

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UMA ABORDAGEM CTS DAS MÁQUINAS TÉRMICAS NA  
REVOLUÇÃO INDUSTRIAL UTILIZANDO O RPG COMO RECURSO  
DIDÁTICO**

**Diego Ricardo Sabka**

**PORTO ALEGRE  
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UMA ABORDAGEM CTS DAS MÁQUINAS TÉRMICAS NA  
REVOLUÇÃO INDUSTRIAL UTILIZANDO O RPG COMO RECURSO  
DIDÁTICO**

**Diego Ricardo Sabka**

Trabalho de Conclusão realizado sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Lima Junior e coorientação do Prof. Dr. Alexandro Pereira de Pereira, elaborado como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**PORTO ALEGRE  
2016**

À minha mãe, que com o seu esforço me proporcionou toda a educação que recebi

## **AGRADECIMENTOS**

Ao prof. Paulo Lima Junior, meu orientador, por ser um exemplo de vida, de pessoa e de profissional. Um amigo que na sua forma sorridente sempre me motivou, acreditando no meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao prof. Alexsandro Pereira de Pereira, meu orientador, pelas reuniões, contribuições e cafés em sua sala.

À prof. Eliane Veit, por ser uma pessoa tão amável e dedicada no que faz. Sempre solícita em me atender não importando a ocasião e o horário.

Aos meus colegas da pós-graduação, pelos inúmeros auxílios, principalmente em Mecânica Quântica, e conversas no bar do Antônio.

À minha família e amigos de uma forma geral, pela compreensão na minha ausência devido às obrigações acadêmicas.

À minha namorada, companheira e amiga, que compartilhou comigo os altos e baixos do desenvolvimento de um trabalho de pós-graduação, sempre me abraçando e me incentivando.

*For millions of years mankind lived just like animals*

*Then something happened*

*Which unleashed the power of our imagination*

*We learned to talk*

Stephen Hawking (*Keep Talking* – Pink Floyd)

## RESUMO

O Ensino de Física em um mundo democrático requer mais práticas curriculares que abordem as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia (C&T). Buscando articular uma visão marxista com pressupostos do movimento CTS, o presente trabalho de conclusão reporta uma experiência de ensino de máquinas térmicas que apresenta dois diferenciais: (1) situa a máquina térmica no contexto histórico da revolução industrial inglesa; (2) promove um jogo de interpretação de papéis (*Roleplaying Game – RPG*). A fundamentação teórica está baseada em três fontes principais: o referencial curricular CTS, a teoria do desenvolvimento de Lev Vygotsky<sup>1</sup> e a reconstrução histórica de Eric Hobsbawm para a Revolução Industrial. O trabalho foi aplicado em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio. Foi elaborado um produto educacional em hipermídia, voltado para professores. Nossos resultados sugerem que a proposta favoreceu que os alunos: (1) percebessem que a máquina térmica, situada em um palco de conflitos sociais, não pode ser compreendida somente como um aparato tecnológico; (2) vivenciassem os conflitos de uma posição social diferente da sua própria (a posição do operário de uma fábrica, por exemplo).

**Palavras-chaves:** CTS, RPG, Marxismo, Máquinas Térmicas, Revolução Industrial.

---

<sup>1</sup> O nome de Vygotsky sofreu inúmeras traduções equivocadas. Optamos por manter a grafia original de seu nome.

## **ABSTRACT**

Physics teaching in a democratic world requires more curricular practices addressing social implications of Science and Technology (S&T). Intending to interweave a Marxian stance along with STS ideas, this text reports an experience of teaching thermal machines with two main distinctions: (1) it situates thermal machines in the context of British industrial revolution; (2) it involves a Roleplaying Game (RPG). The theoretical framework is based on three sources: STS curriculum design, Lev Vygotsky's developmental psychology and Eric Hobsbawm's account for Industrial Revolution. This experience was enacted twice with high school students. The emerging educational product (directed to other science teachers) was elaborated on hypermedia. The results suggest that this experience favored students': (1) acknowledging that thermal machine, located in a stage of social conflicts, is not only a technological apparatus; (2) lived the conflicts of a different social position (eg., the role of an industry employee).

**Keywords:** STS, RPG, Marxism, Thermal Machines, Industrial Revolution.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1	ESCOPO E METODOLOGIA	15
2.2	JOGOS CLÁSSICOS	16
2.3	JOGOS DE TABULEIRO	18
2.4	DINÂMICAS DIFERENCIADAS	19
2.5	JÚRI SIMULADO	21
2.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA	22
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>24</b>
3.1	O MOVIMENTO CTS NO BRASIL	25
3.2	MATRIZ STRIEDER	30
3.2.1	RACIONALIDADE CIENTÍFICA	30
3.2.2	DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	33
3.2.3	PARTICIPAÇÃO SOCIAL	35
3.3	CTS E O PENSAMENTO MARXISTA	36
3.4	VYGOTSKY COMO AUTOR MARXISTA	39
3.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	43
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL SÓCIO-HISTÓRICO</b>	<b>45</b>
4.1	MUDANÇAS SOCIOECONÔMICAS DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	46
4.1.1	PRIMEIRA ETAPA (1750 – 1840)	46
4.1.2	SEGUNDA ETAPA (1840 – 1960)	51
4.2	IMPLICAÇÕES DE C&T NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	53
4.3	O COMEÇO DO DECLÍNIO	55
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO	57
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA</b>	<b>59</b>
5.1	O <i>ROLEPLAYING GAME</i>	59
5.2	DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA	62
5.3	CRONOGRAMA DE AULAS	66
5.3.1	AULA 1	69
5.3.2	AULA 2	69
5.3.3	AULA 3	70
5.3.4	AULA 4	70



5.3.5	AULAS 5-6	71
5.3.6	AULA 7	71
5.3.7	AULAS 8-9	72
<b>5.4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>74</b>
<b>6.1</b>	<b>APLICAÇÃO NA TURMA 202</b>	<b>74</b>
6.1.1	AULA 01 – 21/10/2014	75
6.1.2	AULA 02 E 03 – 23/10/2014	76
6.1.3	AULA 04 – 4/11/2014	78
6.1.4	AULA 05 – 11/11/2014	80
6.1.5	AULA 06 E 07 – 13/11/2014	80
<b>6.2</b>	<b>APLICAÇÃO NA TURMA 201</b>	<b>83</b>
6.2.1	AULA 01 – 22/10/2014	83
6.2.2	AULA 02 E 03 – 24/10/2014	84
6.2.3	AULA 04 – 05/11/2014	87
6.2.4	AULAS 05 E 06 - 07/11/2014	88
6.2.5	AULA 07 – 12/11/2014	91
6.2.6	AULA 08 E 09 – 14/11/2014	94
<b>6.3</b>	<b>RECURSOS E LIMITAÇÕES DA PROPOSTA DIDÁTICA</b>	<b>97</b>
<b>6.4</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>100</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>102</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICE A – Jornal 01, referente à exaltação do desenvolvimento tecnológico.</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICE B – Jornal 02, referente à comparação entre a potência animal e das máquinas a vapor.</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE C – Jornal 03, referente à eficiência proporcionada pelo condensador de Watt.</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE D – Jornal 04, referente à competitividade trazida pela industrialização.</b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE E – Material introdutório da dinâmica aos estudantes.</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE F – Material disponibilizado para o grupo de cientistas/técnicos do motor a vapor de Newcomen.</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE G - Material disponibilizado para o grupo de cientistas/técnicos do motor a vapor de Watt.</b>	<b>120</b>

<b>APÊNDICE H – Ata de reuniões fornecida para os empresários.</b>	<b>_____ 122</b>
<b>APÊNDICE I – Carta apresentada aos trabalhadores escrita por Ludd.</b>	<b>_____ 123</b>
<b>APÊNDICE J – Cronograma de atividades a serem entregues/apresentadas pelos alunos para o professor ao longo da dinâmica.</b>	<b>_____ 124</b>
<b>APÊNDICE K – Material sobre potência, onde as questões foram resolvidas pelos grupos de trabalho da dinâmica (uma máquina para cada).</b>	<b>_____ 125</b>
<b>APÊNDICE L – Material sobre eficiência fornecido para os alunos.</b>	<b>_____ 129</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa o desenvolvimento de um produto educacional voltado para professores sobre o conteúdo de máquinas térmicas no contexto sócio-histórico da Revolução Industrial. É importante dizer que utilizamos um jogo, o *Roleplaying Game* (RPG), enquanto recurso didático para articular em sala de aula as discussões envolvendo as diferenças entre classes na implementação de Ciência e Tecnologia (C&T), no caso, da máquina a vapor. Essas reflexões podem ser consideradas de grande importância para o Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Mas para melhor compreendermos o produto educacional desenvolvido, precisamos anteriormente entender que o Ensino de Física é uma área em constante estudo e ampliação. Dessa forma, muitos desses estudos dizem respeito a *como devemos ensinar* os conteúdos da disciplina, visando otimizar o desempenho dos alunos na aula de Física. Essas pesquisas se direcionam às teorias tradicionais de currículo, em que o *como ensinar* encontra-se a frente do *que ensinar* (SILVA, 1999).

O currículo tradicional de Física está tipicamente orientado à otimização do aprendizado do aluno. Esse currículo tradicional, construído nos Estados Unidos próximo da década de 20, foi estruturado com base em um sistema fabril, preocupado como a sistematização de resultados educacionais (rigorosamente especificados e medidos). Não é exagero dizer que, sob esse tipo de organização escolar, os estudantes são processados como um produto de fábrica (SILVA, 1999).

Adotando outra perspectiva, as teorias críticas e pós-críticas de currículo enxergam relações de poder na escolha de um currículo (SILVA, 1999). Isso porque o currículo está intrinsecamente ligado ao que queremos para um cidadão – e o desenho do cidadão que queremos formar é, no mínimo, tão disputado quanto o modelo de sociedade em que desejamos viver. Com tudo isso, as decisões envolvendo o currículo escolar são questões fundamentalmente políticas. Quando paramos de questionar por que razão ensinamos *o que* ensinamos, tomando essa pergunta como respondida, e nos preocupamos somente com a questão das técnicas de ensino (*como* ensinar), assumimos implicitamente que o modelo de pessoa que queremos para a sociedade corresponde ao modelo de trabalhador industrial (op. cit.). De fato, podemos sustentar diferentes concepções de cidadania (TOTI et al, 2009) e,

com ela, diferentes modelos de cidadãos compondo a sociedade. O cidadão fabril é apenas um modelo entre muitos outros que podemos almejar.

Enquanto produtores de conhecimento em Ensino de Física, sabemos que mudanças curriculares são difíceis e envolvem muito debate político em um amplo espectro de níveis hierárquicos – desde as altas esferas do estado até as relações mais imediatas professor-aluno-escola. Consciente de assumir uma posição nessa rede complexa de relações de poder, este trabalho propõe, realiza e avalia uma prática educacional factível de ser inserida dentro do currículo atual da disciplina de Física, mas que se distancia da teoria curricular tradicional, aproximando-se das teorias críticas e pós-críticas.

Nesse sentido, precisamos refletir e, com isso, delinear as razões que nos levam a ensinar *o que* ensinamos. Que propósito perseguimos ao ensinar física? Que qualidades esperamos ver nos cidadãos que passam pela nossa sala de aula? Considerando a disciplina de Física, almejaremos a educação de *um cidadão que esteja mais apto a se posicionar política e criticamente frente a decisões envolvendo a Ciência e a Tecnologia* dentro de um contexto social. Essa tomada de posição sobre o ensino de Física será o eixo condutor de toda a prática que apresentamos neste trabalho.

Com essa tomada de posição, temos uma concepção do que ensinar: *queremos ensinar nossos alunos de Física a se posicionar política e criticamente frente ao desenvolvimento da C&T e suas implicações sociais*. Respondida essa questão, podemos partir para a próxima questão: *como ensinar?* Para a resposta dessa segunda pergunta, buscamos estabelecer diálogo com o Movimento CTS, que, no Ensino de Física, tem se preocupado com as discussões envolvendo os impactos sociais trazidos pela C&T.

O Movimento CTS surge no cenário internacional como um movimento de democratização da ciência na década de 60 e ganha força nos anos 70. Os desastres nucleares e a corrida armamentista desse período foram dois dos fatores mais importantes de incentivo por uma organização democrática dos cidadãos nas decisões envolvendo a C&T. O papel central do Movimento é uma posição crítica sobre a C&T observando o contexto social em que ela é desenvolvida.

Como era de se esperar de um movimento que tem em sua base a democratização, o Movimento CTS possui inúmeras vertentes políticas. Dentro das vertentes CTS existentes no Ensino de Ciências temos alguns discursos centrais. Um

desses discursos é o da necessidade de reformar o Ensino de Ciências primando pela crítica da neutralidade do discurso científico e de sua visão tecnocrática (cf. CERESO, 1998; AULER; DELIZOICOV, 2001). Aikenhead (1994), destaca a importância do desenvolvimento de habilidades e valores nos educandos para uma participação democrática e responsável em decisões sobre C&T com impactos sociais. No Ensino de Ciências, ele pode ser fundamentalmente compreendido como um movimento de *reforma curricular*, como o que almejamos neste trabalho, nos distanciando do currículo tradicional da disciplina de Física.

Fazendo oposição ao currículo tradicional, as teorias críticas de currículo sublinham a importância de levar para a sala de aula uma *mudança ideológica* (SILVA, 1999). Essa mudança não deve servir apenas para a reprodução do conhecimento escolar enquanto uma forma de ajuste do aluno à sociedade. Essa mudança ideológica deve fazer com que o aluno se enxergue enquanto sujeito de uma sociedade onde existem diferentes grupos sociais. Mais do que isso, é esperado que o estudante, por meio dessa mudança ideológica, se torne um cidadão engajado na democracia. Como um exemplo, os conhecimentos passados para os alunos na disciplina científicas não devem ser unicamente técnicos. Essa visão tecnicista demonstra a aplicabilidade social dos conteúdos, mas não questiona impactos sociais da ciência, tais como os que o Movimento CTS almeja discutir. Tão pouco, essa visão tecnicista discute as implementações em C&T que afetam os grupos sociais de formas diferentes.

