência contrariassem a segunda lei da termodinâmica.

A resenha apresentada pelo aluno 4, começou a ser escrita, aparentemente, sem uma compreensão conceitual, pois trouxe em seu discurso a percepção de que o texto base pretendia fazer uma comparação entre uma máquina termodinâmica e o corpo humano, o que não é verdade. Porém, apresentou explicações simples e gerais sobre cada tópico presente no texto e no decorrer da resenha o aluno escreveu sobre a conservação da energia, a entropia e de que maneira esses

conceitos se relacionavam com os aspectos sociais da época. O aluno 4 apresentou como conclusão geral, o seguinte texto:

Este texto relatou sobre as diversas energias do corpo humano, o cansaço, o desânimo, o fato de trabalhar muito e não pararem para descansar, com isso, ele compara o corpo humano com a energia de uma máquina industrial. (RESENHA, ALUNO 4, TURMA ÚNICA).

Assim, é perceptível alguma perda de compreensão entre o desenvolvimento da resenha e a conclusão geral. O aluno 4 comenta sobre o texto como se o autor fizesse a comparação entre as leis da termodinâmica e o funcionamento do corpo humano próximo ao de uma máquina térmica, que era a percepção inicial da resenha, sem perceber que essa comparação e os estudos que seguiram foram realizados pelos estudiosos da época da Revolução Industrial. Isso demonstra uma incoerência com o resto da resenha, que apresentava um desenvolvimento coeso, e a conclusão, que se aproxima apenas do início do texto.

De maneira geral, analisando as quatro resenhas, é possível perceber um distanciamento grande entre o que foi apresentado nas aulas como fechamento do assunto e o que foi escrito e desenvolvido nas resenhas que foram entregues. Nas apresentações, os alunos foram capazes de sintetizar o que foi tratado durante as aulas e os principais tópicos do texto *O Potencial de Trabalho*. A maioria dos grupos conseguiu traçar um paralelo entre o desenvolvimento social e científico na Revolução Industrial, bem como comparar a metáfora do corpo dos operários como uma máquina térmica com o conceito da conservação da energia, desenvolvido na primeira lei da termodinâmica. Da mesma maneira, conseguiram mostrar os problemas sociais envolvendo a fadiga e a explicação científica para esse mal, advindo da entropia. Sendo assim, é percebido que os alunos compreenderam, em sua maioria, o que foi proposto em sala e conseguiram fazer a ligação, sempre existente, entre a história da humanidade e o desenvolvimento científico, cultural e social.

Por outro lado, nas resenhas os alunos tiveram dificuldades em sintetizar os tópicos do texto em parágrafos coesos e finalizaram com conclusões muito particulares sobre temas específicos e não a conclusão geral sobre os principais pontos expressos no texto. Além disso, em suas conclusões, nenhum aluno comentou que o desenvolvimento científico implicou diretamente na sociedade

européia do século XIX, argumento presente, tanto no texto proposto, quanto nas discussões feitas pela professora em sala de aula. Ninguém escreveu sobre as mudanças que aconteceram nos pensamentos políticos, econômicos e culturais a partir dos estudos sobre a conservação da energia. E muito menos sobre as previsões apocalípticas, que amedrontavam a sociedade da época, trazidas com o enunciado da segunda lei da termodinâmica.

### 3.2 AULAS DO PROFESSOR PAULO

As aulas do Professor Paulo foram realizadas em duas turmas (A e B) do quarto ano do magistério, em um colégio estadual, na cidade de Curitiba. A turma A era composta por 16 meninas e a turma B por 12 meninas. Essas aulas tiveram duração de quatro horas-aula, em cada turma, porém o tempo do início ao fim do acompanhamento das atividades foi de um mês, pois algumas vezes as aulas sobre o tema foram canceladas ou as apresentações das alunas eram agendadas para outra semana. Dessa maneira, as aulas da turma A aconteceram nos dias 08 e 14 de agosto e as apresentações nos dias 21 de agosto e 04 de setembro. Na turma B as aulas aconteceram nos dias 11 e 15 de agosto e as apresentações nos dias 22 de agosto e 04 de setembro.

As aulas foram divididas de forma diferente das aulas da professora Juliana. Ou seja, na primeira aula foi feita uma discussão a respeito do desenvolvimento da termodinâmica e das questões relacionadas à sociedade dos séculos XVIII e XIX. Na segunda aula foram apresentados os conteúdos de termodinâmica, segundo a Física, com as equações e definições necessárias. A terceira e quarta aula foram destinadas as apresentações finais dos grupos formados pelas alunas. As apresentações deveriam sintetizar os seguintes tópicos propostos pelo professor: comentar o texto *O Potencial de Trabalho*; explicar os conceitos que foram mostrados nas aulas de termodinâmica; falar sobre a pesquisa, solicitada pelo professor, a respeito da Revolução Industrial e das máquinas térmicas; finalizando com a opinião do grupo sobre as aulas com o uso da História da Ciência.

A primeira aula da turma A foi sobre o contexto histórico em que as leis da termodinâmica se desenvolveram. O professor Paulo usou como base para esta

aula o texto *The Human Motor*, do Anson Rabinbach, e pesquisas feitas por ele sobre a Revolução Industrial e seu contexto social. O professor iniciou a aula pedindo para que as meninas fizessem anotações, pois ao final uma nota seria atribuída pelo caderno que estivesse completo. Comentou, ainda, sobre um trabalho extra, que consistia em fazer uma pesquisa sobre as máquinas térmicas e procurar no livro didático sobre a Revolução Industrial. Após esta introdução, o professor começou a dissertar sobre os assuntos propostos falando das máquinas e dos dispositivos a vapor utilizados na Revolução Industrial.

Explicou, também, sobre as condições de trabalho dos operários e do trabalho mecânico que era realizado. Neste momento, as alunas interviram, lembrando do filme “Tempos Modernos”, de Charlie Chaplin, que mostra o cotidiano do trabalho na indústria. O professor complementou, comentando que a única utilidade dos operários na época da Revolução Industrial era o trabalho que eles realizavam e que, por isso, as lutas de classes entre os burgueses e o proletariado eram tão intensas. O professor explicou que o êxodo rural trouxe mudanças sociais muito grandes para a Europa. Neste momento, houve um diálogo entre a aluna e o professor, transcrito abaixo:

Aluna: Mas, professor, eles gostavam de trabalhar, né?! Pois o êxodo rural foi importante para eles (os trabalhadores)!

Professor: Mas você tem que lembrar de toda a exploração do trabalho dos operários e da autoridade dos burgueses sobre estes trabalhadores! (DIÁRIO DE CAMPO, 08/08/2014).

O professor explicou que os socialistas eram um grupo que pensava e defendia os operários e que existiam dois tipos diferentes de socialismo, o utópico, que se propunha a pensar no futuro, e o científico, que pensava nos acontecimentos presentes.

Trouxe em seus comentários sobre as máquinas térmicas o nome do engenheiro James Watt, explicando seu papel como o criador dessas máquinas. Falou sobre o impacto social advindo do uso de máquinas no lugar de trabalhadores, que resultou em desemprego e acentuou a pobreza. Contextualizou que a Física foi, na época, o conhecimento científico utilizado para o aperfeiçoamento das máquinas térmicas e relacionou isso com a primeira lei da termodinâmica, falando do trabalho, do calor e da energia. Ressaltou a importância de que as alunas tentassem

relacionar esse conceito com a máquina térmica. Falou que a segunda lei da termodinâmica está completamente relacionada com o funcionamento dessas máquinas.

Finalizou a primeira aula comentando que o cientista é uma pessoa que, através de muito estudo, elabora novas leis e teorias com base no que já é conhecido, ou seja, nenhum cientista trabalha sozinho e isolado.

Na segunda aula da turma A, o professor Paulo explicou sobre os conceitos físicos das leis da termodinâmica. Preferiu apresentar a aula com o uso do projetor multimídia, para que, assim, as figuras ficassem mais evidentes. Antes de começar com os conceitos físicos, o professor fez uma breve revisão da aula sobre a história da termodinâmica. Perguntou às meninas o que elas lembravam da última aula e várias falaram da Revolução Industrial, das lutas de classes, do desenvolvimento da máquina a vapor, do capitalismo e marxismo. O professor continuou o assunto mostrando as fotos dos principais cientistas e epistemólogos, como o Helmholtz, Marx, Joule, Thomas Kuhn e Bachelard. E comentou sobre a construção do conhecimento científico, reafirmando que este não é compartimentado, linear e que é dependente do estudo coletivo: nenhum cientista faz nada sozinho.

Com a revisão terminada, começou a explicar sobre o conceito de calor, energia interna e trabalho. Fez uma analogia sobre a conservação e perda de energia com as taxas cobradas pelos bancos em algumas transações bancárias. E comentou sobre a idealização da máquina a vapor sem perdas de energia<sup>14</sup>, que foi elaborada por Sadi Carnot. Explicou o conceito envolvido na lei zero da termodinâmica, bem como as transformações gasosas e a segunda lei da termodinâmica. Finalizou a aula fazendo uma aproximação comparativa da máquina térmica com o corpo humano.

A terceira aula foi o começo das apresentações. O primeiro grupo utilizou toda a aula para apresentar o trabalho e montou alguns cartazes para auxiliar. As alunas tinham que apresentar os tópicos da resenha que fizeram com base no texto *O Potencial de Trabalho*, relacionando-os com os conceitos termodinâmicos

---

<sup>14</sup> Como citado em nota anterior, Sadi Carnot propôs uma idealização da máquina térmica com o maior rendimento possível, mas não disse que neste processo não haveria perdas de energia.



explicados na segunda aula do professor e presentes no livro didático, além disso, tinham que falar da pesquisa sobre a Revolução Industrial e a máquina térmica e sobre a sua opinião sobre as aulas com o uso da História da Ciência. Desta forma, como estratégia de apresentação, cada uma ficou encarregada de um tópico.

A apresentação foi iniciada com os conceitos físicos, explicando primeiramente sobre a energia interna de um sistema, seguindo com a primeira lei da termodinâmica, falando do calor e de sua variação. Fizeram uma analogia entre o funcionamento de um êmbolo e o trabalho realizado. Falaram sobre as transformações gasosas (isobárica, isotérmica, isocórica e adiabática), explicaram sobre o calorímetro e o experimento de equilíbrio térmico em que ele é utilizado<sup>15</sup>.

Outra aluna da equipe explicou sobre o contexto em que a termodinâmica surgiu. Falou da Revolução Industrial, com o poder do Rei sendo deixado de lado e passando para os burgueses e complementou assinalando o processo de expansão dos moldes capitalistas tomando espaço no comando das fábricas e dos trabalhadores. Falou do socialismo de Marx e Engels como forma de apoio aos operários que tinham longas jornadas de trabalho e poucos direitos e sobre o anarquismo, que era contra a figura do estado. Explicou que os burgueses eram os detentores do conhecimento científico na época da Revolução Industrial e assim, se apropriaram do conceito do corpo humano como uma máquina, trazido por Aristóteles<sup>16</sup>, desconsiderando a segunda lei da termodinâmica. Dessa maneira, eles se preocupavam somente com o lucro obtido através do trabalho dos operários. As

---

<sup>15</sup> As alunas não tiveram a oportunidade de fazer o experimento de equilíbrio térmico, pois o professor não teve tempo para levá-las ao laboratório. Porém, o professor explicou este experimento e o funcionamento do calorímetro em uma aula anterior às aulas observadas. O calorímetro é um aparelho que possui um isolamento térmico, ou seja, ele não permite trocas de calor com o ambiente e é utilizado para medir a quantidade de calor que é absorvida ou cedida por corpos ou substâncias.

<sup>16</sup> O conceito de máquina atribuído por Aristóteles está ligado ao sentido da palavra *mechane*, do grego, que significa o resultado de uma ação conduzida com particular *eficácia*. Portanto, Aristóteles concebe a máquina de duas formas: “no sentido positivo, *mechane* é simplesmente o ato ou o meio de construir objetos materiais com funções particulares, que servem para facilitar a atividade humana; no sentido negativo, significa expediente, no sentido de trama, ardil ou, pura e simplesmente, maquinação, com o que se procura enganar um oponente ou adversário ou tornar favorável uma situação desfavorável”. (MARICONDA, 2008, p.585 - 586).

alunas fizeram uma comparação deste cenário com o trabalho realizado hoje na China e dos padrões capitalistas impostos<sup>17</sup> pelos Estados Unidos da América.

Como conclusão da apresentação, disseram que foi mais fácil compreender os conceitos físicos quando estudaram o contexto histórico em que foi desenvolvido. Porém, tiveram dificuldades para entender o texto *O Potencial de Trabalho* e assim a resenha foi difícil de ser feita.

Tendo em vista, o tempo excessivo da apresentação da primeira equipe, o professor resolveu limitar o tempo das apresentações do segundo e do terceiro grupo, estabelecendo que deveriam realizá-las em uma aula de 50 minutos. Estas apresentações ocorreram, apenas duas semanas após a apresentação do primeiro grupo.

As alunas do segundo grupo iniciaram explicando o conceito da primeira lei da termodinâmica, falando sobre as transformações gasosas e sobre o funcionamento do calorímetro. Explicaram a segunda lei da termodinâmica e o modo como a ciência estava presente na Revolução Industrial. Comentaram que Helmholtz não ligava para as consequências que a metáfora do motor humano traria, pois ele não se importava com os trabalhadores. Falaram que esta metáfora teve origem com Aristóteles, que pensava no corpo humano funcionando como uma máquina. Por fim, as meninas comentaram sobre as aulas do professor Paulo, disseram que a apresentação foi a melhor parte, pois elas tinham que estudar e relacionar tudo que viram para apresentar para o professor. Mas não gostaram de fazer a resenha, pois não compreenderam bem o texto, o que dificultou o resto do trabalho.

O terceiro grupo fez uma apresentação menos compartimentada. Começaram explicando a primeira lei da termodinâmica e falaram da Revolução Industrial como um “acelerador do processo de capitalização do mundo”. Comentaram sobre o surgimento da máquina e das locomotivas a vapor. Explicaram

---

<sup>17</sup> A partir da afirmação da aluna é possível indicar duas interpretações. A primeira relacionada a um consenso entre os países participantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) sobre o modelo econômico vigente, não se tratando, portanto, de uma imposição Norte Americana dos moldes capitalistas. A segunda se relaciona ao processo acelerado de globalização, que traz consequências em diversos setores sociais, como, por exemplo, em relação ao trabalho que, muitas vezes, não é regulamentado e conduz a serviços compulsórios. Sobre o processo de globalização ver: SEVCENKO (2001).

que o grande êxodo rural que aconteceu nessa época acabou levando às construções das favelas e aumentando a pobreza.

As alunas explicaram a segunda lei da termodinâmica e desenharam um esquema da máquina térmica ideal, mostrando a diferença para uma máquina térmica real e compararam estas máquinas com o motor de um carro. Comentaram que eram os físicos os responsáveis por desenvolver o conhecimento científico da termodinâmica. Por fim, as alunas falaram que o que mais gostaram das aulas foi o uso da História da Ciência, pois auxiliou no entendimento dos conceitos físicos. Mas acharam que as lições para casa não ajudaram muito a construção desta interconexão.

Na turma do 4º ano - B do magistério, as aulas foram iguais às do 4º ano – A. Não foi possível o registro do desenvolvimento da primeira aula, pois o professor Paulo não teve como avisar com antecedência a data e horário em que seria realizada, porém, o professor declarou que utilizou a mesma sistemática da primeira aula da turma anterior. Dessa maneira, na segunda aula, o professor Paulo começou com a explicação da primeira lei da termodinâmica. Falou sobre a máquina térmica e a aproximação que era feita dela com o corpo humano. Explicou sobre a fadiga, que era vista como uma doença e um mal para o desenvolvimento econômico na época da Revolução Industrial. Comentou sobre os principais cientistas e filósofos da época e as alunas comentaram que Helmholtz foi um cientista muito importante para o desenvolvimento da termodinâmica.

O professor Paulo falou sobre a descoberta simultânea da conservação da energia, estudada por Thomas Kuhn, e das outras descobertas científicas, que, geralmente, são realizadas em conjunto. Posteriormente, explicou sobre a lei zero da termodinâmica, sobre o calor, sobre o trabalho e sobre a energia, fazendo a conexão para com o enunciado da primeira lei da termodinâmica. Explicou as transformações gasosas e, por fim, a segunda lei da termodinâmica com um esquema do funcionamento de uma máquina térmica.

A terceira aula foi a apresentação do primeiro grupo. As alunas fizeram uma apresentação que seria mostrada com o projetor multimídia. Porém, o dispositivo que continha a apresentação não funcionou e elas tiveram que fazer a apresentação sem nenhum equipamento de apoio. O grupo foi dividido conforme os tópicos pedidos pelo professor. Assim, a primeira aluna fez uma introdução falando dos

tópicos que seriam apresentados e, em seguida, começou a explicar sobre a energia interna e sobre o calor, explanando sobre o conceito da primeira lei da termodinâmica. Comentou sobre as transformações gasosas e explicou cada uma delas através de exemplos. Explanou sobre o calorímetro e explicou o funcionamento da máquina térmica. Com isso, mostrou o conceito envolvido na segunda lei da termodinâmica.

Outra aluna começou a explicar sobre o contexto histórico em que a termodinâmica foi pensada. Para isso, leu um texto para a turma sobre a termodinâmica na Revolução Industrial e sobre a criação das máquinas industriais. Outra componente do grupo foi explanar o texto, *O Potencial de Trabalho*, perguntando às colegas se alguma delas sabia o que era trabalho, mas ninguém respondeu. Assim, explicou o trabalho segundo a perspectiva da Física e, posteriormente, sobre a perspectiva mostrada no texto. Nesta parte, falou que quando o corpo trabalha usa a sua energia interna e quando o trabalho é realizado sem descanso, aparece a fadiga. Explicou que, segundo esta perspectiva, a fadiga, nos séculos XVIII e XIX, foi considerada como um empecilho para a produtividade europeia, pois os burgueses estavam comparando o corpo a uma máquina térmica. Fez uma comparação com o trabalho daquela época e o trabalho escravo e de exploração que existe hoje.

Para finalizar a apresentação, uma aluna comentou que o uso da História da Ciência nas aulas de Física ajudou a entender melhor os conceitos, pois conseguiam visualizar o contexto em que foram criados. E, ainda, que esse tipo de aula serviu de estímulo para o estudo, pois nenhum professor de Física tinha feito o que o professor Paulo fez e para ela, a Física era sinônimo de contas e equações. As alunas tiveram dificuldades para elaborar a resenha, pois nunca tinham feito um texto que se relacionava à Física, então acharam bem difícil.

O segundo e terceiro grupo apresentaram suas conclusões duas semanas depois do primeiro e utilizaram, assim como na turma anterior, uma aula de 50 minutos para as apresentações.