As teorias críticas de currículo buscam levar para a sala de aula uma visão crítica sobre o capitalismo e sobre como as diferentes questões de classe social se inserem no contexto escolar (SILVA, 1999). Lima Junior et al. (2014) abordam uma linha marxista de CTS, em que a C&T contribuem para a manutenção da exploração capitalista. Levando em conta essas considerações, acreditamos que a sala de aula deva servir *também* como um ambiente em que o aluno possa refletir e discutir sobre os impactos sociais da C&T em uma sociedade de classes. Dessa forma, consideraremos uma mudança no espaço tradicional da sala de aula, dando lugar a uma dinâmica que valorize a discussão entre os educandos.

Samagaia e Peduzzi (2004) fizeram uso do *Roleplaying Game* para valorizar o debate CTS em sala de aula em uma simulação em que os estudantes interpretavam diferentes papéis. No caso, o conteúdo abordado pelos autores foi a física nuclear, utilizando como contexto o projeto Manhattan. De fato, Vygotsky (2007) considera a

importância do jogo na educação. Isso porque, ao jogar, o aluno experimenta uma realidade que nem sempre condiz com a sua, necessitando buscar referências que o auxiliem a se estabelecer dentro das regras dessa realidade, do jogo. Dessa forma, o estudante se insere dentro da chamada *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP). Além disso, Vygotsky (2007) valoriza as relações desenvolvidas entre os educandos no aprendizado, porque considera que esse aprendizado se dá inicialmente em um contexto social para só depois se desenvolver em um plano intrapsicológico. Essa visão vygotskyana de ensino está de acordo com o espaço de debates CTS que almejamos criar em sala de aula. Dessa forma, em nosso trabalho, optamos por esse referencial psicopedagógico.

Dito isso, considerando um referencial teórico vygotskyano, desenvolveremos uma dinâmica, inspirada em Samagaia e Peduzzi (2004), utilizando o RPG enquanto recurso educacional e valorizando as discussões CTS na sala de aula. Diferentemente do trabalho de Samagaia e Peduzzi (op. cit.), nossa dinâmica utiliza como contexto a Revolução Industrial e o conteúdo abordado é o das máquinas térmicas, como dito anteriormente. É importante salientarmos que o conteúdo deve servir em prol das discussões CTS quando consideramos uma teoria de currículo crítica.

Para o desenvolvimento dessa dinâmica, levamos em conta as seguintes questões-foco:

- (1) *De que maneira podemos levar para a aula de Física um dinâmica que evidencie uma reflexão das diferenças entre classes sociais na implementação de C&T?*
- (2) *Em que medida essa dinâmica modifica as concepções dos estudantes sobre a C&T servindo para a diferenciação entre classes sociais?*

Para o desenvolvimento dessa dinâmica, realizamos uma revisão da literatura, apresentada no capítulo 2, considerando o uso dos jogos no ensino de Ciências. A saber, buscamos observar quais tipos de jogos contribuem para a formação de um cidadão crítico frente a implementação da C&T.

Nos capítulos 3 e 4, construímos nosso referencial teórico sobre três alicerces articulados:

- (1) Como marco psicopedagógico, baseamo-nos na teoria de Vygotsky em vista de uma aprendizagem conduzida por um jogo, o RPG, que estimula a interação entre os seus participantes.

- (2) A literatura do movimento CTS cumpre, neste trabalho, a função de referencial curricular na medida em que nos orienta a organizar e conduzir uma prática de ensino de Física centrada em problemas sociais.
- (3) Ao considerar o contexto histórico específico do desenvolvimento das máquinas térmicas na revolução industrial inglesa, percebemos a importância de adotar um referencial sócio-histórico, que é uma forma de compreendermos melhor as relações interespecíficas desse período, principalmente relacionada à transformação social.

Dessa forma, considerando a linha marxista adotada para este trabalho de conclusão, onde evidenciamos essa linha nos trabalhos de Vygotsky e do Movimento CTS, optamos pela escolha do autor Hobsbawm como referencial sócio-histórico, conhecido historiador marxista.

O capítulo 5 descreve o desenvolvimento da dinâmica, enquanto que o capítulo 6 aborda os fatos ocorrido durante a aplicação dessa em sala de aula. Finalizamos no capítulo 7 discutindo os conhecimentos para a área de Ensino de Física trazidos durante o desenvolvimento desse trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O âmbito escolar é, além de um local de saberes disciplinares, um espaço de vivências e de socialização. Desde a emergência da democracia brasileira na década de 80, tem se difundido e consolidado o entendimento de que a educação básica deva estar prioritariamente comprometida em *formar cidadãos*. Caminhando nessa direção, a perspectiva da *educação científica para a cidadania* tende a guardar alguma distância dos compromissos *propedêuticos*, *transmissivos* e *disciplinares* que caracterizam o ensino tradicional de Física. No entanto, o propósito de “formar cidadãos” fica preocupantemente indeterminado na medida em que não especificamos o modelo de cidadão que se pretende formar. Afinal, os cidadãos que temos em vista nas nossas práticas de ensino de Física podem ser muito diferentes uns dos outros (TOTI et al., 2009).

Por exemplo, o cidadão que formamos em nossas práticas de ensino de Física pode ser simplesmente uma pessoa competitiva e mais bem qualificada para trabalhar no mercado tecnológico e científico. Poderia ser, ainda, uma pessoa capaz de perceber a presença da Física em situações do seu cotidiano, que é, possivelmente, um dos aspectos mais valorizados pelos professores em suas didáticas. Esse cidadão poderia ser, também, uma pessoa capaz de estabelecer relações interdisciplinares e interpessoais produtivas (de diálogo e de colaboração) na sociedade do conhecimento. Finalmente, o cidadão desejado poderia ser uma pessoa mais capacitada para interferir de maneira crítica e qualificada em questões tecnológicas e científicas que envolvam a sociedade. Esse último modelo de cidadão pode ser apontado como uma tendência contemporânea do Movimento CTS (cf. TOTI et al., 2009). Evidentemente, esses diferentes *modelos de cidadão* nem sempre coincidem e tomar consciência dessas diferenças pode ser crucial para percebermos que quando falamos em um ensino de Física para “formar cidadãos” podemos estar sustentando posições muito diferentes. Essas diferenças surgem em diversos trabalhos publicados, como Toti et al. (2009) discutem em seu trabalho. O Movimento não apresenta uma definição clara para o conceito de cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2002; TOTI et al., 2009). Além disso, cabe dizer que mesmo quando nos posicionamos sobre o tipo de cidadão que queremos formar, é possível evidenciarmos, por vezes, em nossas práticas didáticas habilidades de outras concepções de cidadania.



Neste capítulo apresentamos uma revisão da literatura sobre como os jogos têm sido aplicados no ensino de Ciências. De fato, essa revisão está inspirada na teoria de Vygotsky, segundo a qual o brincar/jogar desempenha um papel fundamental no desenvolvimento uma vez que "o brinquedo cria uma zona de desenvolvimento proximal" (VYGOTSKY, 2007, p. 122). Mais do que facilitarem a comunicação e a interação entre os educandos, jogos educacionais (principalmente os que envolvem um mecanismo de decisão) podem funcionar como meio para a formação de um cidadão mais reflexivo sobre a vida política e mais capaz do efetivo exercício da democracia no que diz respeito às questões sócio-científicas.

Dito isso, não poderíamos deixar de lançar a seguinte questão que orientará a revisão: *Em que medida os jogos educacionais têm funcionado como uma alternativa efetiva para nos distanciarmos do ensino de Física propedêutico em direção à formação científica de cidadãos críticos e envolvidos no exercício da democracia?*

Com o propósito de responder a essa questão, o presente capítulo reporta uma revisão da literatura sobre a aplicação de jogos no ensino de ciências. A saber, essa revisão foi apresentada nas sessões orais do XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (XV EPEF), em outubro de 2014, sob o título *Jogos na Educação Científica para a Cidadania: Uma Análise da Produção Acadêmica Recente* (SABKA; LIMA JUNIOR; PEREIRA, 2014). Além disso, foi apresentada em uma versão preliminar nas sessões orais do GIREP/MPTL 2014, em Palermo na Itália, sob o título *Role Playing Game as a Tool for the STS Approach to Science Education and Physics Teaching* (SABKA; LIMA JUNIOR, 2014).

Respeitando-se o escopo definido para esta revisão, foram encontradas 15 publicações recentes sobre uso de jogos nos mais diversos contextos do ensino de ciências. Buscamos verificar, nessas publicações, os tipos de jogos e os seus objetivos pedagógicos, assim como as disciplinas que mais os utilizam. Além disso, o presente capítulo também encaminha uma discussão sobre quais tipos de jogos podem ser um recurso para uma formação política.

## 2.1 ESCOPO E METODOLOGIA

A pesquisa teve como escopo artigos publicados entre 2008 e 2013 em revistas selecionadas da área de Ensino. A saber, foram consideradas: (1) Revista Brasileira de Ensino de Física; (2) Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências; (3)

Investigações em Ensino de Ciências; (4) Experiências em Ensino de Ciências; (5) Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; (6) Caderno Brasileiro de Ensino de Física; (7) *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*; (8) *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*.

Nessas revistas e nesse período, buscamos por artigos que reportassem experiências práticas do uso de jogos didáticos em salas de aula de ciências na educação básica. A estratégia utilizada para identificar tais artigos começou pela inserção da palavra “jogo” nas ferramentas de busca. Dentre os artigos rastreados por esse procedimento, foram descartados aqueles cujas referências à palavra “jogo” foram periféricas ou que não possuíam muitas informações sobre a atividade. Cabe lembrar que *jogo* é uma flexão do verbo jogar e, como uma ação, essa palavra surge em diversos trabalhos de Física em língua portuguesa. Não existe um sinônimo adequado em nossa língua para o substantivo jogo, quando muito podemos utilizar a palavra brinquedo.

No caso das revistas que publicam atas de evento, os trabalhos relevantes encontrados nesse tipo de publicação não foram eliminados. Além disso, foram eliminados os jogos situados enquanto objetos educacionais, como, por exemplo, simulações. Isso porque o estudo dos objetos educacionais é uma área bem definida no ensino de Física e buscávamos jogos diferentes dos dessa área.

Para facilitar a análise desta revisão, os artigos foram classificados quanto ao tipo de jogo: (1) jogos clássicos; (2) jogos de tabuleiro; (3) dinâmicas diferenciadas e (4) júri simulado. Também organizamos, secundariamente, quanto ao objetivo didático e à disciplina de aplicação. Com base nessas informações, discutimos como e com que intuito os jogos são usados nas dinâmicas de sala de aula e também analisamos como as disciplinas estão fazendo uso deste recurso didático.

## 2.2 JOGOS CLÁSSICOS

Alguns tipos de jogos que aparecem na nossa revisão da literatura são do tipo *quiz*, memória, forca e palavras cruzadas. Por simplicidade, os denominamos *jogos clássicos*. Encontramos nesta categoria os jogos sendo utilizados como organizadores de conhecimentos prévios e, além dessa forma, como abordagem, revisão e avaliação de conteúdos.

Em uma aplicação desse tipo de jogo, temos uma forma de auxílio no desenvolvimento de atividades futuras, como uma forma de organizador de conhecimentos prévios, com o jogo do estilo “passa ou repassa” (TAXINI et al., 2012). Essa intervenção envolveu o conteúdo de Estações do Ano na disciplina de Ciências em uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental (EF). Neste jogo os alunos são divididos em dois grandes grupos e podem responder à pergunta feita pelo professor ou passar para o outro grupo.

Os jogos clássicos de memória, força e palavras cruzadas são abordados em uma sequência didática, com o objetivo didático de abordar/revisar o tema de Reprodução e Sexualidade nas aulas de Ciências do 8º ano do EF, mais especificamente para os conteúdos de sistema reprodutor masculino, sistema reprodutor feminino e envolvendo partos, gêmeos bivitelinos e univitelinos (OLIVEIRA; FARIA, 2011).

Temos uma aplicação com enfoque na avaliação, que é discutida dentro da disciplina de Química com o jogo de palavras cruzadas (BENEDETTI FILHO et al., 2013). Nessa aplicação dos jogos, os alunos do 1º ano do Ensino Médio (EM) foram avaliados nos conteúdos de Periodicidade Química e Ligações Químicas, enquanto que no 2º ano do EM os conteúdos avaliados foram de Reações de Oxirredução e Pilhas e Baterias. Esta aplicação gerou ambiguidade quanto à aceitação dos alunos, sendo recebido com entusiasmo pelos alunos do 2º ano e com reclamações pelos do 1º ano. Cabe ressaltar que esta avaliação não foi única e acabou sendo complementar à prova, demonstrando uma insegurança neste novo instrumento avaliativo. Apesar de apresentar um recurso avaliativo diferente, no artigo o jogo ocupa apenas o status de atividade lúdica.

Podemos observar que o jogo cumpre diferentes objetivos didáticos nas aplicações de jogos que denominamos como clássicos. Ele pode ser tanto um organizador de conhecimentos prévios, um recurso para a abordagem de conteúdos ou um instrumento avaliativo. Mas, em todos estes objetivos didáticos, o jogo está inserido em uma ou outra etapa do ensino tradicional, preocupando-se apenas com o lado lúdico e, quando muito, se preocupa com a formação de um cidadão competitivo e com facilidade de socialização.