O segundo grupo apresentou o trabalho com o uso do projetor multimídia, iniciando com o primeiro tema proposto, ou seja, os aspectos gerais da Revolução Industrial, e como trouxeram como principal mudança as relações de trabalho. Comentaram que foi uma fase de grande desenvolvimento para a Inglaterra e que

houve a substituição de trabalhadores por máquinas. Falaram os nomes dos principais cientistas da época (Watt, Helmholtz e Joule). Explicaram a lei zero da termodinâmica e, muito rapidamente, sobre a primeira e segunda lei da termodinâmica. Mostraram, com uma imagem, o funcionamento da máquina térmica. Porém, aparentaram só estar lendo os slides, sem explicar com muita profundidade os conceitos.

Depois, as alunas começaram a explanação do texto, *O Potencial de Trabalho* ressaltando que o corpo era visto como uma máquina e que a entropia era a perda de energia. Discorreram sobre a vida de Thomas Kuhn e sobre o trabalho realizado por ele sobre a descoberta simultânea, porém a percepção que apresentaram implicava, equivocadamente, em que os doze cientistas teriam ajudado Thomas Kuhn a fazer a descoberta dos três fatores que poderiam ter levado ao descobrimento da conservação da energia. Finalizaram a apresentação mostrando a preferência pelas aulas com o uso da História da Ciência, afirmando, porém, que o texto proposto foi muito difícil de entender.

O terceiro grupo não queria apresentar o trabalho<sup>18</sup>, mas o professor Paulo insistiu para que elas o fizessem, pois a apresentação delas já estava pronta. Assim, as meninas apresentaram sem muito ânimo e de forma bem rápida. Explicaram a primeira lei da termodinâmica, as transformações gasosas, a segunda lei da termodinâmica e o funcionamento de uma máquina térmica. Comentaram sobre a Revolução Industrial e sobre os filósofos que pensaram sobre as condições de trabalho dos operários. Falaram que o potencial de trabalho era algo pertencente às máquinas térmicas e que depois foi transplantado como conceito para o corpo dos trabalhadores. Para finalizar a apresentação, comentaram que as aulas com o uso da história ajudaram a compreender melhor os conceitos físicos.

Quase todas as alunas a entregaram a resenha no prazo estabelecido. Porém, o professor Paulo fez a correção dessas resenhas e atribuiu notas baixas, pedindo para que as alunas as refizessem e devolvessem as duas resenhas, a original e a refeita, na semana seguinte. Mas, somente duas alunas devolveram as

---

<sup>18</sup> As alunas não queriam fazer a apresentação final por falta de segurança no trabalho que tinham realizado, pois montaram os slides que seriam mostrados no intervalo anterior à aula.

resenhas para o professor e nenhuma aluna refez o trabalho proposto. Portanto, das 28 alunas apenas duas entregaram a resenha.

Desta maneira, a resenha entregue pela aluna 1 traz um comentário geral no início do texto e segue com o resumo dos tópicos propostos. Na resenha apresentada, a aluna trouxe todos os tópicos do texto proposto bem resumidos, mas tentando enaltecer os principais pontos de discussão de cada um deles. Assim, como comentário inicial escreveu:

Das teorias da termodinâmica e da economia política para os ideais de taylorismo e o fordismo do século XIX e do século XX, Rabinbach demonstra como a obsessão utópica com a energia e a fadiga em forma de pensamento social em todo o espectro ideológico. (RESENHA, ALUNO 1, TURMA B).

A aluna trouxe em seu comentário apenas uma visão geral do fundamento do texto, mostrando que a fadiga e a conservação da energia eram vistas de maneira utópica no século XIX, e que essa utopia se adentrava como uma ideologia no pensamento social. Com esse conceito, a aluna tenta abranger todo o âmago do texto proposto, demonstrando que a metáfora do corpo como uma máquina era advinda de uma obsessão social para a produtividade e progresso econômico.

Comenta sobre os sistemas taylorista e fordista de administração e produção do trabalho que não são comentados no texto disponibilizado, pois trata-se de outra fase do trabalho industrial, em que os trabalhadores exerciam apenas uma função, com a total divisão da produção em tarefas simples e repetitivas, para que assim não tivesse tempo perdido e o aumento da produtividade e do lucro fosse efetivado.

Porém, é importante salientar que o texto original, *The Human Motor* escrito pelo historiador Anson Rabinbach, traz nos capítulos finais as discussões primárias dos cientistas a respeito dos novos modos de trabalho norte americanos e, posteriormente, a aproximação entre o sistema de administração do trabalho taylorista e o sistema produtivista de trabalho europeu, mostrando que compartilhavam do mesmo fundamento: o corpo como o local da força de trabalho. Essa aproximação foi a base futura dos novos padrões “racional” de organização da produção e do trabalho na Europa. Além disso, o autor destaca fortemente a questão da ideologia nas visões do produtivismo e materialismo moderno.

Apesar desses dois tópicos não estarem presentes no texto que foi disponibilizado à aluna, ela cita sobre eles em seus comentários, trazendo algumas possibilidades para esse acontecimento: esses comentários podem ter surgido a partir de prováveis discussões sobre o taylorismo e fordismo nas aulas de sociologia e história, trazendo uma perspectiva à aluna que transpôs esses conceitos para a resenha, fazendo uma assimilação dos conceitos das outras disciplinas para esta abordagem histórica nas aulas de Física.

Já a resenha entregue pela aluna 2 possuía uma estrutura diferente da mostrada pela aluna 1, ou seja, começava com um breve resumo dos tópicos, sendo finalizada por uma conclusão geral. Neste resumo a aluna copiou os parágrafos que sintetizavam os ideais do poder produtivo e do corpo como uma máquina termodinâmica. Porém, não incluiu em seu resumo nenhuma fala sobre a fadiga, o desenvolvimento da entropia, de suas consequências sociais e dos cientistas envolvidos na descoberta das duas leis termodinâmicas. Ou seja, a aluna trouxe um resumo superficial dos três primeiros tópicos do texto, os outros quatro tópicos não foram nem citados. Como comentário geral, a aluna escreveu:

Ao realizar a leitura do texto podemos concluir que o trabalho humano era identificado como máquina, cada dia mais com estudos as pessoas queriam perfeição. Porém, isso é uma coisa que não se pode comparar, pois o homem tem cansaço e a máquina não tem limites. Com o passar dos anos houve uma grande melhora em relação ao trabalho em fábricas, Hoje é o homem que domina e a máquina faz o trabalho. (RESENHA, ALUNO 2, TURMA B).

No comentário, a aluna traz a percepção de que a máquina tem um potencial de trabalho muito maior do que o do homem e que não era certo fazer esta comparação desigual. Porém, mantém a perspectiva traçada pelo produtivismo e materialismo europeu do século XIX, que enxergava uma máquina ideal, sem entropia e sem limites para a produção. Esta visão está relacionada com a falsa ideia de que a máquina possui uma capacidade imensa, quase infinita, de produção, superando em todas as perspectivas o trabalho realizado pelo homem. Mas é importante salientar que as máquinas também possuem suas limitações, são úteis para a produção em massa e existem para aumentar o limite dessa produção. Mas, sempre existiu o trabalhador para fazer o controle, manutenção e descarte dessas máquinas. O homem nunca perdeu o domínio sobre este trabalho.

A aluna ainda comenta que, hoje, o homem é o dominante nas fábricas e possui melhores condições de trabalho por conta disso. Esta é uma ideia idealizada sobre as relações de trabalho, pois não considera que os trabalhadores que estão em fábricas possuem, ainda, cargas horárias muito altas e que trabalham sob a vigilância da produtividade.

Assim, a partir das apresentações pelos grupos e as poucas resenhas que foram entregues é possível perceber que nestas turmas o objetivo geral das atividades, foi parcialmente atingido. Nas apresentações as alunas tinham que comentar sobre tantos tópicos que o trabalho acabou sendo compartimentado, ou seja, em vez de cada aluna ter a oportunidade de apresentar uma conclusão geral sobre as aulas e o texto, ficou mais fácil fazer a divisão de cada tópico entre as integrantes do grupo. Dessa maneira, não foi possível compreender com profundidade o que cada aluna tinha a dizer sobre o que foi feito nessas aulas de Física.

O que foi possível verificar nas apresentações foi uma preocupação maior com os conceitos físicos do que com a história do processo de criação do conhecimento científico. Mas, as alunas explicavam, mesmo que rapidamente, sobre o contexto histórico em que se insere a termodinâmica, trazendo como principais comentários as condições de trabalho dos operários e o modo capitalista de organização das fábricas. A maioria dos grupos falou muito superficialmente dos tópicos tratados no texto *O Potencial de Trabalho*, não conseguindo relacionar as leis de termodinâmica com os conceitos principais presentes no texto. Este tratamento superficial das relações entre conceitos e contexto histórico, evidenciado ao longo das apresentações, pode ser melhor compreendido a partir da alegação repetida ao final de todas as apresentações sobre a dificuldade de compreensão do texto base proposto.

Esta dificuldade se refletiu diretamente nas resenhas que foram entregues, pois as alunas fizeram comentários superficiais sobre cada tópico, algumas vezes sem conseguir trazer os conceitos fundamentais. Porém, como só foi possível analisar duas das 28 resenhas que deveriam ser entregues, não temos elementos definitivos para avaliar a percepção da História da Ciência das duas turmas. Além disso, as duas resenhas entregues foram da turma B, o que não possibilita nenhum comparativo entre as resenhas na turma A.