### 2.3 JOGOS DE TABULEIRO

Apesar de ser um tipo de jogo clássico, separamos os jogos de tabuleiro desses, porque são os que aparecem com a maior quantidade de aplicações didáticas na literatura (perfazendo um total de cinco trabalhos). Eles aparecem na literatura com objetivos didáticos diferentes, mas surgem principalmente como *revisão de conteúdos*. Podemos observar uma utilização deste objetivo didático no jogo “Kronus” (BRAGA; MATOS, 2013), onde os alunos viram investigadores de uma troca na maternidade e revisam os conteúdos de genética estudados nas aulas de Biologia. É possível que tal aplicação facilite o processo de construção de conhecimentos, treinando habilidades já estudadas e aprofundando questões importantes. Na mesma direção, utilizando o jogo de tabuleiro como estratégia de revisão de conteúdos, encontramos artigos que discutem a revisão dos conteúdos de zoologia na disciplina de Ciências do 7º ano do EF (SANTOS; GUIMARÃES, 2010) e de atomística também na disciplina de Ciências do 9º ano do EF (CASTRO; COSTA, 2011). Com exemplos como esses, podemos observar que alguns jogos têm sido empregados, ao final de uma unidade de ensino tradicional, substituindo exercícios de fixação (BRAGA; MATOS, 2013).

Evidentemente que os jogos de tabuleiro não são utilizados unicamente para a revisão de conteúdos. Em um objetivo didático de abordagem de conteúdos o jogo de tabuleiro é aplicado dentro da disciplina de Ciências para o conteúdo de processo inflamatório (ANTUNES; SABÓIA-MORAIS, 2010). Um outro objetivo didático está na intervenção reportada por Siqueira et al. (2013), que aplicam o jogo de tabuleiro para debater de forma lúdica e crítica um tema da realidade social do município de Salinas – MG, relacionada à Cadeia Produtiva da Cana-de-Açúcar. O município é pobre e a cachaça e seus derivados formam o principal produto para a economia da região. A aplicação deste jogo se deu em cursos de capacitação para professores e nas séries finais do EF, do 6º ao 9º ano, em escolas públicas da região onde os alunos possuíam algum contato familiar aos aspectos da Cadeia Produtiva da Cana-de-Açúcar.

É possível observar que os jogos de tabuleiro estão cumprindo, em sua maioria, um papel de técnica de otimização do ensino tradicional, seja como revisão de conteúdos, ou ainda, como abordagem de conteúdos, pouco comprometidos com o propósito de educar os jovens para o exercício da cidadania. Apenas um dos cinco trabalhos envolvendo esse tipo de jogo que encontramos (SIQUEIRA et al., 2013) está

preocupado com uma formação cidadã nos termos que ensaiamos no presente trabalho. Porém, como será possível perceber ao longo desta revisão, os jogos de tabuleiro são uma ferramenta restrita, principalmente no que diz respeito à análise de diferentes perspectivas sociais.

## 2.4 DINÂMICAS DIFERENCIADAS

As dinâmicas diferenciadas surgem como o segundo tipo de jogo que mais aparece em publicações nesta revisão da literatura, com quatro artigos encontrados. Estas dinâmicas normalmente envolvem algum tipo de competição e as denominamos assim por serem muito específicas. Esta especificidade pode ser observada em Vargens e El-Hani (2011), que adaptam uma atividade prática e lúdica do ensino de Biologia, denominada originalmente de *CLIPBIRDS*. A atividade original foi desenvolvida na Universidade da Califórnia, em Berkeley – EUA, e é utilizada para o estudo das relações interespecíficas no conteúdo de ecologia. Nessa adaptação, é enfatizada a evolução darwiniana e, para tanto, os alunos utilizam cliques de diferentes tamanhos que representam bicos de pássaros e, com rodadas de curta duração, devem utilizar esses para pegar diferentes objetos espalhados pela sala, que representam a comida. Com base na diferença entre os cliques e na competição, os autores explicam a evolução darwiniana. Sendo assim, temos mais uma vez um objetivo didático de abordagem de conteúdos, ou seja, o jogo novamente cumpre o papel de técnica de ensino-aprendizagem e não o de recurso formador da cidadania.

Outras formas de dinâmicas diferenciadas encontradas na literatura são as gincanas (BENEDETTI FILHO et al., 2011), os debates competitivos (MATHIAS; AMARAL, 2010) e o denominado ‘jogo da pizza’ (LUZ; OLIVEIRA, 2008). Nesse último artigo, os alunos do 8º ano do EF iniciam o estudo de Alimentos e à Nutrição organizando os conhecimentos prévios através de uma dinâmica não competitiva entre duplas denominada ‘jogo da pizza’. Nesta dinâmica, os alunos preenchem um prato de papelão, que representa a pizza, com cartões que correspondem aos ingredientes (incluindo os respectivos valores nutricionais) de forma que possam montar os seus sabores favoritos de pizza. Em seguida, é estabelecido um ‘placar alimentar’, que consiste na quantidade de cada ingrediente utilizado. O artigo não explicita o objetivo didático da intervenção, mas, como é aplicado na primeira aula de

uma sequência didática, antes da abordagem do conteúdo, podemos entender como uma forma de organização dos conhecimentos prévios.

Em contrapartida, Mathias e Amaral (2010) deixam bem claro o objetivo didático do seu jogo, que é a discussão de questões sócio-científicas. Na intervenção reportada por esses autores, os alunos precisam pesquisar sobre o conteúdo de hidrocarbonetos, na disciplina de Química, para jogarem o jogo denominado “Petróleo”. Nesse jogo, os alunos são organizados em grupos que debatem de forma competitiva sobre questões envolvendo aspectos sociais, políticos, ambientais e energéticos dentro do tema proposto. Após o debate, os demais alunos que observaram a atividade decidem qual foi a melhor equipe no debate e ela acumula pontos em vista dessa avaliação. Esse objetivo evidencia o caráter discutido anteriormente do jogo como um recurso de reflexão formador de cidadãos, porque está preocupado com as relações entre os conteúdos científicos discutidos em sala de aula e os impactos tecnológicos e sociais da Ciência.

A gincana, que é mais um tipo de jogo competitivo, aparece no artigo de Benedetti Filho et al. (2011), onde os alunos revisam conteúdos da disciplina de Química, resolvendo tarefas em uma reserva ecológica. Não ficam claros os conteúdos trabalhados e também não existem informações sobre as tarefas, mas a dinâmica em si é abordada de forma clara no artigo. Nela, os alunos são separados em equipes e contam com o auxílio de uma bússola para localizar as tarefas e com um rádio para se comunicar com os colegas em uma base, que podem pesquisar sobre os assuntos das tarefas.

Os jogos competitivos, como os abordados no debate competitivo (MATHIAS; AMARAL, 2010) e na gincana (BENEDETTI FILHO et al., 2011) podem ser um facilitador do aprendizado. Mas, em contraposição, estes jogos podem favorecer desentendimentos entre colegas. Dessa forma, além de complicarem as relações interpessoais de uma turma, a competição acaba por favorecer o modelo de cidadão competitivo. Com isso, mesmo um jogo que busque uma reflexão sócio-científica para a formação do cidadão, como o apresentado por Mathias e Amaral (2010), pode acabar por comprometer o seu objetivo se promover disputas entre os alunos. De fato, quando lidamos com jogos educacionais dificilmente conseguimos fugir de disputas. Aliás, as discussões dessas disputas podem ser de grande valia dentro de uma abordagem didática CTS. Cabe ao professor verificar o modelo de cidadão que sua prática está evidenciando e se esse está de acordo com seus objetivos.

## 2.5 JÚRI SIMULADO

O jogo denominado júri simulado aparece em três artigos. Esse jogo é principalmente utilizado dentro da disciplina de Química, mas também surge na disciplina de Ciências, e possui um objetivo didático que favorece uma dinâmica de reflexão crítica e debate em sala de aula. O jogo consiste na análise de um tema polêmico através de perspectivas diferentes, sendo esse tema intensamente debatido. Em seguida, é realizada uma escolha por um júri.

Podemos perceber estas perspectivas diferentes no artigo de Ferry e Nagem (2009), que utilizam a dinâmica de júri simulado para debater a possibilidade ou impossibilidade da analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar. Nessa, o professor faz o papel de juiz e os alunos são divididos em três grupos: (1) os que defenderiam a possibilidade de se fazer analogias entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr; (2) os que defenderiam a impossibilidade e (3) o grupo dos jurados. Ao final do debate, professor e jurados reúnem-se e tomam uma decisão com base na fala dos grupos.

Leonor et al. (2013) discutem o júri simulado comparando-o ao *Roleplaying Game* (RPG), que é um jogo em que os alunos interpretam papéis, i.e., durante a prática, os alunos devem pensar e agir como se fossem outras pessoas e, normalmente, estas pessoas dizem respeito a algum papel importante dentro da nossa sociedade (advogados, empresários, testemunhas, ambientalistas, médicos). No artigo de Leonor et al. (2013), é simulado o caso que surge no filme “Uma Prova de Amor”, onde uma jovem de 11 anos busca a sua emancipação médica, porque foi um bebê projetado artificialmente para fornecer material biológico para a irmã mais velha, que possui câncer. Os alunos foram divididos entre os que apoiavam a jovem e os que apoiavam a mãe. O professor, com mais quatro alunos, presidiu a sessão do júri simulado.

Apesar de tanto Ferry e Nagem (2009) quanto Leonor et al. (2013) fazerem uso do júri simulado, o primeiro artigo preocupa-se mais com uma questão técnica-conceitual, que é possibilidade ou não de uma analogia entre o modelo de Bohr e o modelo planetário, ou seja, é uma discussão de escopo científico. Já o segundo, fala de ciência a partir de uma situação do mundo, buscando resolver uma situação que envolve bioética. Dessa forma, podemos perceber que Leonor et al. (2013) levantam questões muito mais profundas para a formação cidadã.

No júri simulado do artigo de Brito e Sá (2010) os alunos são organizados em dois grupos para debaterem sobre a instalação de uma fábrica de diesel numa determinada região, sendo um desses grupos a favor e o outro contra a instalação. Aulas sobre os conteúdos relacionados a este tema foram apresentadas, como energia e combustão, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e separação de misturas. Após, os grupos apresentaram seus pontos de vista e o júri toma uma decisão sobre esse a instalação da fábrica.

O jogo de júri simulado pode criar um ambiente em que os alunos vivenciam situações a partir de visões controversas. Quando preocupado com uma formação cidadã, fornecem um espaço para debate de forma que os alunos acabem por repensar o seu papel na sociedade. Com isso, eles podem fornecer um recurso para a discussão de questões sócio-científicas.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA

Como é possível perceber, as disciplinas de Biologia, Ciências e Química têm explorado com mais frequência os jogos didáticos. Dentre as Ciências da natureza, a Física ainda carece de iniciativas nessa direção, porque não encontramos nenhum artigo sobre jogos no Ensino de Física no período revisado. Contudo, o fato de termos incluído outras disciplinas (além da Física) no escopo dessa revisão, nos permitiu reunir elementos importantes para refletir sobre o uso de jogos no ensino de Física.

Esta revisão também permitiu sublinhar que jogos educacionais podem servir à realização de objetivos didáticos bastante variados. Ao mesmo tempo em que podem ser empregados como *técnica de otimização e dinamização do ensino tradicional* (na revisão e avaliação de conteúdos, na organização de conhecimentos prévios), alguns jogos educacionais estão marcadamente imbuídos do propósito de *promover o pensamento crítico* sobre questões sócio-científicas, dando realização à ideia mais radical que se pode fazer do Ensino de Física para a formação de cidadãos. Evidentemente, uma renovação profunda do ensino de Física não poderia ser atingida meramente por uma atualização de recursos didáticos, mas por uma reflexão radical sobre os propósitos do ensino de Física.

Dentre os tipos de jogos descritos, o júri simulado parece favorecer melhor a emergência do pensamento crítico e do engajamento político desejados em uma formação científica para o exercício da cidadania. Contudo, os recursos e limitações



desse tipo de jogo para atingir esses propósitos no ensino de Física ainda precisam ser mais bem investigados.

Com tudo o que observamos neste capítulo, percebemos que o modelo de cidadania é ambíguo e, sendo assim, pode ser enfatizado em nossas práticas educacionais sob inúmeras interpretações. Dessa forma, com base no almejado para o produto educacional, optamos por um modelo de cidadão mais consciente em relação às diferenças sociais envolvidas em uma decisão que envolva C&T.

Com base nessa opção, o RPG como recurso educacional parece ser uma escolha adequada em nosso produto educacional. Porque, como observado nesta revisão, o júri simulado (que é uma forma restrita de RPG, como veremos no capítulo 5) contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos quando envolvem a discussão de questões sócio-científicas sob perspectivas contraditórias e esse é o tipo de formação que almejamos para os alunos em nosso produto educacional.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme já foi antecipado, o produto educacional apresentado neste trabalho de conclusão é um jogo do tipo *Roleplaying Game* (RPG). Com base na revisão da literatura, percebemos que *jogos didáticos podem contribuir para desenvolver o pensamento crítico dos alunos quando envolvem a discussão de questões sócio-científicas sob perspectivas contraditórias*. Em particular, observamos que dinâmicas do tipo júri simulado (que podem ser consideradas uma forma de RPG) permitem explorar contradições entre os diversos posicionamentos tomados pelos alunos no jogo (LEONOR et al., 2013; BRITO; SÁ, 2010). O júri simulado e o RPG parecem favorecer uma formação científica comprometida com o exercício da cidadania, porque permitem colocar um tema em discussão sob diferentes perspectivas. Estratégias como essas podem favorecer a emergência do pensamento crítico nos educandos e, possivelmente, desenvolver seu engajamento político. De fato, é razoável que práticas de ensino voltadas à formação de cidadãos para a participação democrática incorporem, em seus procedimentos, alguns elementos de democracia.