Contudo, apesar das dificuldades, o que é percebido nas duas resenhas é que as alunas trouxeram discussões importantes para o processo e puderam demonstrar o que foi entendido sobre o texto e sobre as aulas. Na resenha da aluna 1, estavam presentes a maioria dos conceitos esperados, mesmo que sem muitas explicações, porém os comentários foram feitos de forma geral, faltando um aprofundamento sobre os principais tópicos do texto. Já na resenha da aluna 2 houve uma preocupação em mostrar apenas os tópicos iniciais do texto, deixando de lado toda a discussão sobre a entropia, os cientistas e o processo de descoberta e implicações sociais do conhecimento científico. Desta forma, a aluna apresentou uma resenha limitada e os seus comentários finais careciam de significados sobre o que foi tratado no texto.

As duas resenhas não possuíam nos comentários discussões do texto, a respeito da implicação do desenvolvimento científico na sociedade europeia do século XIX, das mudanças que aconteceram nos pensamentos políticos, econômicos e culturais a partir dos estudos sobre a conservação da energia. E, por fim, não foram abordadas as consequências sociais da segunda lei da termodinâmica.

### 3.3 ANÁLISE GERAL DO CAPÍTULO

As aulas da professora Juliana e do professor Paulo se diferenciaram bastante por conta das metodologias propostas por cada um deles. Enquanto a professora Juliana preferiu seguir a organização e disposição das aulas como proposto no grupo de estudos, o professor Paulo preferiu manter o seu padrão de aula e utilizou a metodologia proposta apenas como um apoio para trazer mais elementos de pesquisa e optou por mudar um pouco a disposição das aulas, deixando uma aula para tratar os elementos relacionados à História da Ciência, uma para tratar da termodinâmica segundo a perspectiva da Física e duas para as apresentações das alunas.

Nas aulas desses dois professores as discussões realizadas também seguiram caminhos diferentes, pois a professora Juliana utilizou somente o texto do Anson Rabinbach para a aula de História da Ciência, aprofundou as discussões

necessárias e relacionou as leis da termodinâmica com as questões sociais da época da Revolução Industrial. O professor Paulo trouxe para sua aula de História da Ciência outros elementos além do texto proposto, oportunizando uma discussão mais voltada para as relações de trabalho dos operários da Revolução Industrial e os movimentos sociais que seguiram por conta disso. Porém, não fez uma comparação entre as leis da termodinâmica e as principais questões sociais que foram evidenciadas no texto de Anson Rabinbach. As aulas teóricas foram mais próximas entre esses dois professores, pois ambos fizeram discussões e trouxeram elementos da história da termodinâmica.

A metodologia aplicada pelos professores repercutiu diretamente nos trabalhos apresentados em sala pelos respectivos alunos. A professora Juliana pediu que os alunos fizessem a resenha do texto *O Potencial de Trabalho* e apresentassem as relações entre este texto e as leis da termodinâmica mostradas nas aulas. Por outro lado, o professor Paulo pediu para que as alunas fizessem outros trabalhos além da resenha, como a pesquisa sobre a Revolução Industrial e a pesquisa sobre as máquinas térmicas, e pediu para que apresentassem sobre o texto *O Potencial de Trabalho* relacionando com as aulas de termodinâmica, sobre as pesquisas que foram realizadas e uma conclusão sobre a perspectiva das alunas sobre as aulas de História da Ciência e as atividades propostas. Assim, foi possível perceber que as apresentações dos alunos da professora Juliana foram mais direcionadas para os elementos fundamentais das aulas, proporcionando que os alunos mostrassem as conclusões individuais e gerais sobre a História da Ciência e o desenvolvimento científico, enquanto as das alunas do professor Paulo, optaram por realizarem apresentações mais compartmentadas e puderam mostrar apenas as conclusões gerais do grupo.

Além disso, a aula de cada professor também influenciou na ênfase dada a cada uma das apresentações. Como a professora Juliana mostrou em sua aula de História da Ciência as principais discussões presentes no texto de Anson Rabinbach, a maioria de seus alunos conseguiu mostrar nas apresentações a aproximação da metáfora do corpo dos operários como uma máquina térmica com o conceito da conservação da energia. E comentaram sobre os problemas sociais advindos da fadiga e a explicação científica da entropia como uma solução para este mal. O professor Paulo optou por discutir em suas aulas de História da Ciência as questões relacionadas às condições de trabalho dos operários e as questões da

sociologia sobre as lutas de classes. Assim, nas apresentações, as suas alunas tiveram mais dificuldades em mostrar as relações entre as leis da termodinâmica e as consequências sociais de trabalho do século XIX, evidenciando em suas apresentações principalmente o contexto histórico da Revolução Industrial.

Entretanto, de maneira geral, todos os grupos, de todas as turmas, tanto da professora Juliana quanto do professor Paulo, tiveram dificuldades compreensíveis do texto *O Potencial de Trabalho*, elaborado no grupo de estudos. Isso implica diretamente no baixo número de resenhas que foram entregues e em sua qualidade. Apesar disso, as resenhas que foram analisadas possuem aproximações em relação às discussões, ao formato de escrita e dificuldades dos alunos no processo de leitura do texto. Mesmo com as dificuldades encontradas, os alunos se esforçaram para tirar conclusões sobre o que estava sendo exposto. Em alguns casos houve certa incoerência entre a conclusão final escrita pelo aluno e o resto da resenha, porém na maioria dos casos as resenhas se mostraram como um complemento ou reafirmação das aulas que os alunos assistiram.

Dessa maneira, é possível enxergar uma possível falha no processo de criação do texto proposto para os alunos, uma vez que as dificuldades na leitura e na compreensão foram evidenciadas, não só nas resenhas, mas também nas apresentações dos alunos. Além disso, ficou evidente que as diferentes metodologias empregadas pelos professores causaram mudanças substanciais nos trabalhos apresentados pelos alunos.

Por fim, solicitamos aos professores que fizessem breves comentários sobre a oportunidade de utilizar a História da Ciência em sala de aula e sobre as atividades em si. A professora Juliana comentou que por uma determinação da diretoria do colégio em que trabalha, as aulas são bem tradicionais e por isso a atividade foi recebida muito bem, pela turma e por ela, pois foi uma oportunidade para desenvolver algo diferenciado. Comentou também, que depois dessas atividades, as aulas voltaram ao mesmo de sempre.

Já o professor Paulo, explicou que a atividade realizada foi bem produtiva e eficaz, pois foram poucas as aulas em que teve a oportunidade de trabalhar História da Ciência juntamente com o conteúdo de Física. E o fato de utilizar resenhas e textos também foi um ponto positivo, pois mostrou que é possível ministrar o mesmo assunto de maneiras diferentes. Além disso, o professor percebeu que as alunas se

mostraram mais participativas durante essas aulas e que a atividade foi importante, para elas e para ele.

Desse modo, pelas falas dos professores é possível compreender que esse tipo de atividade é bem recebida e enriquece as aulas, no sentido de trazer novos elementos para discussão dos assuntos com os alunos, que sentem um maior interesse pela disciplina, e de diversificar a metodologia empregada.

## 4 CONCLUSÃO

A utilização de História da Ciência em aulas de Física pode ser bastante instigante e reveladora, tanto para os alunos quanto para os professores, porém, é interessante que ela seja feita de forma planejada e consciente, mostrando, não apenas os casos isolados do processo de desenvolvimento da ciência, mas principalmente o contexto geral dos fatores sociais, econômicos, políticos, entre outros, que possibilitam tal desenvolvimento. Assim, a formação de um grupo de estudos se mostrou importante no processo de desenvolvimento das aulas e das atividades, uma vez que se tornou um espaço para debater e estudar as principais variáveis presentes no contexto de formação do conhecimento termodinâmico. No grupo de estudos ainda foi possível debater sobre as possibilidades de utilizar a História da Ciência nas aulas de termodinâmica, além de planejar atividades e de discutir sobre a melhor maneira de gerenciar as aulas.

Apesar do grupo de estudos ter sido frutífero, existe uma questão pertinente. Será que, se na formação desses professores, os debates sobre o contexto do desenvolvimento do conhecimento científico fossem mais profundos e estivessem mais presentes, este grupo de estudos seria de profunda importância?

Como em qualquer processo de pesquisa, existem alguns obstáculos que servem, muitas vezes, para nos mostrar que cada participante possui uma dinâmica de trabalho e de pensamento já definida. Ou seja, apesar de termos delimitado assuntos, atividades e número de aulas nas reuniões de grupo de estudos, cada um dos professores trabalhou com suas turmas seguindo convicções e metodologias já pré-estabelecidas em suas práticas docentes. Isso evidencia que o grupo de estudos serve, na realidade, como um apoio ou uma forma de trazer mais elementos de pesquisa para a sala de aula.

É importante levar em consideração a experiência dos professores, que apesar de jovens, não são uma “página em branco”. Eles escolhem e reproduzem as suas vivências desde quando começaram seus estudos na escola até a abordagem que, por prática, acham melhor. Na universidade, são influenciados pelos exemplos, pelas metodologias e pela formação de seus professores. Além disso, suas práticas docentes são constituídas por meio de estágios, programas de incentivo à docência e por vivências nas classes em que lecionam. Cria-se assim, uma espécie de

repertório de como lecionar, que possibilita aos jovens professores julgarem quais métodos funcionam, ou não, adequadamente em suas turmas.

Neste sentido, nas realizações das aulas, cada um dos professores escolheu trabalhar sob perspectivas diferentes. Enquanto a professora Juliana trabalhou em cima dos textos estudados e elaborados para a aula, o professor Paulo preferiu trazer outros elementos sobre o contexto da Revolução Industrial, evidenciando mais o modo e a organização do trabalho naquela época, o que implicou em diferentes abordagens trazidas pelos alunos nas apresentações finais. Ou seja, os alunos do professor Paulo trouxeram mais elementos do contexto social do desenvolvimento da termodinâmica, porém não conseguiram unir esses elementos com o desenvolvimento das leis da termodinâmica. Por outro lado, os alunos da professora Juliana fizeram apresentações mais concisas e com menos elementos de pesquisa, mas conseguiram, em sua maioria, mostrar de que forma os aspectos políticos e econômicos influenciaram e foram influenciados pelos estudos científicos do século XIX.