Esses elementos de democracia abordados em práticas educacionais podem envolver, por exemplo, discussões em sala de aula sobre questões que envolvam a sociedade, levando aos alunos a reverem seus hábitos e posicionamentos. Ou ainda, como outro exemplo, podemos engajar os educandos em projetos sociais. É importante percebermos que esses elementos de democracia estão intimamente conectados a questões sociais. Afinal, são os sujeitos de uma sociedade que exercem o poder em um estado democrático, ao menos através da decisão do seu voto.

Outra característica do produto educacional apresentado neste trabalho de conclusão é seu compromisso com o Movimento CTS. Quanto a isso, cabe dizer que longe de uma perspectiva crítica, Ciência e Tecnologia (C&T) tendem a encontrar mais espaço para funcionar como instrumento de dominação de determinada minoria social. Buscando dar uma resposta a esse cenário, nossa abordagem está ancorada em um referencial marxista para o movimento CTS (LIMA JUNIOR et al., 2014). Segundo esse referencial, existem critérios que nem sempre são técnico-científicos quando se faz necessária alguma decisão que envolva uma inovação científica e tecnológica. Normalmente a decisão é influenciada pela classe capitalista com base em seus propósitos.

Herdeira da mesma matriz marxista (LIMA JUNIOR; OSTERMANN; REZENDE 2014), a teoria histórico-cultural de Vygotsky nos forneceu o direcionamento psicopedagógico necessário ao desenvolvimento e à aplicação da proposta. Para o desenvolvimento da proposta e sua aplicação, o referencial vygotskyano aliado a elementos do RPG nos conduz ao conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), como veremos neste capítulo.

Além disso, como nossa prática leva em conta um contexto histórico específico, o da Revolução Industrial, optamos por estabelecer um diálogo com o campo da história por meio dos trabalhos de Eric Hobsbawm (2013), eminente historiador marxista. Segundo esse autor, a Revolução Industrial foi uma das mudanças mais profundas na vida humana na história (op. cit., p. 10). Devido às particularidades de sua análise, consideramos interessante apresentá-la no capítulo seguinte.

A Figura 3.1 representa esquematicamente os três eixos teóricos que servem de fundamentação ao produto educacional que apresentamos neste trabalho de conclusão.

Figura 3.1: Articulação teórica que fundamenta nosso produto educacional.



Fonte: o autor.

### 3.1 O MOVIMENTO CTS NO BRASIL

Entre as décadas de 60 e 70, debates importantes envolvendo o impacto social e ambiental da Ciência e Tecnologia começaram a ganhar mais força. Cidadãos de diversos países (principalmente os de democracia mais madura) começaram a se

organizar politicamente para participar de decisões sobre Ciência e Tecnologia que tivessem algum impacto na sociedade. Essa organização surgiu durante a corrida armamentista e tecnológica que caracterizou o período do pós-guerra, fazendo com que as pessoas refletissem mais criticamente sobre os papéis que a Ciência e a Tecnologia teriam dentro da sociedade. Esse é o contexto em que emerge o Movimento CTS.

Embora o Movimento CTS não aceite uma definição geral, no contexto do ensino de Ciências ele pode ser considerado fundamentalmente um movimento de *reforma curricular*. De fato, sob a denominação CTS encontra-se um conjunto heterogêneo de iniciativas que pretendem reformar o ensino de Ciências no sentido de criticar a neutralidade e a tecnocracia do discurso científico (cf. CEREZO, 1998; AULER; DELIZOICOV, 2001), auxiliando o aluno a desenvolver habilidades e valores necessários para sua participação democrática e responsável em decisões sobre Ciência e Tecnologia que possuam um impacto na sociedade (AIKENHEAD, 1994).

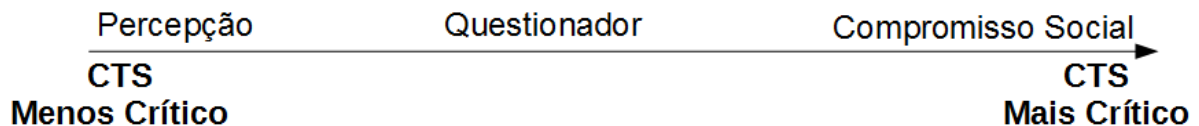
No Brasil, o Movimento CTS começa a ganhar força apenas na passagem para a década de 90, período em que o país deixa para trás um regime ditatorial e começa uma nova era democrática (AULER; BAZZO, 2001). A importância deste Movimento pode ser entendida na medida em que a integração entre ciência, tecnologia e sociedade no ensino de Ciências contribui para “formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver ações responsáveis.” (op. cit., p. 3). Com isso podemos compreender que existe uma necessidade dos professores de Ciências questionarem seus currículos e, buscando uma articulação com a escola, inserirem nesses uma relação que contemple a perspectiva CTS no ensino.

Ainda que de maneira bastante simplificada, as tendências do movimento CTS brasileiro podem ser posicionadas em um contínuo que vai desde orientações menos críticas (à *percepção* da ciência e tecnologia no contexto social), passando por olhares mais *questionadores* e chegando a abordagens onde o *compromisso social* tem papel mais fundamental (cf. Strieder, 2012). Essa representação simplificada pode ser visualizada na Figura 3.2.

Na década de 90 e início dos anos 2000, aumentou o número de artigos nas revistas de ensino que buscam repensar a educação nacional com base no Movimento CTS (SANTOS, 1992; AULER; DELIZOICOV, 1999; AULER; BAZZO, 2001; AULER; DELIZOICOV, 2001; SANTOS; MORTIMER, 2002). Esses trabalhos

trouxeram maior criticidade para dentro do Movimento no contexto nacional, colocando não apenas a contextualização como forma de motivar os alunos, mas também pensando em uma formação cidadã. Além disso, esses artigos definiram alguns pressupostos comuns para educação CTS.

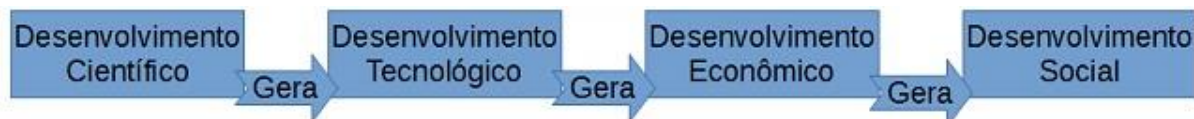
Figura 3.2: Tendência das abordagens CTS à criticidade com base nos propósitos educacionais do movimento.



Fonte: o autor.

Um dos principais pressupostos do Movimento CTS é a necessidade de questionar o chamado modelo linear de C&T (Figura 3.3).

Figura 3.3: Modelo Linear de C&T.



Fonte: o autor.

A crítica a esse modelo está enraizada nas origens do Movimento e pressupõe que a Ciência gera desenvolvimento tecnológico, que, por sua vez, contribui para o desenvolvimento econômico, que, finalmente, traz bem-estar social (LUJAN et al., 1996 *apud* AULER; DELIZOICOV, 2001). Sabe-se que Ciência e Tecnologia desenvolvem-se de forma independente e que nem toda Tecnologia gera desenvolvimento econômico, sendo que, mesmo quando ela gera, nem sempre todas as classes sociais são beneficiadas. Sendo assim, práticas em CTS devem levar em conta o questionamento do modelo linear, ou da neutralidade da Ciência e Tecnologia.

Outro pressuposto do Movimento CTS são os três mitos apontados por Auler e Delizoicov (2001) os quais as práticas educacionais dentro do Movimento necessitam criticar: (1) *A superioridade do modelo de decisões tecnocráticas*, que basicamente diz que decisões sociais devem ser tomadas por especialistas, supostamente com uma imparcialidade; (2) *A perspectiva salvacionista da Ciência e Tecnologia*, onde os problemas sociais são resolvidos com o investimento nessas áreas; (3) *O determinismo tecnológico*, onde os avanços tecnológicos geram mudanças sociais, mas nunca o contrário. Esses três mitos estão de acordo com a visão de neutralidade da Ciência e Tecnologia.

De fato, trabalhos em ensino de Física que envolvam uma Abordagem CTS não podem corroborar o modelo linear ou um dos três mitos apresentados. Trabalhos que influenciam essas visões sobre C&T nos educandos são considerados pouco críticos. Tomando como base os propósitos educacionais do Movimento, tais trabalhos possuem uma perspectiva de *percepção* da C&T na sociedade (STRIEDER, 2012).

Um maior nível de criticidade para o Movimento CTS nacional ocorre com as articulações entre o referencial teórico freireano e o Movimento CTS. Essas articulações iniciaram-se no começo dos anos 2000. Auler (2003) aponta que a articulação Freire-CTS se dá através da superação da chamada “cultura do silêncio” freireana, que consiste no fato de que “as classes dominadas encontram-se semimudas ou mudas, proibidas de expressar-se autenticamente, proibidas de ser” (FREIRE, 1981, p. 41-42). Para a superação dessa se faz necessário que as pessoas abandonem à condição de objetos e tomem parte enquanto sujeitos históricos (AULER, 2003). Ou seja, os cidadãos devem se engajar em participar em questões políticas da sociedade. Com isso, podemos compreender o papel do Movimento CTS em sua base de democratização de decisões que envolvam C&T. Além disso, no referencial freireano é central que o ensino traga uma “leitura crítica do mundo” para o educando, de forma a transformar a realidade (STRIEDER, 2012, p. 150). Essa perspectiva tem um propósito educacional de *compromisso social* dentro do Movimento (STRIEDER, 2012) e tem ganhado especial destaque dentro de eventos da área de ensino de Ciências.

Além dos artigos que discutem os propósitos do Movimento CTS na educação nacional, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (BRASIL, 2002) indicam a necessidade da educação tecnológica. Afinal, são definidas áreas que carregam em seu nome a tecnologia, como, por exemplo, *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Além disso, os documentos sugerem uma formação mais contextualizada e cidadã, o que corrobora a necessidade dos currículos nacionais incorporarem propostas CTS. A própria Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 2014) contém referências a uma formação preocupada com a cidadania do educando, além de valorizar “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos” (op. cit., p. 24). No entanto, os PCN+ (BRASIL, 2002) e tão pouco a LDB (BRASIL, 2014) podem servir como balizadores de práticas educacionais para o Movimento, porque possuem uma série de significantes vazios em seus termos, como o próprio conceito de cidadania

(cf. TOTI et al., 2009), sendo que quase qualquer prática educacional acaba se adequando às suas orientações.

Além dos PCN+ (BRASIL, 2002) e da LDB (BRASIL, 2014), a prova do ENEM também vem estimulando um maior nível de contextualização na apresentação dos conteúdos científicos nos currículos educacionais brasileiros. Afinal, sabemos que normalmente as provas de seleção de universidades públicas acabam por servir como balizadoras do que é necessário ser ensinado nas escolas. No entanto, da maneira como tipicamente é conduzida, a contextualização escolar da Física acaba colocando as práticas educacionais no nível de *percepções*, segundo a classificação de Strieder (2012) (ver Figura 3.2). Ou seja, contextualizar a Física geralmente significa contribuir para que os alunos percebam os conceitos físicos aplicados em aparatos tecnológicos, sem levantar questões sobre a participação social. Essa negligência da participação social em propostas “contextualizadas” pode inclusive contribuir para que os alunos desenvolvam uma visão ingênua e equivocada sobre o papel da ciência no desenvolvimento tecnológico e social. Eventualmente, propostas de contextualização da Física centradas em aparatos tecnológicos podem dar a impressão de que a tecnologia é ciência aplicada. Por essas razões, o nível da percepção pode ser considerado pouco crítico dentro das tendências do Movimento CTS. Dessa forma, a criticidade que almejamos para os nossos educandos não deve se basear unicamente nos PCN+ (BRASIL, 2002) ou no ENEM, porque, como já dito anteriormente, esses possuem significantes vazios em seus pressupostos, como a própria noção de educação cidadã e tecnológica, ou ainda, estimulam uma contextualização da Física sem uma reflexão social.

É fato que precisamos pensar em uma educação CTS mais crítica. No entanto, como vimos, os PCN+ e o ENEM não podem servir unicamente para definir uma criticidade para esse tipo de educação. Uma possível forma de avançar na formação cidadã que almeje um cidadão crítico em questões sócio-científicas é através dos pressupostos teóricos para o Movimento CTS (AULER; DELIZOICOV, 2001).

No entanto, mesmo avançando para práticas educacionais consideradas mais críticas dentro da educação científica-tecnológica, essas normalmente necessitam de uma reelaboração curricular profunda na educação nacional (STRIEDER, 2012, p. 207). Enquanto apenas alguns contextos educacionais conseguem atingir o propósito educacional do *compromisso social*, segundo a classificação de Strieder (2012) (ver Figura 3.2), e esperamos uma mudança global na educação nacional, precisamos de

práticas educacionais que sejam consideradas críticas dentro do Movimento e que possam ter um espaço de inserção curricular dentro do atual modelo de educação nacional.

Strieder (2012) apresenta em sua tese uma matriz para orientar práticas em CTS com base na Racionalidade Científica, no Desenvolvimento Tecnológico e na Participação Social. Para melhor entendermos a diversidade de posições do movimento CTS no Brasil, discutiremos a partir de agora as principais características da Matriz Strieder.

### 3.2 MATRIZ STRIEDER

Com a ferramenta proposta por Strieder (2012), podemos compreender melhor os rumos do Movimento CTS no Brasil. Essa ferramenta é uma matriz que aborda não apenas as possíveis conexões entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, mas acaba modificando a noção sobre esses termos de forma que possamos compreender o avanço do movimento com relação ao pensamento crítico. Em vez de referir-se aos termos Ciência, Tecnologia e Sociedade, a Matriz ancora sua base na (1) Racionalidade Científica, no (2) Desenvolvimento Tecnológico e na (3) Participação Social. Em cada um desses itens, são desenvolvidos 5 níveis de acordo com o avanço em criticidade no trabalho, sendo o nível 1 o menos crítico e o 5 o mais crítico. O Quadro 3.1 apresenta a Matriz em termos simplificados.

Com a modificação das relações CTS propostas pela Matriz Strieder (2012), podemos compreender a tendência do Movimento à criticidade. Nas subseções seguintes discutiremos melhor cada uma das colunas da Matriz.

#### 3.2.1 RACIONALIDADE CIENTÍFICA

A Racionalidade Científica como abordada por Strieder (2012) está intimamente ligada à Epistemologia, ou seja, a uma melhor compreensão do próprio fazer científico. Dentro da comunidade científica temos trabalhos que abordam todos os níveis de Racionalidade Científica, mas é importante salientarmos que, sempre que possível, devemos inculcar em nossos educandos pensamentos mais corretos a respeito da Ciência e que percebam o trabalho científico de forma mais crítica.



Quadro 3.1: Matriz Strieder (2012) - das posições representativas do movimento CTS.

<b>Racionalidade Científica</b>	<b>Desenvolvimento Tecnológico</b>	<b>Participação Social</b>
(1R) Racionalidade como garantia de desocultamento da realidade – Ciência para compreender o mundo	(1D) Desenvolvimento neutro – Tecnologia enquanto aparato presente na sociedade	(1P) Reconhecimento da presença da CT na sociedade
(2R) Racionalidade universal – Ciência boa ou má	(2D) Desenvolvimento como sinônimo de progresso social – Tecnologia enquanto ciência aplicada	(2P) Decisões Individuais – Discussão de Riscos e Benefícios
(3R) Racionalidade em contexto – Ciência vulnerável e provisória	(3D) Desenvolvimento e suas especificidades – Tecnologia como classe de conhecimento	(3P) Decisões Coletivas – Discussão de problemas e impactos ou transformações
(4R) Racionalidade questionada – Ciência limitada pelas práticas sociais	(4D) Desenvolvimento orientado – Tecnologia contém propósitos políticos	(4P) Mecanismos de Pressão – Identificação de contradições
(5R) Racionalidade assumida mas insuficiente – Ciência insuficiente	(5D) Desenvolvimento em contexto – Tecnologia voltada às necessidades básicas	(5P) Esferas Políticas – Compreensão e discussão de políticas

Fonte: Strieder (2012).

No primeiro nível da Racionalidade Científica (1R), denominado “racionalidade como garantia de desocultamento da realidade”, temos uma concepção de que a Ciência serve para compreender os fenômenos naturais, ou seja, para compreender o mundo. Passar essa compreensão de Ciência para os nossos educandos pode fazer com que esses entendam a Ciência como uma verdade, compreendida dessa forma como absoluta, que é desocultada ao investigarmos a realidade. Essa Racionalidade Científica está de acordo com a visão empirista-indutivista da Ciência. Ela se encontra no nível menos crítico da Matriz (1R) e tem como pressuposto que “para compreender e resolver problemas da realidade basta conhecimento científico” (STRIEDER, 2012, p. 181).

O segundo nível da Racionalidade Científica (2R), denominado “racionalidade universal”, concorda que os resultados científicos são sempre positivos. Embora, acrescente que a sociedade deve decidir sobre os usos da ciência, sendo esses usos bons ou ruins (STRIEDER, 2012, p. 182). Dessa forma, temos uma noção quase “divina” de Ciência, cabendo a “culpa” dos seus maus usos àqueles que a utilizam.

Podemos ver um pequeno avanço no pensamento crítico, onde é possível questionar os usos dos resultados científicos. No entanto, quando a Ciência é mal utilizada, a responsabilidade não é do conhecimento científico nem dos cientistas, mas das pessoas que fazem uso da Ciência.

No terceiro nível da Racionalidade Científica (3R), denominado “racionalidade em contexto”, a ideia de que a Ciência é uma construção humana aparece pela primeira vez. O fazer científico é compreendido como constituído por questões sociais. Ao contrário do que era concebido pelos dois níveis anteriores (1R e 2R), esse nível compreende que a Ciência não é detentora de verdades absolutas. Para este terceiro nível (3R), essas verdades são construções históricas, sendo provisórias e revistas com base no contexto social (STRIEDER, 2012, p. 184). No entanto, esse nível (3R) ainda está intimamente ligado aos dois anteriores (1R e 2R) na ideia de Ciência como desocultamento da realidade, porque a Ciência possui ainda um status que parece glorioso (op. cit.). Dessa forma, os três primeiros níveis da Racionalidade Científica são considerados pouco críticos. A epistemologia kuhniana e os trabalhos de Pierre Bourdieu, por exemplo, encontram-se neste nível de Racionalidade Científica (3R).

O quarto nível de Racionalidade Científica (4R) da Matriz Strieder (2012), denominado “racionalidade questionada”, discute a ideia de que a Ciência serve aos propósitos dos dominantes. Os interesses de pesquisa são ditados por um grupo específico, que tem por interesse a dominação de determinadas minorias sociais. A noção de progresso trazida pela Ciência se desfaz diante da óptica deste nível (4R). Com base nesse contexto, são explicitadas as relações com a tecnologia e o desenvolvimento social. Strieder (2012, p. 187) argumenta que “essa era a crítica principal dos trabalhos que deram origem às discussões sobre CTS, na década de 1960”.

No quinto e último nível da Racionalidade Científica (5R), denominado “racionalidade assumida mas insuficiente”, está o reconhecimento de que a racionalidade científica é insuficiente para dar conta de questões controversas, complexas e concretas, existentes em um contexto real. De fato, o mundo contemporâneo é tão complexo que é impossível analisá-lo considerando apenas a racionalidade científica. Por exemplo, a previsão do tempo envolve tantas variáveis que não conseguimos observá-las para dar uma previsão segura. Assim, o conhecimento científico é por si só insuficiente para questões mais amplas, como as do mundo real, mas também para a tomada de decisões sociais, que acabam por

envolverem outros valores (STRIEDER, 2012, p. 188). Isso porque a racionalidade científica se desenvolve com base em modelos e esses são simplificações da realidade (cf. BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2011). Esse nível (5R) é considerado o mais crítico e também o mais atual dentro do Movimento CTS.

[...] a ciência e a tecnologia não assumem mais o mesmo papel que assumiam na sociedade da década de 1960, entende-se que é preciso avançar com relação à maneira de olhar para ambas e, associado a isso, mudar a perspectiva da crítica em relação a elas – que passa a enfatizar a racionalidade e suas limitações. (op. cit.)

Com isso, podemos perceber a necessidade do avanço do pensamento crítico com relação ao papel que a Ciência desempenha na tecnologia e no próprio desenvolvimento social.

### 3.2.2 DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

O termo desenvolvimento tende a ser, por vezes, interpretado de forma errônea. Quando associado à tecnologia as confusões relacionadas ao termo tendem a aumentar. Isso porque o desenvolvimento tecnológico pode levar a uma falsa ideia de que esse está associado diretamente ao desenvolvimento econômico (NOVAES; FRAGA *apud* STRIEDER, 2012, p. 190). Essa associação está de acordo com o chamado modelo linear de CTS, sendo que esse é considerado a principal crítica do Movimento, sendo referido como mito fundamental (AULER; DELIZOICOV, 2001). Sendo assim, quando associamos a palavra desenvolvimento à tecnologia estamos preocupados apenas com a relação entre ambas, sem associar a um possível desenvolvimento sócio-econômico. Ou seja, o Desenvolvimento Tecnológico, conforme apresentado por Strieder (2012), diz respeito aos “*caminhos [...] entre os quais devemos escolher*” (op. cit., p. 189), ou seja, devemos levar em conta apenas às escolhas associadas ao desenvolvimento da tecnologia, sem associar esse desenvolvimento com a economia ou com a sociedade.

O primeiro nível do Desenvolvimento Tecnológico (1D) da Matriz Strieder (2012), denominado como “desenvolvimento neutro”, tem a tecnologia enquanto aparato presente para o uso da sociedade. Nessa perspectiva, a sociedade não influencia nem é influenciada por este desenvolvimento. Aceita-se que a tecnologia se desenvolva de forma neutra, não podendo ser avaliada como positiva ou negativa

(STRIEDER, 2012, p.192). Propostas CTS situadas nesse nível (1D) põem em foco as questões técnicas dos aparatos tecnológicos, explicando como esses aparatos funcionam, sem qualquer juízo de valor (op. cit.). Esse nível é considerado pouco crítico dentro da Matriz.

O segundo nível do Desenvolvimento Tecnológico (2D), denominado “desenvolvimento como sinônimo de progresso social”, também é considerado pouco crítico. No entanto, este nível (2D) apresenta implicações sociais que podem ser vistas, principalmente, como benéficas. Ou seja, o desenvolvimento tecnológico traria consigo, como uma de suas consequências, o bem-estar social. Dessa forma, podemos associar este nível ao modelo linear de CTS, em que o investimento em ciência e tecnologia traz, como consequência inevitável, o desenvolvimento social (STRIEDER, 2012, p.193).

No terceiro nível do Desenvolvimento Tecnológico (3D), denominado “desenvolvimento e suas especificidades”, temos uma quebra do modelo linear. Neste nível (3D) a tecnologia se torna uma classe de conhecimento separada da ciência. Dessa forma, tecnologia deixa de ser ciência aplicada. Embora ainda seja possível perceber a tecnologia influenciando diretamente a sociedade, agora essa influência ocorre não apenas de forma positiva, mas também negativa, como, por exemplo, o desenvolvimento da indústria nuclear e seus impactos. No entanto, este nível (3D) ainda considera o *determinismo tecnológico*, ou seja, o Desenvolvimento Tecnológico ainda se dá de forma independente da sociedade, não sendo influenciado por essa (STRIEDER, 2012, p.195).

No quarto nível da Matriz Strieder (2012) relativo ao Desenvolvimento Tecnológico (4D), denominado “desenvolvimento orientado”, surge a concepção de um Desenvolvimento Tecnológico orientado por uma classe favorecida economicamente. Este nível (4D) nos apresenta a visão de que a tecnologia orienta a vida em sociedade, seus valores, motivações, relações (STRIEDER, 2012, p.195). Aqui temos uma visão marxista de Desenvolvimento Tecnológico, onde a tecnologia serve aos fins do capitalismo, servindo como uma diferenciadora das classes sociais.

No quinto nível do Desenvolvimento Tecnológico (5D), denominado “desenvolvimento em contexto”, a tecnologia deve servir a um contexto social específico. Dessa forma, o Desenvolvimento Tecnológico deve ser desenvolvido para atender às necessidades de uma determinada região ou população (STRIEDER, 2012, p.197). Aqui é enfatizado que os países subdesenvolvidos devem criar um plano

de Desenvolvimento Tecnológico baseado em suas especificidades, sem simplesmente copiar o modelo vigente nos países desenvolvidos. Esse é o principal questionamento do Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS), que é um grupo dentro do Movimento CTS que prima por um Desenvolvimento Tecnológico independente para os países Latino-Americanos, levando em conta suas diferenças sociais e necessidades naturais.

### 3.2.3 PARTICIPAÇÃO SOCIAL

A participação social é fundamental à educação, porque é um direito democrático fundamental. Avançar nossa capacidade de participação social pode contribuir para questionar (buscando a superação) o modelo tecnocrático de decisões. Além disso, quando abordamos a Participação em um contexto educacional CTS, devemos nos aproximar de um ideal democrático para a tomada de decisões. Tudo isso é levado em conta na construção dos níveis de criticidade da Matriz, que, apesar de reconhecer níveis menos críticos, considera que, no ensino, todos os níveis de Participação Social acabam sendo importantes.

O primeiro nível de Participação Social (1P), denominado “reconhecimento da CT na sociedade”, envolve a informação. Neste nível (1P), o cidadão fica sabendo de questões e problemas que envolvam C&T. No entanto, a sociedade ainda se mantém afastada de decisões sobre C&T, afinal, essas questões demandam conhecimentos específicos das áreas de conhecimento. Podemos perceber que esse afastamento da sociedade das decisões é uma falácia, afinal se aproximam do modelo tecnocrático. Apesar disso, é importante a participação mesmo que em nível de reconhecimento para a formação de cidadãos, sendo que “muitas vezes, é o que está ao alcance das práticas [educacionais]” (STRIEDER, 2012, p.203).

O segundo nível de Participação Social (2P) da Matriz Strieder (2012), denominado “decisões individuais”, está associado a decisões não em nível de sociedade, mas que envolvam apenas o próprio indivíduo. Neste nível (2P), o cidadão observa os pontos positivos e negativos de determinado produto da C&T e, com isso, pode inclusive alterar seu comportamento. O mais importante, segundo Strieder (2012), não é a alteração do comportamento em si, mas a percepção de prós e contras. Como um exemplo, temos os alimentos transgênicos, os quais o cidadão

pode avaliar quais são os seus pontos positivos e negativos e, sendo assim, optar pelo seu consumo ou não.

No terceiro nível da Participação Social (3P), denominado “decisões coletivas”, temos uma percepção sócio-histórica de mudança da sociedade. Ao contrário dos níveis anteriores (1P e 2P), este nível (3P) sai do indivíduo e analisa o coletivo. As decisões estão associadas aos produtos de C&T, ou seja, aos resultados das aplicações e do próprio impacto social trazidos por elas. Segundo Strieder (2012), esse grupo é caracterizado por uma compreensão histórica do papel da C&T na sociedade.

No quarto nível da Participação Social (4P), denominado “mecanismos de pressão”, essa participação torna-se efetiva nas decisões sobre C&T quando percebemos os grupos sociais presentes para a resolução de questões sócio-científicas. Neste nível (4P), existe a possibilidade da modificação de uma implementação que envolva C&T através de lutas de classes, ou seja, mecanismos de pressão de um grupo social contra outro. Isso só é possível, segundo Strieder (2012), com a percepção de estruturas de poder, ou ainda, através da observação dos propósitos políticos associados a C&T.