Dessa maneira, é possível compreender que existe uma ligação direta na ênfase dada pelos professores aos conteúdos selecionados e os discursos que os alunos reproduzem. Assim, torna-se evidente o cuidado que se deve ter, por parte dos professores, durante a preparação das aulas com o uso de História da Ciência, para que não evidenciem uma visão determinista da ciência, ou para que não deixem que a História da Ciência pareça apenas uma história mistificada e acabe por aflorar um senso comum sobre o desenvolvimento científico.

Com a apresentação realizada pelos alunos, é perceptível uma nova maneira de enxergar a ciência. Nos discursos apresentados, os alunos mostram que o desenvolvimento científico é dependente de diversos fatores que, ou mesmo tempo que influenciam no processo de construção do conhecimento científico, também são influenciados por ele. Além disso, compreenderam que a ciência não é neutra e que o seu desenvolvimento não é linear. Dessa forma, as atividades e as aulas realizadas foram importantes para os alunos, no sentido de que contribuíram para uma visão mais crítica sobre o desenvolvimento científico.

Os professores declararam um nítido aumento das participações dos alunos nessas aulas com uso da História da Ciência, o que mostra que o uso desses elementos tornam as aulas mais atrativas, pois proporcionam mais debates e discussões, trazendo mais dinamismo para a sala de aula e proporcionando uma

visão mais crítica dos aspectos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico.

É importante compreender que esse trabalho foi realizado durante um período curto do calendário escolar, trazendo elementos de apenas um conteúdo da Física. No entanto, já é perceptível que o uso da História da Ciência nessas aulas foi importante para o desenvolvimento dos alunos e dos professores. Dessa maneira, se a História da Ciência for utilizada de forma contínua para contextualizar o desenvolvimento científico e tecnológico e durante todo o período de formação dos alunos, como é objetivado nos PCN, existe a possibilidade destes serem mais críticos e conscientes sobre os processos de formação e estabelecimento do conhecimento científico e tecnológico.

Ainda, é preciso analisar quais são os objetivos traçados pelas escolas, no sentido da formação dos alunos, pois, como foi relatado pela professora Juliana, a diretoria do colégio não era muito aberta a atividades que fugissem do modo tradicional de ensino. Além disso, a estrutura geral das instituições pode contribuir para uma abordagem mais fechada dos conteúdos, evidenciando que a escola preza pela aprovação nos vestibulares, como no caso de muitos colégios privados, em detrimento da autonomia que os professores potencialmente poderiam ter. Todos esses aspectos acabam limitando o Ensino de Física a simples demonstrações de fórmulas e conceitos, retirando todas as discussões pertinentes ao desenvolvimento, objetivos e consequências da construção dos conhecimentos científicos.

Essas determinações de algumas escolas fogem das discussões presentes nos PCN sobre a formação dos alunos do ensino médio e não condizem com as estruturas dos conteúdos e discursos presentes nos livros didáticos de Física, que são exigidas em critérios estabelecidos para a sua aprovação nos editais do PNL D.

A partir deste estudo inicial é possível visualizar novas perspectivas de pesquisas futuras, como: aplicação do método por um período de tempo maior, consequentemente com maior diversidade de temas; desenvolvimento de estratégias interdisciplinares no ensino de Física; analisar de maneira mais ampla os aspectos educacionais envolvidos na aprendizagem dos alunos, como por exemplo, os livros didáticos utilizados nas escolas.

Dessa maneira, consideramos que é preciso discutir de maneira sistemática no processo de formação de professores a importância de trabalhar com elementos da história que tragam discussões sobre o contexto social, cultural, político e

econômico do desenvolvimento científico e tecnológico nas aulas de Física. Esta opção didático-pedagógica possibilitaria que essas discussões fossem também futuramente realizadas nas salas de aulas do ensino médio, proporcionando, potencialmente, uma formação mais crítica aos alunos.



## REFERÊNCIAS

ASSIS, Alice; TEIXEIRA, Odete P. B. Algumas Considerações Sobre o Ensino e a Aprendizagem do Conceito de Energia. **Revista Ciência & Educação**. Bauru, v. 9, n. 1, p. 41-52, mai. 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional do Livro Didático**. Brasília: MEC, 2010. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-editais/item/3014-editais-antecedentes>>. Acesso em: 26 de nov. 2014.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 11 de nov. 2014.

DAGNINO, Renato. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: Um debate sobre a tecnociência**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.

EL-HANI, Charbel N. Notas sobre o Ensino de História e Filosofia da Ciência na Educação Científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino. **Estudo de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicações no Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 03-21. 2006.

HORNES, Andréia; SILVA, Sani C. R.; PINHEIRO, Nilcéia A. M. Uma Atividade Histórico-Crítica da Evolução Científica, tecnológica e Social no estudo da termodinâmica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0393-1.pdf>>. Acesso em: 13 de fev. 2014.

HULSENDEGER, Margarete J. V. C.; A História da Ciência no Ensino da Termodinâmica: Um Olhar sobre o ensino de Física. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, V.9, n.2, p.191-205, jun. 2007.

KREIMER, Pablo. **El Científico También es un Ser Humano**. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores, 2009.

KUHN, Thomas. **A Tensão Essencial**. Lisboa: Edições 70, 1989.

LATOURET, Bruno. Give me a laboratory and i will raise the world. In: KNORR-CETINA, Karin D.; MULKAY, Michael J. (Ed.). **Science observed: perspectives on the social study of science**. Londres: Sage, p. 141-170, 1983.

LIMA FILHO, Domingos L.; QUELUZ, Gilson L. A Tecnologia e a Educação Tecnológica: elementos para uma sistematização conceitual. **Revista Educação & Tecnologia**. Belo Horizonte, v.10, n.1, p.19-28, jun. 2005.

MARICONDA, Pablo R. As mecânicas de Galileu: as máquinas simples e a perspectiva técnica moderna. **Revista Scientiae Studia**. São Paulo, v.6, n.4, p. 565-606, Dez. 2008.

MOTA, Dálete D. C. de F.; CRUZ, Diná A. L. M.; PIMENTA, Cibele A. M. Fadiga: uma análise do conceito. **Revista Acta Paulista de Enfermagem**. São Paulo, v.18, n.3, p.285-293, Jun. 2005.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, p.01-05, set. 1996.

NÓBREGA, Mayane L. da. **Segunda Lei da Termodinâmica: Os Caminhos Percorridos por William Thomson**. 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador e Feira de Santana, 2009.

RABINBACH, Anson. **The Human Motor: Energy, Fatigue and The Origins of Modernity**. California: University of California Press, 1992.

ROSELLA, Marcelo L. A.; CALUZI, João J.; SILVA, Zenaide P. L. O Ensino da Termodinâmica por meio da Prática Social. In: SILVA, Cibelle Celestino. **Estudo de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicações no Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 103-116. 2006.

ROSSI, Paolo. **Las arañas y las hormigas: Una apología de la historia de la ciencia**. Barcelona: Editorial Crítica, 1990.

SEARS, Francis W.; SALINGER, Gerhard L. **Termodinâmica, Teoria cinética e Termodinâmica Estatística**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1979.

SEVCENKO, Nicolau. **A Corrida para o Século XXI - No loop da montanha-russa**. São Paulo: Cia. das Letras, 2001.

SCHULZ, D. **Aprendizagem significativa de termodinâmica no ensino médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador**. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_otto.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm)>. Acesso em: 22 out. 2014.

SILVA NETO, Gival P.; SILVA, Renally G.; ATAÍDE, Ana R. P. Uma Sequencia Didática com Abordagem Histórica para o Estudo das Máquinas Térmicas: Um Relato de Experiência. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T1070-2.pdf>>. Acesso em: 13 de fev. 2014.

TRESCH, John. **The Romantic Machine: Utopian Science and Technology After Napoleon**. Chicago: University of Chicago Press, 2012.

TREVISANO, Rodrigo; CHRISPINO, Álvaro. CTS no Ensino Médio: Contribuições de uma Disciplina Para uma Percepção Mais Humana da Ciência. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0876-1.pdf>>. Acesso em: 13 de fev. 2014.

TRINDADE, Diamantino F. História da Ciência : uma possibilidade interdisciplinar para o ensino de ciências no Ensino Médio e nos cursos de formação de professores de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência** , Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 257-272, dez. 2011.

VILLAS-BOAS, Hilton M. Neurastenia? (Parte 1). **Tribuna do Norte**, Natal, 24 jul. 2011. Disponível em: <<http://tribunadonorte.com.br/noticia/neurastenia-parte-1/189877>>. Acesso em: 22 out. 2014.

VON LINSINGEN, Irlan. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Revista Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. especial, p. 01-19, nov. 2007.

## ANEXOS

ANEXO A – Texto elaborado, pelos participantes da pesquisa, para atividade didático-pedagógica.

### O POTENCIAL DE TRABALHO

#### 1. Um imenso reservatório de energia

Quando trabalhamos muito, sentimos cansaço. Se trabalharmos muito sem descanso, somos levados à exaustão. Quando a exaustão começa a ficar crônica, estamos com fadiga. Essas conclusões, expostas aqui de uma maneira bem simplista, foram a base de estudo no final do século XIX de fisiologistas, estudiosos do corpo humano.