O quinto e último nível da Participação Social (5P), denominado “esferas políticas”, envolve ainda mais os cidadãos. Neste nível (5P), os riscos e incertezas que envolvem os problemas atuais não são resolvidos com mais C&T (STRIEDER, 2012). Dessa forma, precisamos de um maior número de esferas políticas participando de decisões sobre C&T, ou seja, das chamadas políticas públicas. Nessas políticas, diferentes grupos sociais, envolvendo cientistas/técnicos e grupos sociais representando “diferentes perspectivas de valores da sociedade como um todo” (op. cit., p. 206), discutem sobre um determinado produto da C&T.

### 3.3 CTS E O PENSAMENTO MARXISTA

Como já foi discutido, existem três mitos fundamentais que a abordagem CTS necessita criticar (AULER; DELIZOICOV, 2001): (1) *A superioridade do modelo de decisões tecnocráticas*, (2) *A perspectiva salvacionista da Ciência e Tecnologia* e (3) *O determinismo tecnológico*. Esses mitos são retomados por Lima Junior et al. (2014), que resgatam os conceitos apresentados por Marx em sua obra *O Capital* (2014) como proposta para o movimento CTS. Dentre os conceitos apresentados no artigo,

podemos ressaltar a importância para o Movimento *da diferenciação entre mais valia relativa*<sup>2</sup> e *mais valia absoluta*<sup>3</sup>. Em todo o caso, o conceito de mais valia permite perceber de que maneira o capitalista (empregador) explora a *força de trabalho*<sup>4</sup> dos seus empregados. A relação de produção capitalista é fundamentalmente uma relação de exploração (LIMA JUNIOR et al., 2014).

É possível perceber a importância dessa discussão para o Movimento, porque aplicações em Ciência e Tecnologia favorecem a chamada *mais valia relativa* (LIMA JUNIOR et al., 2014). Isso porque aplicando em C&T o capitalista acaba reduzindo o trabalho médio necessário para produzir mercadorias e, dessa forma, reduzindo o valor da *força de trabalho* (op. cit).

O prolongamento e a intensificação da jornada de trabalho podem ser realizados, dentro dos limites da lei, por ordem direta do capitalista. Entretanto, a alteração do valor da força de trabalho é um processo complexo, que extrapola os limites individuais de cada fábrica e que *envolve fundamentalmente a incorporação de inovações científicas e tecnológicas* aos processos de produção de mercadorias. (LIMA JUNIOR et al., 2014, p. 181, grifo dos autores)

Isso tem inúmeras implicações sociais e econômicas, tal como o aumento da capacidade de exploração capitalista. De fato, “não existe, em uma sociedade capitalista, lugar para a ciência e para a tecnologia fora da relação com o capital” (LIMA JUNIOR et al., 2014, p. 185). Questões como essa poderiam ser mais bem exploradas pelo Movimento CTS.

Além disso, Lima Junior et al. (2014), destacam que uma análise mais direta do processo de industrialização das nações pode evidenciar melhor as relações entre C&T, capital e as condições de existência da classe trabalhadora. De fato, o maquinário de uma indústria libera força de trabalho com base em sua produtividade. Essa força de trabalho liberada implica em menos homens no chão da fábrica (substituídos, em parte, por mulheres e crianças durante um processo de industrialização), porque se reduz a necessidade do uso da força e aumenta a demanda por motricidade. No entanto, uma máquina só é vantajosa para o capitalista,

---

<sup>2</sup> A *mais-valia relativa* é produzida quando o valor da força de trabalho (ou seja, o valor das mercadorias que os trabalhadores precisam consumir para se reestabelecer e se reproduzir) diminui.

<sup>3</sup> A *mais-valia absoluta* é produzida pelo aumento absoluto da duração ou da intensidade da jornada de trabalho.

<sup>4</sup> Segundo Lima Júnior et al., a *força de trabalho* é “conjunto das faculdades físicas e mentais existentes no corpo e na personalidade de um ser humano, as quais ele põe em ação toda vez que produz mercadorias de qualquer espécie” (p. 180).

quando o seu valor (trabalho necessário para produzi-la) é inferior ao da força de trabalho a qual libera. Dessa forma, “não é por amor ao trabalhador nem à tecnologia que se move o sistema capitalista” (LIMA JUNIOR et al., 2014, p. 187).

Apesar da maquinaria industrial substituir a mão de obra de trabalhadores, existe um determinado grupo da sociedade que se beneficia dessa mudança organizacional. Esse grupo é denominado como elite tecno-científica (LIMA JUNIOR et al., 2014) e, historicamente, deriva dos artesões em uma sociedade pré-industrial (HOBBSAWM, 2013), sendo atualmente compreendido como o grupo especializado em C&T. Esse grupo acaba se diferenciando da classe trabalhadora, porque goza de melhores condições, mas não utiliza o dinheiro como capital, mas sim como meio de circulação de mercadorias. Considerando *a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas* (AULER; DELIZOICOV, 2001), a elite tecno-científica pode servir aos interesses do capitalista, porque se beneficiaria com isso. Esse benefício pode ser em termos financeiros (pagamento) ou em aumento do mercado de trabalho (LIMA JUNIOR et al., 2014). Como exemplo, temos que a ampliação da matriz energética nuclear, que traz mais lucros aos capitalistas e maior demanda de trabalho para a elite tecno-científica. Dessa forma, com base nos interesses da classe capitalista ocorre uma “eleição não técnica dos técnicos” (op. cit., p. 188).

A Racionalidade Científica, conforme apresentada por Strieder (2012), tomando como base um ponto de vista marxista, deve ser “questionada por contribuir para a dominação de determinadas minorias sociais.” (op. cit., p. 186). Isso significa que o fazer científico é frequentemente ditado por aqueles que estão no poder, sendo esse político ou capital. Dessa forma, uma prática CTS marxista nos permite atingir um nível relativamente crítico de Racionalidade Científica (nível 4), onde podemos perceber uma quebra da ideia de progresso baseado na Ciência, ou seja, do chamado modelo linear.

O Desenvolvimento Tecnológico, conforme apresentado na Matriz Strieder (2012), quando considerado em uma tradição marxista, deve levar em conta que a tecnologia agrega valores de um determinado grupo social, sendo esse o capitalista. Além disso, essa tecnologia não visa como objetivo de sua implementação o desenvolvimento social, mas sim a geração de maior quantidade de capital. Como exemplo, temos que as buscas por melhores formas de colheita no campo, através de aplicações tecnológicas, não visam melhorar as condições de vida do trabalhador rural, mas sim aumentar os lucros do capitalista. Com isso, podemos perceber que



desenvolvimento social e tecnológico andam separados. Dessa forma, uma abordagem que leve em conta o Desenvolvimento Tecnológico de um ponto de vista marxista acaba por ter uma maior criticidade frente outras abordagens, se estabelecendo no nível 4 da Matriz Strieder (2012).

No nível da Participação Social da Matriz Strieder (2012), as abordagens que identificam estruturas de poder são tidas como mais críticas do que a maioria (nível 4). Essa identificação permite a ocorrência de mecanismos de pressão na sociedade, como, por exemplo, lutas de classes. Do ponto de vista marxista, esses mecanismos de pressão são fundamentais. Isso porque demonstram como uma classe menos favorecida, como é a dos trabalhadores, pode, ao se unir, influenciar a classe capitalista. Essas pressões entre classes podem ser vistas, por exemplo, durante a Revolução Industrial, em que os trabalhadores se uniam em movimentos, como o ludismo<sup>5</sup> e o cartismo<sup>6</sup>, reivindicando direitos trabalhistas (HOBSBAWM, 2013).

Com a análise da Matriz Strieder (2012), referente à Racionalidade Científica, ao Desenvolvimento Tecnológico e à Participação Social, podemos observar o propósito educacional de uma abordagem CTS marxista como sendo *questionador*. Esse propósito se coloca dentro do movimento “discutindo os antecedentes e as implicações sociais da ciência e da tecnologia, destacando a não neutralidade da produção [...] buscando a participação da sociedade” (op. cit., p. 207-208), principalmente no que diz respeito à percepção de estruturas de poder.

### 3.4 VYGOTSKY COMO AUTOR MARXISTA

Para melhor compreendermos a articulação entre o referencial CTS marxista e a abordagem histórico-cultural de Vygotsky, precisamos entender como a mediação se dá no processo de humanização (GEHLEN; DELIZOICOV, 2012). Mas afinal, o que é mediação? Para Vygotsky (2007), a atividade mediada é o que diferencia os seres humanos dos animais. É fazendo uso da mediação que modificamos o mundo a nossa volta e, dessa forma, modificamos a nós mesmos, afinal “a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem” (op. cit., p. 55).

---

5 Movimento trabalhista ocorrido durante a Revolução Industrial contra a mecanização da mão de obra e o conseqüente desemprego dos trabalhadores. Nesse movimento, os trabalhadores atacavam diretamente as máquinas e as destruíam.

6 Movimento trabalhista ocorrido durante a Revolução Industrial que reivindicava leis trabalhistas.

A mediação se dá como um estímulo de segunda ordem frente a uma situação-problema, que seria o estímulo de primeira ordem (GEHLEN; DELIZOICOV, 2012). Dessa forma, o ser humano, ao lidar com um problema, organiza a sua ação através de mecanismos mediacionais, que seriam, segundo Vygotsky (2007), signos e instrumentos.

Tanto os signos quanto os instrumentos fazem o papel de mediadores como já dito. No entanto, segundo Vygotsky (2007), os instrumentos são externamente orientados, enquanto que os signos são internamente orientados. Como um exemplo de instrumento, temos o uso de uma furadeira, que serve para furar uma parede; já como um exemplo de signos, temos a segunda lei de Newton, que pode ser utilizada para a determinação das equações de movimento de um sistema. Ou seja, os instrumentos podem modificar diretamente a natureza a nossa volta, como a furadeira que fura a parede, enquanto que os signos são mediadores que permitem orientar os nossos próprios pensamentos (assim como o dos outros), como a segunda lei de Newton, nos orientando para a determinação da aceleração de um sistema. Eles agem “como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho” (VYGOTSKY, 2007, p. 52).

Além dessa definição, Vygotsky também faz uso da definição dada por Marx sobre instrumentos de trabalho para definir a atividade mediada e incluir os signos dentro dessa: os homens “usam as propriedades mecânicas, físicas e químicas dos objetos, fazendo-os atingir como forças que afetam outros objetos no sentido de atingir seus objetivos pessoais” (MARX *apud* VYGOSTKY, 2007, p. 54). Com isso, conclui-se que é prudente a adição dos signos dentro da atividade mediada, porque “a essência do seu uso [signos] consiste em os homens afetarem o seu comportamento” (op. cit.).

Para Marx, assim como para Vygotsky, é a mediação que nos caracteriza como seres humanos (MARX; ENGELS, 2001). Ou seja, não são nossas qualidades espirituais (eg., nossos pensamentos e vontades) que nos definem como seres humanos, mas o emprego de ferramentas culturais no processo de transformação do mundo. Essa visão ilustra a convergência entre o marxismo e a abordagem histórico-cultural de Vygotsky.

Entendendo o papel da mediação para a formação do homem, devemos dizer ainda que são esses meios mediacionais que permitem o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, principalmente no que diz respeito à utilização de

signos (VYGOTSKY, 2007). Para uma primeira compreensão, podemos dizer que as funções psicológicas superiores, às quais Vygotsky (2007) se refere, são todas as formas de ação humana que nos diferenciam dos animais. Basicamente, as funções psicológicas elementares dizem respeito à nossa carga genética e ao nosso processamento de ações que não fazem o uso da mediação, ou seja, são ações ditas reflexas. Já as funções psicológicas superiores fazem o uso de mecanismos mediacionais, isso é, fazemos uso de associações entre signos e instrumentos para atingirmos um pensamento dito superior.

Para melhor compreendermos o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, temos o exemplo dado por Pereira e Lima Junior (2014). Nesse, um estudante de Física emprestaria um livro para uma colega, no entanto, apenas ao encontrar a colega é que percebia que havia esquecido o livro em casa. No dia seguinte, deixa o seu celular programado para tocar minutos antes de sair de casa, de forma a se lembrar de colocar o livro na mochila. No primeiro caso, temos o que é chamado de memória natural (op. cit.), ou seja, o estudante não teve controle sobre a memória do livro. Já no segundo caso, o estudante controla a sua memória através de um meio mediacional (celular) e assim consegue emprestar o livro para a colega. Desta forma é que desenvolvemos as funções psicológicas superiores. No caso do exemplo, o ato de lembrar é controlado pela mediação.

Para Vygotsky (2007), as funções psicológicas superiores derivam inicialmente do plano social, sendo isso um ponto crucial de sua teoria, principalmente para o ensino. Dito de outra forma, as funções psicológicas superiores aparecem primeiro em um plano social (externamente), para depois fazerem parte de um plano intrapsicológico (internamente). Esse processo de desenvolvimento é denominado de Lei Genética Geral do Desenvolvimento Cultural e nos leva ao conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que veremos mais adiante.

Inicialmente, os sujeitos não conseguem resolver um problema por completo sozinhos, eles precisam do auxílio de outros para concluírem a tarefa. Ou seja, os sujeitos conseguem resolver parcialmente uma determinada situação-problema e precisam se engajar em uma ação conjunta para finalizarem esta situação. Cabe dizer que durante essa ação conjunta são empregados os meios mediacionais, afinal é através deles que desenvolvemos as funções psicológicas superiores. É apenas com o tempo e a repetição que essa ação social começa a ser desenvolvida de forma que

o sujeito consiga resolvê-la sozinho. Nesse momento o sujeito internalizou a ação social.

Esse processo de internalização, em que uma determinada função psicológica superior aparece primeiramente em um plano interpessoal para só depois aparecer no plano intrapsicológico, pode ser mais um fator da relação entre a visão marxista e a abordagem histórico-cultural de Vygotsky. Afinal, segundo o próprio Vygotsky (1981, p. 164, tradução e grifo nosso),

[...] para parafrasear uma posição bem conhecida de Marx, nós poderíamos dizer que a natureza psicológica dos seres humanos representa o agregado das *relações sociais internalizadas* que se tornaram funções para o indivíduo e formas da sua estrutura. Nós não queremos dizer que este é o sentido da posição de Marx, mas vemos nessa posição a expressão máxima para a qual a história do desenvolvimento cultural nos leva.

No contexto educacional, como já introduzimos, esse processo de internalização, através da Lei Genética Geral do Desenvolvimento Cultural, nos leva ao conceito de ZDP. Para compreendermos esse conceito, Vygotsky (2007) traz a noção de que todo aprendizado constitui uma história prévia e que o mesmo deve se adequar com o nível de desenvolvimento do educando. Ou seja, as funções que já estão amadurecidas no educando, ou os produtos finais do desenvolvimento, constituem o *nível de desenvolvimento real* do educando (op. cit., p. 97). Além disso, o educando possui um *nível de desenvolvimento potencial*, que determina as funções ainda não internalizadas, mas que o aluno consegue resolver sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. A diferença entre esses níveis é denominada ZDP e “define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, em vez de “frutos” do desenvolvimento” (op. cit., p. 98).

Esse conceito de ZDP está intimamente conectado com a importância do jogar/brincar no desenvolvimento. Isso porque “o brinquedo cria uma zona de desenvolvimento proximal” (VYGOTSKY, 2007, p. 122). Afinal, enquanto joga o aluno imagina situações que não competem ao seu nível de desenvolvimento real, mas sim que estão acima desse. Ou seja, mais do que simplesmente facilitarem a comunicação

e a interação entre os educandos, os jogos podem servir para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

O desenvolvimento dessas funções e o próprio conceito de ZDP nos traz a importante implicação de que o sujeito humano está situado social e historicamente. Afinal, nós pensamos, falamos, desejamos de uma maneira específica em vista do conjunto da nossa experiência social. Nossa posição social é determinante para que nós sejamos o que somos. Com isso, podemos dizer que somos frutos do contexto sócio-histórico em que estamos inseridos.

Essa concepção nos leva ao conceito de *ativismo*, que transcende as limitações do ser em prol da transformação do mundo a partir da colaboração (STETSENKO, 2008). Ou seja, os seres humanos se desenvolvem, se humanizam, agindo e transformando o mundo colaborativamente e não individualmente através de processos genéticos. Isso se deve porque “mesmo o mais mundano processo psicológico humano (como a percepção) é impossível sem um objetivo, uma visão para o futuro que colore as práticas diárias e as imbuí de direcionalidade e valores” (op. cit., p. 485, tradução nossa).

Essa visão de um sujeito agindo sobre o mundo, colaborativamente, o transformando e se desenvolvendo durante o processo como ser humano era o grande projeto de Vygotsky (STETSENKO, 2008), essa concepção também está alinhada com a ideia marxista.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

No presente capítulo, apresentamos uma forma de referenciar abordagens CTS através de um ponto de vista marxista. Apresentamos como essa se relaciona com os pressupostos CTS dentro da educação brasileira e ainda discutimos o quão crítica essa abordagem pode ser em termos do seu propósito educacional apresentados na Matriz Strieder (2012). Além disso, mostramos como articulam as abordagens CTS marxista e a histórico-cultural de Vygotsky. Com isso, temos um referencial para o desenvolvimento do produto educacional, para a sua implementação e também para a sua análise.

Contudo, como vimos, as articulações Freire-CTS possuem um nível de criticidade maior. No entanto, a sua implementação implica em uma mudança mais profunda no atual currículo escolar (STRIEDER, 2012, p. 207), enquanto que uma

abordagem CTS marxista traria um bom nível de criticidade, com pequenas incursões no currículo que não implicariam em uma completa mudança estrutural.

Além disso, é importante sublinharmos aqui algumas importantes contribuições desse capítulo para o produto educacional propriamente dito: (1) o jogo/brinquedo é importante para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, (2) o ser humano está situado social e historicamente e (3) transformamos o mundo de forma ativa e engajada nos desenvolvendo como seres humanos.

## 4 REFERENCIAL SÓCIO-HISTÓRICO

A Grã-Bretanha, em sua Revolução Industrial, foi pioneira em muitos aspectos. Inspirou tanto a industrialização em outros países, como também a própria estrutura capitalista. Esse processo criou toda uma nova classe social: a dos trabalhadores assalariados. A maquinaria se ergueu dentro das indústrias trazendo uma forma de otimizar o tempo e também a mão de obra. A Ciência e a Tecnologia (C&T) começaram a se desenvolver rapidamente, com fáceis aplicações em larga escala. Foi durante a Revolução Industrial que a Química e o Eletromagnetismo estabeleceram suas bases.

É fato que hoje a Grã-Bretanha não é mais a maior potência do mundo. Mas, podemos compreender muito da nossa sociedade atual olhando para esse período histórico. Afinal, “nenhuma mudança na vida humana, desde a invenção da agricultura, da metalurgia e do surgimento das cidades no Neolítico, foi tão profunda como o advento da industrialização” (HOBSBAWM, 2013, p. 10). Além do mais, é no contexto da Revolução Industrial que as máquinas térmicas ganham importância e não apenas nas indústrias, mas também no desenvolvimento de teorias para melhor compreendê-las e em aplicações tecnológicas para melhorá-las. Com base no Movimento CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade), mais do que compreender o contexto em que emergem as máquinas térmicas é necessário compreender as suas implicações no meio social, tanto na vida dos trabalhadores, dos industriários, mas também na própria Grã-Bretanha e seu desenvolvimento e posterior declínio.

Como vimos no capítulo anterior, o Movimento CTS tem ganhado cada vez mais espaço entre discussões pedagógicas nas escolas, sendo que muitos educadores estão revendo suas práticas educacionais sob a ótica desse. O Movimento em si possui muitas vertentes, indo desde a simples contextualização de conteúdos, passando por uma análise de prós e contras da C&T na nossa sociedade e chegando às políticas públicas e aos temas geradores de Paulo Freire. Essas tendências do movimento CTS podem ser encontradas na matriz desenvolvida por Strieder (2012), que, além de discutir isso, nos permite ter uma noção da criticidade dos trabalhos em CTS, nos fornecendo uma potente ferramenta para a análise do Movimento como um todo.

Como o produto educacional deste trabalho de conclusão é um jogo para contextualizar abordagens CTS através de discussões sócio-históricas, no caso, as

máquinas térmicas na Revolução Industrial, precisamos de um referencial que possa auxiliar a ter uma visão mais ampla do papel da C&T no contexto sócio-histórico da Revolução Industrial. De fato, esse referencial sócio-histórico precisa estar de acordo com a visão marxista de C&T, revelando que a tecnologia normalmente favorece um grupo social específico, aumentando a diferença entre classes. Nesse sentido, damos especial atenção ao livro intitulado *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo* (HOBBSAWM, 2013).

Dito isso, temos para este capítulo os seguintes propósitos: (1) Discutir em que medida o advento das máquinas térmicas está (ou não) relacionado a transformações culturais e econômicas importantes – sobretudo, na mudança das condições de vida da classe trabalhadora; (2) Sublinhar que a máquina térmica emerge em um contexto disputado, a serviço de propósitos e grupos sociais específicos.

Com base no período de maior desenvolvimento das máquinas térmicas, este capítulo visa apresentar informações para contextualizar esse conteúdo através de uma abordagem que enfatize as relações sócio-históricas, levando em conta um propósito educacional mais crítico dentro do Movimento CTS.

#### 4.1 MUDANÇAS SOCIOECONÔMICAS DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Discutiremos a seguir a Revolução Industrial separadamente em duas etapas: (1) de 1750 até 1840 e (2) de 1840 até 1960.

##### 4.1.1 PRIMEIRA ETAPA (1750 – 1840)

A Revolução Industrial já havia começado na Grã-Bretanha (mais precisamente na Inglaterra) de 1750, mas jazia silenciosa. A Inglaterra possuía uma atividade manufatureira vasta, o que seria a chave para a Revolução Industrial. Mas a principal fonte de renda desse país estava no comércio, principalmente de escravos e de produtos coloniais. Esse comércio circulava através da frota da marinha britânica e se concentrava em Londres e em cidades portuárias. Nesse período, a Inglaterra acumulou muitas riquezas, mas apenas um quarto da riqueza que possuía era produzida dentro do país, sendo que a maior parte provindo das suas colônias (HOBBSAWM, 2013).



A máquina a vapor já havia surgido por esse tempo. Ela já substituía o trabalho de inúmeros homens nas minas, como observado pelo abade Le Blanc, “realmente multiplicam os homens ao diminuírem sua labuta [...] Assim, nas minas de carvão de Newcastle, uma só pessoa pode, empregando uma máquina igualmente surpreendente e simples, alçar quinhentas toneladas de água à altura de cento e oitenta pés” (LE BLANC *apud* HOBSBAWM, 2013, p. 13).

Mas foi apenas com uma decisão tomada no final do séc. XVII que o mercado interno inglês se desenvolveu em grandes proporções: a proibição da importação de tecidos de algodão estrangeiros. Isso criou um mercado interno protegido, favorecendo o crescimento da indústria têxtil nacional que produzia o tradicional tecido de lã britânico. Após o fortalecimento do mercado interno, a Grã-Bretanha pode exigir livre acesso ao mercado de outras nações. Esta proibição favoreceu a posterior Revolução Industrial (HOBSBAWM, 2013).

O algodão era o item de primeira linha na Revolução Industrial, porque os bens de consumo, como alimentação e vestuário, possuem um mercado de massas em economias pré-industriais, enquanto que os chamados bens de capital, como o carvão, o ferro e o aço, só tomam esse mercado em economias em processo de industrialização ou já industrializadas. Entre 1815 e 1825, cerca de metade do valor das importações britânicas eram em produtos de algodão. O algodão contribuía muito para o acúmulo de capital, porque teve uma rápida mecanização e contava com uma mão de obra barata, de mulheres e adolescentes (HOBSBAWM, 2013).

Na década de 1830, iniciou-se uma grande instabilidade dentro da Revolução Industrial. Ela foi marcada por uma depressão econômica causada principalmente pela forma inicial de capitalismo, por movimentos de trabalhadores contra a maquinaria (Ludismo e Cartismo), pressão ao governo em prol de uma reforma parlamentar por parte de industrialistas e trabalhadores (HOBSBAWM, 2013).

Essa forma rudimentar de capitalismo estava fundamentada em uma política por parte dos industriários de baixos salários para a classe trabalhadora (HOBSBAWM, 2013). Esse salário de subsistência gerou uma tensão entre as classes. Por meados da década de 1830 o capitalismo sofria com uma deflação, o que dificulta o crescimento econômico por parte dos capitalistas, os industriários brigavam por leis econômicas que lhes favorecessem e os trabalhadores, que já haviam crescido em número, por leis trabalhistas. Todas essas tensões pareciam que fariam a estrutura capitalista se desfazer.

Uma das soluções para a crise instaurada na década de 1830 foi aumentar os salários dos trabalhadores deixando para trás os salários de subsistência, dessa forma, dando a eles condições para adquirirem bens e com isso movimentar o capital (HOBSBAWM, 2013). Mas, além dessa solução, a crise começou a se solucionar com uma nova etapa da industrialização inglesa, a dos bens de capital, ou seja, do carvão, do ferro e do aço. Essa etapa foi impulsionada pelas ferrovias.

A Revolução Industrial foi uma grande transformação social que deixou a vida de muitos irreconhecível. Os primeiros anos da Revolução Industrial inglesa trouxeram uma nova forma de sociedade que poderia ser distinguida entre trabalhadores e industriais. Nesse início, algumas industrializações ainda confundiam estruturas antigas de sociedade, como, por exemplo, a dos produtores de ferro que mais lembrava as relações de lealdade entre fidalgos e lavradores (HOBSBAWM, 2013). Mas, com o tempo, a estrutura social capitalista ia ganhando corpo.

O modelo de família estava se modificando, afinal os homens não admitiam perder a sua independência para uma fábrica que até poderia pagar melhor que o trabalho no campo, embora ainda fosse um salário de fome. Dessa forma, eram as mulheres e crianças, mais dóceis, que acabavam por trabalhar nas fábricas. Em 1838, apenas 23% dos trabalhadores fabris eram homens (HOBSBAWM, 2013).

Movimentos trabalhistas logo surgiram e, com o auxílio dos mais hábeis (que cumpriam uma função não tão fácil de ser substituída), formaram os primeiros sindicatos. Esses movimentos eram apoiados por alguns empresários, mas esses eram apenas os que acabaram por investir menos nos processos de mecanização e, com isso, poderiam ter uma forma de competir contra aqueles que investiram nesses processos e acabavam por serem mais bem-sucedidos, afinal poderiam produzir produtos muito mais baratos (HOBSBAWM, 2013).

A aristocracia e os proprietários de terra foram pouco afetados em termos sociais na Revolução Industrial, mesmo com o grande aumento de suas rendas. Mas em meio a esses uma quantidade expressiva de empresários provincianos despontava (posteriormente denominada de classe média). O governo cedia cadeiras no parlamento para alguns empresários ou filhos desses e muitos eram agraciados com títulos nobres. No entanto, a quantidade de empresários provincianos era tanta que faltava espaço na nobreza para todos, mas esses estavam mais preocupados em um ideal de sociedade individualista, ou seja, familiar (HOBSBAWM, 2013). Eles

preferiam se voltar à família, aproveitando os momentos com essa e também em viagens, arte, literatura, do que socializar com a aristocracia.

Essa nova classe média estava feliz, mas os pobres não estavam nada contentes. Isso porque o mundo e o estilo de vida deles foram destruídos durante a Revolução Industrial sem serem substituídos por nada em um primeiro momento. E essa desapropriação da humanidade é o cerne da questão dos efeitos sociais da Revolução. Afinal, o processo de industrialização é uma mudança nacional do consumo para o investimento, o que, em uma economia capitalista, significa uma transferência de renda dos pobres para os ricos (HOBSBAWM, 2013).