Durante meados do século XIX, a ciência e a sociedade foram dominadas por um novo conceito físico: a energia. A maneira como a ciência passou a perceber a natureza pode ter gerado nos fisiologistas uma obsessão pelo estudo da fadiga. A descoberta de que a energia pode ser encarada como uma força universal e o calor como a fonte de todo o trabalho mecânico levou a ciência a passar por uma reforma grandiosa. A Física passou a ser reconhecida como o modelo de ciência. A sociedade, por meio do conceito de energia, fundiu-se com a natureza, pois possuía, em suas relações, as mesmas leis Físicas vistas na natureza.

A natureza foi concebida como uma entidade capaz de fornecer todo o trabalho mecânico que a sociedade necessitava. Em outras palavras, a natureza possuía um “potencial de trabalho”. Porém, no início, esse potencial era apenas uma espécie de medida da força das máquinas (a famosa relação força x distância). Foi com o passar do tempo que o seu significado se modificou, finalmente chegando em um conceito abrangente, que permeava toda a natureza, o corpo humano e a indústria. Para os fisiologistas, a energia do corpo humano tornou-se mais uma entre as muitas outras forças físicas naturais. O corpo passou a ser visto como uma máquina termodinâmica e o trabalho tornou-se o mediador que transformava o potencial de trabalho fornecido pela natureza em outra forma de energia.

Assim, na segunda metade do século XIX, a imagem do trabalho como a base da propriedade e do individualismo, ou como um fardo, começou a ser modificada e se tornou universalizado.

Entretanto, a euforia social por trás da lei da conservação da energia foi rapidamente contrastada pelo pessimismo da entropia, conceito físico que afirma que, em toda conversão de um tipo de energia para outro, há perdas irreversíveis de energia.

O conceito de perda de energia em toda transformação foi um balde de água fria para o pensamento da época, que dizia que o corpo humano poderia transformar todo o potencial de trabalho da natureza em trabalho, que por sua vez poderia ser usada em outra forma de energia. A entropia foi levada mais adiante, abarcando todas as formas de conversão de energia, humanas ou naturais. O pessimismo foi tão grande que alguns profetizaram que o grande reservatório de energia da natureza iria, em algum momento, acabar, levando a perspectiva de uma possível "morte térmica" do universo.

A fadiga do corpo humano foi associada a um aspecto específico da entropia, e a resistência ao trabalho deixou de ser vista como uma "imperfeição da alma" e passou a ser vista com base em enunciados físicos.

Para concluir, a nova percepção do trabalho, implantada no século XIX, teve com base construção do conceito de poder produtivo. Mas a fadiga surgiu como empecilho para esse novo modo produtivo, que encarava que o corpo humano era uma máquina que poderia converter infinitamente o potencial de trabalho da natureza em trabalho. Ao contrário, o corpo humano possuía suas próprias leis internas de energia e movimento.

## **2. Materialismo desmaterializado**

O filósofo da ciência Gaston Bachelard chama materialismo desmaterializado o pensamento de que a energia é a base de tudo e que só poderia ser percebida na forma material dos diferentes tipos de trabalho mecânico.

Na concepção de pensamento do século XIX, as leis da natureza da vida e da natureza sem vida não possuíam diferença. Se o universo poderia ser submetido às leis da energia, a sociedade também deveria ser subordinada às leis que favoreciam o progresso e a produtividade com base no conceito de energia. A maneira

materialista de se pensar ciência, na Alemanha, possuía um grande otimismo em relação à harmonia das leis da natureza e da indústria, e estava intimamente ligado à revolução de 1848, onde a Alemanha começou a se ver como um país unificado pela primeira vez. Portanto, esse pensamento tinha assim uma visão liberalista de mundo.

Desde a primeira geração de pensadores materialistas científicos, houve a tentativa de separar a ciência e a filosofia de qualquer explicação que não estivesse ligado à ciência.

Porém, alguns fisiologistas pensavam diferente daqueles primeiros pensadores materialistas científicos. Eles não ligavam a ciência a uma visão política ou ao completo desligamento da religião. Esses fisiologistas aproveitaram os princípios da energia para unificar a natureza da vida e da natureza sem vida. Assim, a equivalência das diferentes formas de energia e a sua capacidade de conversão acabaram sendo conectadas ao movimento.

### **3. Da máquina humana ao motor humano**

O pensamento materialista científico impactou profundamente na imagem do corpo humano, transformando-o em uma máquina de trabalho. A metáfora do corpo humano como uma máquina tem origem na filosofia de Aristóteles e foi bem estabelecida na época de Vesalius, que descrevia o organismo como uma fábrica. René Descartes fez uma distinção entre a representação dos movimentos do corpo, como um sistema de relações mecânicas, e a visão Aristotélica, do corpo como uma máquina, que tem seus comandos feitos pela alma. É justamente esta distinção que separa a representação de Descartes da de Julien Offray de La Mettrie, que via o corpo humano como um relógio de corda que possuía a capacidade de se autorregular.

O problema da reprodução dos movimentos do corpo humano acabou por despertar a criatividade de diversos inventores do final do século XVIII. Fisiologistas materialistas construíam modelos mecânicos de máquinas humanas, denominadas “autômatos”, com o intuito de replicar o movimento e as propriedades mecânicas do corpo humano e animal. Essas máquinas eram a ilustração da semelhança entre a natureza e o poder da razão.

A partir da invenção dos motores à combustão interna, a analogia da máquina humana ou animal começou a ter uma face moderna. A máquina só era capaz de trabalhar quando possuía uma fonte externa. Já o motor era regulamentado por princípios dinâmicos internos, convertendo o combustível em calor e o calor em trabalho mecânico. Dessa forma, o corpo, a máquina a vapor e o universo foram ligados pelo princípio da conservação da energia.

#### **4. Conservação da energia**

O princípio da conservação geral da energia foi enunciado por vários cientistas diferentes, de forma independente e em um período bastante curto, em meados do século XIX. A conservação da energia foi apresentada superficialmente por James Prescott Joule, Júlio Mayer e Sadi Carnot, mas foi a formulação feita por Helmholtz que ofereceu uma explicação menos técnica e mais filosófica, coerente com o significado da filosofia materialista da ciência. Dessa forma, quando Helmholtz fez uma palestra sobre o tema, impressionou a Sociedade Física de Berlim com seu discurso e conseguiu assegurar o triunfo da conservação da energia. Ele colocou a ciência em um novo rumo, dando uma importante contribuição para a época.

Helmholtz fez uma série de analogias para demonstrar que era impossível criar força a partir do nada. Assim, submeteu as leis de Newton do movimento à teoria da conservação de energia e considerou que havia uma única energia que permeia toda a natureza em diferentes formas, que poderia ser transformada em várias outras formas e mesmo assim permanecer constante. Desse modo, a natureza era um grande reservatório de energia, que não poderia ser criada ou destruída.

O filósofo Thomas Kuhn, já no século XX, discute a descoberta do conceito da conservação de energia, que foi feito por mais de 12 cientistas, um trabalhando sem o conhecimento dos outros e todos chegando a conclusões muito próximas. Esse era um exemplo de Descoberta Simultânea. Kuhn identificou três influências externas, que contribuíram para essa descoberta: a invenção da máquina a vapor, o impacto da Filosofia Natural Alemã e a tradição francesa da engenharia no início do século XIX. O motor a vapor demonstrou a importância do calor para a produção de trabalho e promoveu a ilustração do princípio fundamental da conversão da força.

Kuhn argumenta que o conceito moderno de "trabalho" surgiu como o equivalente à energia consumida.

A descoberta da conservação da energia foi influenciada pela preocupação que se tinha com os motores e, da mesma forma, para se obter um cálculo para a conversão da energia, os engenheiros precisavam descobrir o conceito de trabalho. Assim, o conceito de poder produtivo era visto como o poder para executar o trabalho.

A conservação de energia confirmou a unidade de todas as forças Físicas. Assim, ela foi produtiva, na medida em que colocou a metáfora da máquina no centro da explicação científica e com a energia do universo a serviço de uma ordem dedicada à produção de trabalho.

## **5. O universo da energia: os textos de divulgação científica de Helmholtz**

Helmholtz contribuiu com diversas áreas, desde a psicologia, passando pela medicina e pela Física e promoveu a ciência popular. Por meio de suas palestras, trouxe contribuições para a educação alemã, que na época dava ênfase na filosofia e poesia. Nos escritos de Helmholtz, é possível ver que a natureza era definida em termos de energia, uma imagem feita em termos do poder de produzir trabalho. As palestras de Helmholtz demonstravam o significado de energia como uma metáfora do trabalho na sociedade industrial. Ele ainda foi o primeiro a demonstrar explicitamente a equivalência entre o natural, o inorgânico e as concepções sociais do potencial de trabalho.

Em uma de suas palestras, Helmholtz descreve o funcionamento dos autômatos. Para ele, esses mecanismos artesanais representavam uma ilusão do movimento perpétuo. Detalhou, então, um pato autômato criado por Vaucanson e um pianista autômato criado por Jacquet-Droz. Ele comentou que esses inventores não tinham a pretensão de construir um corpo sem fadiga e que, apesar de não pensarem nas qualidades fisiológicas do corpo, poderia haver quem quisesse essas máquinas no lugar dos trabalhadores, pois teriam um corpo de aço imutável e com qualidades morais.

O autor explica que Helmholtz usou, em seu ensaio sobre a conservação da energia, o exemplo da impossibilidade de movimento perpétuo como o meio de



avaliar a sua teoria. O movimento perpétuo era de certa forma a representação do sentimento de resistência ao trabalho que estava presente na sociedade. Porém, surgiu uma imagem de uma nova sociedade, alienada por forças naturais, por concepções de trabalho e pela unificação dos processos mecânicos de produção da sociedade e da natureza, chegando ao conceito de um universo como uma grande máquina produtiva.

Com a descoberta das leis da energia, o trabalho foi visto como um princípio universal da natureza. E com a mudança da linguagem de força mecânica para energia, acabou eliminando a necessidade de um entendimento espiritualizado do trabalho. Para Helmholtz, o trabalho tinha o seu valor atribuído à força gasta através das habilidades envolvidas no processo e não por um produto de tempo e trabalho. Dessa forma, para ele a utilização de máquinas era melhor, pois poderia ter uma produtividade maior e as habilidades humanas só eram necessárias nos trabalhos em que as máquinas não conseguiriam realizar. Helmholtz não faz distinção entre os diferentes tipos de trabalho, uma vez que a energia permanece totalmente indiferente ao seu uso social. Pensava, ainda, que a maior distinção entre a natureza e a sociedade é que na última é necessária uma maior variedade de instrumentos disponível para a produção.

A nova tecnologia da era industrial produziu, assim, uma imagem do corpo humano, cuja origem está no potencial de trabalho. O corpo não se distingue de uma máquina termodinâmica, logo a produção de energia de um trabalhador é a mesma que a de uma usina industrial, ambos representam o potencial de trabalho.

## **6. O primeiro filósofo burguês do potencial de trabalho**

Como Helmholtz não fazia distinções entre o potencial de trabalho de uma máquina, da natureza ou do homem, acabou sendo considerado o primeiro filósofo burguês do potencial de trabalho. Para ele, qualquer gasto de energia produziria trabalho e qualquer trabalho envolveria o consumo de energia. Assim, o trabalho foi reduzido a um fenômeno quantitativo sujeito a um sistema de equivalentes matemáticos.

Helmholtz não deu muita atenção à segunda lei da termodinâmica (que trata sobre a entropia) e, em seu livro de memórias, ele não coloca preocupações com o problema do fluxo de energia. Depois, com a descoberta de Thomson e Clausius de

que essa energia era perdida em calor e transferida para um corpo mais frio, ele reconheceu que, em conversões reais, certas quantidade de energia pode ser utilizada ou até mesmo perdida, mas não na natureza como um todo, o que mantém o seu poder eterno e imutável.

Em seguida, em suas palestras, começou a fazer observações sobre a segunda lei, que indicaria que o seu fluxo era essencialmente irreversível e tendia para a inércia. Foi exatamente esta observação que gerou algumas previsões a respeito da morte térmica do Universo. Mas, segundo Helmholtz, se levasse em conta que o universo é infinito, então ele teria a propriedade de reestabelecer a sua energia, como um movimento perpétuo.

Com as leis da termodinâmica veio o fim da modernidade, superando o universo newtoniano. A Termodinâmica trouxe a imagem de um poder extraordinário, bem como o declínio, a morte e, com a interpretação estática de Ludwig Boltzmann da entropia, a desordem e o caos.

Com isso, a energia e a entropia estavam presentes nas discussões da revolução do século XIX, de um lado um universo estável e produtivista de força original e indestrutível, do outro um sistema irreversível de declínio e deterioração. E a partir dessas discussões, o progresso e o declínio foram incorporados à Física como uma antítese. E na sociedade eles se relacionavam com as concepções de trabalho, produção e desempenho definido contra a ordem decrescente de fadiga, exaustão e declínio.

## **7. Máquinas animais**

As máquinas, que eram construídas por engenheiros, eram consideradas realizações imperfeitas das máquinas biológicas. A partir das máquinas foi possível entender a estrutura do corpo e os processos de pensamento. No final do século XVIII, os fisiologistas estabeleciam uma imagem cada vez mais sofisticada para a máquina animal. Tentavam se juntar à medicina para obter um entendimento maior sobre o funcionamento do corpo e as consequências que as doenças poderiam trazer para o organismo.

Mas foi Lavoisier o primeiro a tentar verificar as características de um motor a vapor no corpo de um animal. Essa máquina animal de Lavoisier possuía uma capacidade de autor regulação, que permitiria produzir e implantar força. Com o

passar do tempo, no século XIX, Lavoisier foi quase esquecido. Naquela época eram os fisiologistas vitalistas que conseguiam maior atenção, com as argumentações sobre os princípios da vida.

Apenas no final de 1840 que os debates sobre as fontes de calor animal renovaram a metáfora da máquina. Pois o impacto dos estudos de Helmholtz e de outras descobertas do materialismo científico ficou marcado na fisiologia e na Física. As ideias acerca da vitalidade foram substituídas pela imagem do corpo baseado na Física, ou seja, na unidade entre matéria e energia. As pesquisas sobre a energia dinâmica do corpo estavam sendo feitas em paralelo com as descobertas sobre os efeitos da luz, do calor, do magnetismo e da eletricidade.

Du Bois-Reymond argumentava que a energia não poderia existir sem a matéria e levou esses conceitos de energia para a fisiologia. Além disso, fez a distinção entre os conceitos antigos e novos da termodinâmica relacionada ao corpo humano. Ele esperava demonstrar a identidade do organismo com as leis Físicas do universo.

Assim, o corpo apareceu como um campo de forças, energias e potencial de trabalho. A metáfora da máquina passou por uma mudança entre o mecanismo de um relógio e o motor a vapor e a potência elétrica. Por fim, a filosofia Natural com a imagem da força vital foi deixada de lado, abrindo caminho para a comparação entre o corpo e as máquinas industriais. Diversos estudos, sobre o corpo humano e conceitos físicos, começaram a surgir a partir da nova orientação dada a fisiologia, agora voltada mais para a pesquisa em laboratórios e para a “ciência pura”.

No final do século XIX, debates e discussões acerca da conservação da energia na máquina humana eram feitas por fisiologistas de toda a Europa, através de revistas científicas. Esses fisiologistas estavam preocupados com a química do metabolismo, especialmente se a energia necessária para o trabalho estava em conformidade com os princípios gerais de transformação de energia. Os princípios da energia também foram aplicados à psicologia e as consequências sociais levaram ao surgimento da neurastenia como o diagnóstico central da patologia mental.

Mesmo com o otimismo de uma síntese entre a evolução e a termodinâmica, a entropia ainda espreitava. No final do século XIX, os fisiologistas estavam ficando desanimados com a “imperfeição” do corpo humano quando comparado a um motor.

Dessa forma, a fadiga se revelava como a perda de energia durante a conversão para a produção social.

## **8. Referências**

O presente texto está apoiado no capítulo 2 do livro *The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity*, de Anson Rabinbach (RABINBACH, Anson. **The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity**. University of California Press. Oakland, 1992).

ANEXO B – Trechos estendidos das citações transcritas das reuniões realizadas nos grupos de estudos.

## TRANSCRIÇÕES DAS REUNIÕES

*NOME FICTÍCIO DOS PROFESSORES:* Paulo; Juliana.

*NOME DA PESQUISADORA:* Maria Lucia de Camargo Linhares.

*DATA DAS REUNIÕES:* 29 de abril de 2014 (primeira reunião); 8 de maio de 2014 (segunda reunião); 12 de maio de 2014 (terceira reunião); 21 de maio de 2014 (quarta reunião).

*LOCAL DAS REUNIÕES:* Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*ABREVIACÕES:* M (Maria Lucia); P (Paulo); J (Juliana).

### PRIMEIRA REUNIÃO

M: Nas aulas de Física, vocês já utilizaram a História da Ciência?

J: Sim, já utilizei.

P: Sim, já utilizei.

J: Abordei quando achei necessário, quando ia falar de algum conceito físico e quando os alunos perguntam quando que conseguiram achar tal coisa. Dai quando isso acontece abre a oportunidade de usar a História, mas infelizmente pela falta de tempo não dá para usar sempre. Acabo limitando a falar sobre a pessoa responsável pela descoberta.

M: Então você usa mais quando os alunos perguntam alguma coisa, dai você fala sobre a História da Ciência.

J: Isto, eu só não uso mais por falta de tempo mesmo.

M: Entendi, e você Paulo?

P: Geralmente eu passo para a eles em forma de trabalho. Antes de iniciar um assunto, peço para que eles pesquisem em casa. Por exemplo, quando fui ensinar sobre as leis de Newton pedi para que eles fizessem um trabalho sobre isso, pesquisando todo o contexto até chegar nessas leis, sobre quem era Newton, onde ele estudou, quem eram as pessoas que ele usou como referência, como Galileu, e como que ele conseguiu formular essas leis, tudo dentro de um

contexto. Pois, só as leis jogadas no quadro não adiantam. Passo o trabalho, pois depois chega na hora de passar o conteúdo e se você só citar em sala de aula eles não vão pegar, se passar o trabalho ou uma avaliação eles leem, é mais para enriquecer a aula. É mais para mostrar para eles que a ciência não é fruto do acaso, que tem toda uma continuidade, alguém que pesquisou, alguém que elaborou, até chegar naquela formulação. Como curiosidade não dá mesmo, se for fazer que tem que ser bem contextualizado para que fique bem completo. Acho que ajuda bastante o aluno entender Física.

M: E vocês acham que usar a História da Ciência é importante para o ensino de Física?

J: Utilizar a História da Ciência dentro das aulas de Física é importante, só que tenho por mim que é preciso saber como usar, se você for usar simplesmente a ato de curiosidade não vai valer nada, não terá sido frutífero seu trabalho. Como tinha falado antes, é difícil de me aprofundar, eu utilizo a História da Ciência mais pelo conceito físico, mas é difícil por conta do tempo.

P: É mais para mostrar para eles que a ciência não é fruto do acaso, que tem toda uma continuidade, alguém que pesquisou, alguém que elaborou, até chegar naquela formulação. Ou que teve grupos de pesquisa que trabalharam ou até mesmo o conceito daquela palavra que usamos agora não era a mesma e com o passar do tempo foi dando significados diferentes e mudando o termo.

M: Vocês percebem nas falas dos alunos um entendimento diferente sobre a Física e o desenvolvimento científico e tecnológico quando abordam um pouco da História da Ciência ?

J: Sim, especialmente quando o aluno está interessado no assunto. A História da Ciência ajuda bastante a contextualizar o que foi feito e mostrar a importância de que a ciência não é algo isolado, não são fórmulas isoladas, mas sim algo que foi construído ao longo do tempo.

P: Acho que se interessam mais nessas aulas quando tem um experimento feito. Discutir o que se queria na época, se queriam uma pesquisa em cima de um instrumento para usar na guerra, ou para enriquecer um país e para o desenvolvimento da indústria, então eu acho que essa parte do contexto enriquece as aulas. Quem eu vejo que se interessa mais por essas aulas são as turmas do terceiro ano, que estão se formando. Eu tive alunos, no ano passado,

que faziam cursinho e lá esses assuntos não eram abordados e nas aulas de Física do colégio as aulas eram mais contextualizadas, pois não eram só as equações jogadas no quadro, então, eles diziam que as aulas na escola eram muito mais ricas.

J: No meu caso, os alunos do primeiro ano são mais interessados, pois tem uma curiosidade maior dos assuntos.

M: É interessante perceber que vocês enxergam uma importância em contextualizar o Ensino de Física para que os alunos não saiam com uma visão determinista da ciência e da tecnologia. Então, é muito bacana ter essas falas agora, que mostram que na verdade vocês contextualizam para que o ensino se torne muito mais rico e com mais significados naquilo que eles estão aprendendo. Bom, então podemos encerrar esta primeira etapa e seguir para a segunda parte da reunião. Agora, eu gostaria de saber o que vocês acharam do texto, se você gostaram, se foi muito difícil, se vocês acham que é uma discussão interessante para as aulas, os comentários mais gerais.

## SEGUNDA REUNIÃO

M: Então, agora podemos começar com o texto do Anson Rabinbach que se chama The Human Motor. Para começar, eu queria saber de vocês como foi a leitura, o que vocês entenderam e o que vocês acharam bacana ou não.

J: O texto traz um aporte da História da Ciência daquela época que é difícil de achar em qualquer outro autor. Então, ele fala da conservação da energia, como ela surgiu, como ela foi impregnada na sociedade daquela época e como a própria sociedade se tornou outra a partir da conservação da energia, como a sociedade começou a se comportar de maneira diferente e se confrontar com o que já existia.

M: E acabou por fortalecer algumas linhas de pensamento que já existiam.

P: Acho legal que ele faz um apanhado geral, ele traz vários autores, mostra o que o homem fazia naquela época, qual era a importância dele ali e faz um apanhado da parte filosófica. Fazendo um apanhado de tudo o que influenciou na época, o que estava gerando vários trabalhos e quem eram os autores e o que estavam escrevendo.

- M: Esse texto, na introdução, mostra um apanhado geral do que será tratado no livro. Por isso eu pedi essa leitura, pois não trabalharemos com o livro inteiro, mas é interessante ler a introdução justamente para saber qual é a linha de pensamento do autor e onde ele está querendo chegar, o que ele pretende mostrar e porque ele fez esse estudo. Ele faz um apanhado bem bacana nessa introdução que é bem densa, ela traz muitas informações.
- J: Mas dá para ver que apesar de ter muitas informações ele fez um apanhado de todo o livro, que deve ter muitas outras informações.
- M: Isso. E daí em cada capítulo ele vai destrinchando aquilo que ele citou na introdução, que para nós o que mais interessa é o capítulo dois e o capítulo seis. Bom, então o autor começa falando sobre a metáfora do motor humano, que foi a visão social de que o corpo era uma máquina termodinâmica.
- J: Que estava sendo dirigida pelas mesmas forças da natureza que uma máquina térmica e sendo o corpo uma máquina, envolvia todas as leis, que seriam a junção da conservação da energia primeiramente, eles queriam achar uma forma de combater a principal doença da época, que era a fadiga.
- M: A fadiga era um grande empecilho para o progresso da industrialização europeia. Nessas falas a gente percebe que a principal motivação era econômica. Eles queriam um maior produtivismo e para isso era preciso que os trabalhadores dessem o seu máximo. E se você pudesse enxergar uma cura para a fadiga seria o máximo da época, pois se o corpo é uma máquina que conserva a energia e transforma a energia em trabalho mecânico, então o que você está cansado aí? Você tem que trabalhar o máximo que puder para que nós tenhamos a maior produção e conseqüentemente ter muito mais dinheiro.
- J: Pois afinal de contas a energia é o que não falta no mundo, então você teria obrigação moral de converter toda a energia em trabalho mecânico, que gera renda.
- M: O autor faz toda a discussão sobre o problema da época com a questão dos mendigos e das pessoas que não gostavam de trabalhar.
- J: Foi uma mudança cultural, pois até então essas pessoas eram toleradas e não se via com olhos ruins, mas teve uma mudança cultural que foi influenciada diretamente pela Revolução Industrial e apoiada pela conservação da energia. Então você tem que começar a trabalhar, pois senão isso é imoral e é um pecado.



P: Acho que essa foi a principal mudança. Você tem que ser útil para a sociedade.

J: Talvez aí seja o ultimo pedaço de Idade Média, pois antes tinha mais uma visão religiosa e partir desse momento a religião não era mais o foco principal, mas sim o trabalho.

M: E antes as coisas eram feitas mais manualmente, era para suprir as necessidades, e agora eles visavam o lucro, era a procura por mais dinheiro.

P: Acho que é até disso que ele começa a discutir a ideia do Taylorismo. A ideia da pessoa trabalhando em empresas, ela vive para isso, a cabeça vira só trabalho e a pessoa vira mesmo uma máquina. Não pensa mais, vira o próprio trabalho.

J: Vira a própria metáfora.

P: Eu quando li sobre o motor fiz um link direto sobre as preocupações com motores. Esse foi o link principal que eu fiz com os dois textos.

M: Bom, os cientistas da época não conseguiam achar uma cura para a fadiga e começaram a desenvolver diversas teorias sobre o estudo da fadiga. Assim, na verdade, a fadiga se tornou quase uma ciência, diversas pessoas de áreas distintas, fisiologistas, médicos, físicos, pesquisando sobre o assunto e como ela poderia ser diminuída para que proporcionasse uma maior produtividade e o progresso tão desejado. Acho que eles ficaram muito fechados nisso e hoje quando a gente vê era uma coisa impressionante, tratar um trabalhador como se fosse uma máquina, o seu corpo é uma máquina e você está aqui para trazer o progresso da industrialização. Tanto é que ele comenta depois sobre as questões trabalhistas e os trabalhadores que se levantaram. Mais pra frente ele parte para a discussão do Helmholtz, sobre a transformação da energia que aconteceu quase junto com a descoberta da entropia. Então, colocam a fadiga como se fosse um tópico da entropia, como se a entropia meio que explicasse o porquê da fadiga do corpo, isso é interessante de pensar. O autor traz também a ideia que surgiu após a descoberta da entropia sobre o fim do mundo, que também foi algo bem forte na sociedade da época que pensava que existia um vazamento de energia e que o mundo iria acabar num grande vazio gelado, sem energia nenhuma por conta da entropia. Na verdade são percepções culturais e sociais que regem esses dois conceitos e trazem discussões que eram muito complexas na época, pois traziam consequências grandes para a sociedade, principalmente a classe trabalhadora. Tanto é que, depois da revolução, a sociedade passou por

uma mudança grande. Eu gostaria de saber de vocês como nós poderíamos trazer alguns tópicos e discussões importantes que ele faz no texto para as aulas de termodinâmica, levando em consideração a complexidade e o volume de informações contidas nele.

P: A gente pode, primeiramente, ver que toda a descoberta vai causar algum impacto, seja para aproveitar isso para o produtivismo empresarial ou para motivar a sociedade a seguir um rumo diferente. Acho que a parte dessa descoberta científica traria impacto, seria uma discussão de que forma a sociedade iria reagir ou da forma que iriam receber esses conceitos.

J: No caso, poderia tranquilamente substituir uma aula sobre a primeira lei da termodinâmica por uma discussão sobre esse livro. Pois, esse livro traz a evolução dos conceitos através da história, ele vai contando como surgiu o conceito, o trabalho mecânico, com os engenheiros franceses, que eles começaram a classificar as máquinas devido a sua potência, que hoje seria o trabalho, ou como o texto diz Labor Power, e o surgimento dos primeiros conceitos e como eu posso classificar as máquinas de acordo com o seu trabalho e de acordo com o seu potencial produtivo.

M: Isso é interessante, pois a gente vê como foi a evolução desse conceito de potencial de trabalho. Primeiramente ele era utilizado como uma classificação de potencial de trabalho das máquinas e, com essa metáfora e os estudos da fadiga, o potencial de trabalho se tornou algo mais abrangente, porque a sociedade, as indústrias e a natureza foram unificadas, por esse conceito. O potencial de trabalho acabou sendo um conceito que ilustrava o gasto e a implementação da energia como uma oposição à vontade humana e a moral das pessoas. Então se tornou algo muito perigoso, pois começaram a ver os trabalhadores exatamente como uma máquina e cada um com o seu potencial de trabalho, com a sua classificação. Essa é uma discussão muito bacana para ver a evolução do pensamento da época.