Em suma, a Revolução Industrial da Grã-Bretanha substituiu “o servo e o homem pelo operador ou braço” (HOBSBAWM, 2013, p. 75; *grifo nosso*), exceto no caso do trabalho doméstico, que cresceu com a nova classe média. Além disso, o trabalho fabril impõe uma regularidade e uma rotina diferentes daqueles do período pré-industrial. O trabalhador pré-industrial estava acostumado a se organizar por variações nas estações e no tempo, sendo que ele poderia optar por se divertir ao invés de trabalhar. Segundo Hobsbawm (2013):

A indústria traz consigo a tirania do relógio, a máquina que regula o tempo, e a complexa e cuidadosamente prevista interação dos processos: a mensuração da vida não em estações [...] ou mesmo em semanas e dias, mas em minutos, e, acima de tudo, uma *regularidade* mecanizada de trabalho que se choca não só com a tradição mas também com todas as inclinações de uma população ainda não condicionada para ela. (op. cit., p. 76; *grifo nosso*)

Como veremos mais adiante, essa rotina trazida pela indústria também se deve ao fato da iluminação a gás nas fábricas.

Toda essa nova regularidade não era bem assimilada pelos homens. Sendo esses forçados por leis e salários extremamente baixos, fazendo-os trabalhar ininterruptamente, exceto nos horários de comer e dormir e também no dia do Senhor. As cidades cresciam a um ritmo tão grande que as condições básicas de saneamento não acompanhavam, sendo que logo as cidades estavam tomadas pela cólera e pela a febre tifóide. A cidade era, para os pobres, “uma lembrança concreta da sua exclusão da sociedade humana” (HOBSBAWM, 2013, p. 78). As epidemias não poupavam nem a classe média, sendo que uma reforma sanitária se iniciou por volta

de 1850, melhorando os sistemas de esgotos, suprimento de água, limpezas de rua etc. Algumas *agitações radicais* garantiram também espaços abertos e parques. Ou seja, a população lutava pelo seu espaço através dos chamados *mecanismos de pressão*, como os que vimos na matriz Strieder (2012), que aponta que é importante em uma Abordagem CTS mostrar esses contextos disputados.

Entre 1830 e 1850, cerca de 10% da população inglesa era formada por indigentes; isto é, pessoas que eram incapazes de trabalhar, como, por exemplo, os idosos (HOBSBAWM, 2013). Naquela época, os grupos de trabalhadores ainda possuíam concepções rurais de sociedade onde todo o homem tinha o direito de ganhar a vida ou ser mantido vivo por sua comunidade. A melhor forma dos trabalhadores se manterem era através das Sociedades de Amigos e os posteriores sindicatos. No século XVIII esses sindicatos já estavam em gestação, mesmo que através da chamada *barganha coletiva por tumulto* (op. cit.). Os artesãos existiam em uma faixa entre a classe média e os trabalhadores, acabando por serem os líderes desse último grupo. Esses eram hostis ao capitalismo e aspiravam uma sociedade justa e progressista do ponto de vista técnico. Apesar das derrotas sofridas, os movimentos trabalhistas tiveram força até 1840 e só ressurgiriam mais de 40 anos depois.

Essa concepção dos artesãos de sociedade justa e progressista com base em um ponto de vista tecnicista, possui relação com o mito da *superioridade do modelo de decisões tecnocráticas* (AULER; DELIZOICOV, 2001), que consiste basicamente de que decisões baseadas em C&T são superiores a outras. Segundo Auler e Delizoicov (op. cit.), esse mito contribui ao modelo linear de CTS e deve ser criticado. Como podemos ver através da visão dos artesãos, esse mito está fortemente arraigado em nossa sociedade

Ainda sobre os artesãos, apesar da maquinaria industrial substituir a mão de obra de trabalhadores, eles se beneficiaram dessa mudança organizacional da indústria. Conforme denominado por Lima Junior et al. (2014), esse grupo seria a elite tecno-científica em nossa sociedade, sendo atualmente compreendido como o grupo especializado em C&T. Sob o ponto de vista do mito da *superioridade do modelo de decisões tecnocráticas* (AULER; DELIZOICOV, 2001), a elite tecno-científica pode, como já discutimos, servir aos interesses do capitalista, porque se beneficiaria com isso.

#### 4.1.2 SEGUNDA ETAPA (1840 – 1960)

Já na segunda etapa da Revolução Industrial, apesar do grande investimento nas ferrovias, essa não rendeu muitos lucros. No entanto, ele produziu algo que seria mais valioso para a nação, isto é, um novo sistema de transportes, um novo meio de mobilizar a acumulação de capital de todos os tipos para fins industriais e, principalmente, uma grande fonte de novos empregos (HOBSBAWM, 2013).

Apesar dos grandes avanços em termos sociais e capitais desta segunda fase, ela sofreria com o que ficou conhecido como Grande Depressão. A revolução dos transportes causou uma queda nos custos na indústria em geral, gerando uma queda nos preços (deflação) que perdurou 20 anos (HOBSBAWM, 2013). Essa depressão foi um fenômeno global e muitos países saíram prejudicados, embora alguns tenham se beneficiado. Esse foi o caso dos Estados Unidos e da Alemanha, que superaram a economia britânica, sendo que essa deixou de ser a *oficina mecânica do mundo*. A única solução encontrada pela Grã-Bretanha para a Grande Depressão foi “a conquista econômica [...] de áreas do mundo até então inexploradas. Em outras palavras, o imperialismo” (op. cit., p. 122).

A Grã-Bretanha voltara-se para os países subdesenvolvidos de forma a tentar criar um sistema (ingênuo) onde esses países trocariam os produtos primários pelas manufaturas britânicas. Na verdade, a maior parte desses países se desenvolveu com base em seus produtos locais os quais a Inglaterra era a principal consumidora. Segundo Hobsbawm (2013, p. 142), esse sistema “foi um passo atrás, porque trocou o Império informal, que compreendia a maior parte do mundo subdesenvolvido, por um Império formal, que se compunha de apenas um quarto dele”.

Os países subdesenvolvidos salvaram a economia britânica. Esse é o caso da América Latina, mais especificamente do Brasil, que em 1840 absorvera cerca de 35% da produção de tecidos de algodão inglesa (HOBSBAWM, 2013). A Índia também absorvera parte desse mercado após o início da Grande Depressão. O fim deste grande Império do algodão foi quando os últimos compradores implantaram suas próprias indústrias.

O que mantinha de fato os negócios ingleses fluindo, mesmo em pleno declínio, era na verdade o transporte de mercadorias. A maior parte dos países em processo de industrialização não conseguia estabelecer um comércio marítimo como o inglês, beneficiando assim esse país. Essa trama só foi desfeita após a I Guerra Mundial,

principalmente pelo fato da Grã-Bretanha ter sido obrigada a liquidar com todos os seus investimentos nos Estados Unidos, com isso perdera o posto de maior nação credora do mundo para esse país. A Inglaterra ainda tentou se recuperar, mas “a Depressão de 1929 destruiu a ilusão de um retorno à *belle époque* anterior a 1913, e a II Guerra Mundial sepultou-a.” (HOBSBAWM, 2013, p. 145).

Essa nova fase da Revolução Industrial afetou muito mais a vida do cidadão comum. Ela alterou a velocidade do movimento, entrelaçou através de uma rotina “gigantesca, nacional, complexa e exata” (HOBSBAWM, 2013, p. 100), representada pelos horários dos trens, a vida de toda a nação. Pela primeira vez na história a indústria do ferro supriu o mercado com abundância desse material e, ainda mais importante, com o aço, que até então só era produzido por métodos antiquados.

De uma forma geral, as ferrovias trouxeram emprego para aqueles que tinham dificuldade em conseguir trabalho, ou seja, trabalhadores entre a população agrícola excedente e sem qualificação. Apesar dessa desqualificação de mão de obra, a indústria ferroviária pagava salários melhores do que aqueles dos bens da primeira etapa da Revolução. Além disso, o setor de mão de obra qualificada recebeu um estímulo semelhante, porque demandava incremento na indústria mecânica, construção de maquinário etc (HOBSBAWM, 2013).

Nesta época, já se sabia que maiores salários e menores jornadas de trabalho aumentavam os lucros. No entanto, pelo menos inicialmente, os empresários não confiavam nessa teoria e continuavam aumentando as jornadas de trabalho e reduzindo os salários. Aos poucos as mudanças foram ocorrendo e os empresários foram cedendo a uma menor jornada de trabalho e maiores salários. Logo os trabalhadores estavam dispensados após meio turno de trabalho aos sábados. Os sindicatos tornaram-se permanentes neste novo cenário e receberam a concessão ao que equivale o seu moderno estatuto legal (HOBSBAWM, 2013).

Nas épocas vitorianas e eduardianas, os chamados “anos áureos”, o padrão de vida dos britânicos melhorou, embora não tanto quanto os contemporâneos pensam. O salário real médio em 1900 era um terço maior do de 1875 e 84% maior do de 1850 (HOBSBAWM, 2013). Apesar do aumento dos salários grande parte da classe trabalhadora vivia em situação de pobreza. O primeiro exame médico em massa para o serviço militar da Grã-Bretanha revelou um quadro assustador de uma “classe trabalhadora definhada e debilitada por um século de industrialismo” (op. cit., p. 159). Apenas um terço dos jovens possuía condições satisfatórias.

## 4.2 IMPLICAÇÕES DE C&T NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Apesar dos avanços dos teares, o processo de mecanização da mão de obra crescia lentamente. Isso porque neste início da Revolução Industrial, pequenas aplicações de métodos antigos davam grandes resultados. Existiam grandes avanços científicos e tecnológicos, havia pessoas dispostas a investir, mas o imediatismo acabava por ser o método mais empregado pelos industriais (HOBSBAWM, 2013).

Apesar de intuitivamente pensarmos que a Revolução Industrial seja um período de amplo desenvolvimento e aplicação da termodinâmica (onde a teoria do calórico ainda era utilizada por muitos cientistas, como, por exemplo, Sadi Carnot), os maiores investimentos em tecnologia eram na iluminação a gás, que, com testes em 1792, já em 1805 era aplicada dentro das fábricas (HOBSBAWM, 2013). Dessa forma, aumentando a jornada de trabalho na indústria. Essa aplicação tecnológica permitiu que as indústrias não mais contassem com fatores climáticos, ou mesmo o anoitecer, para o seu funcionamento. Com isso, as fábricas trabalhavam noite e dia, mesmo quando este era nublado. Além disso, a indústria química se desenvolvia em ritmo acelerado. Ela servia para a tintura e pintura dos tecidos, principalmente com as anilinas.

Apesar dos maiores investimentos tecnológicos estarem na iluminação a gás, foi uma busca por processos de mecanização do carvão que, mesmo antes do desenvolvimento dessa iluminação, permitiu o avanço das máquinas a vapor e também de outras tecnologias. O carvão começou a se desenvolver mais durante o processo de urbanização, onde era utilizado nas lareiras. No entanto, a extração do carvão ainda era muito primitiva. O aumento no consumo fez com que as técnicas fossem melhoradas. Essas melhorias foram feitas utilizando a máquina a vapor, que bombeava a água de dentro das minas e ainda podia transportar o mineral de seu interior. Isso ocorreu muito antes de James Watt empregar uma versão aperfeiçoada para mecanismos enroladores em 1790, o que permitiu a aplicação dessa tecnologia na indústria (HOBSBAWM, 2013).

A Grã-Bretanha sempre teve grandes dificuldades para a produção de ferro e isso impediu por muito tempo a sua industrialização. Foi apenas com as estradas de ferro que esse mineral encontrou uma forma de mercado. O ferro começou a ser procurado para outras finalidades, como máquinas, ferramentas, tubos, pontes, materiais de construção e utensílios domésticos, mas ainda assim a produção

nacional se manteve muito baixa para uma industrialização. Ele estimulou diversas atividades que o consumiam, como o carvão, a máquina a vapor e o transporte. Mas, ainda assim, a siderurgia só teria uma revolução industrial por meados do século XIX (HOBSBAWM, 2013). Isso também fez a indústria do aço surgir.

Um dos pontos importantes da segunda etapa da Revolução foi o papel que a C&T ganharam. O que antes era feito com uma ciência secundária, mais no nível do “vendo se dá certo” do que de uma ciência complexa, agora necessitava do auxílio da C&T para funcionar. Como exemplo, temos o estudo da borracha e do petróleo para a aplicação nas estradas de ferro (HOBSBAWM, 2013).

Enquanto a Física Clássica já era conhecida há muito tempo, a Química Inorgânica surgia nas primeiras fases da industrialização e em seguida, na segunda fase, se constituíram o Eletromagnetismo e a Química Orgânica. No entanto, os conhecimentos científicos se faziam com o mínimo necessário nos principais progressos da segunda metade do séc. XIX. Antes um inventor que nunca tivesse ouvido falar em Newton era capaz de criar algo significativo. No entanto, nessa segunda fase da Revolução, os campos científico, técnico, industrial e das instituições científicas cada vez mais se interligavam para produzir tecnologia (op. cit., 2013).

Observando essa necessidade de interação entre os campos científicos, técnicos e industriais para a produção de tecnologia, Hobsbawm (2013) reconhece que esses campos se desenvolvem de maneira independente um do outro. Essa diferença é importante para as Abordagens CTS, porque demonstra uma crítica ao modelo linear. Isso também é evidenciado por Strieder (2012) que no segundo nível do Desenvolvimento Tecnológico de sua matriz discute que a tecnologia não é ciência aplicada.

Foi na segunda etapa da industrialização que surgiram bens de consumo duráveis e relativamente baratos, como a máquina de costura e a bicicleta (HOBSBAWM, 2013). Esse meio de transporte entrou para a cultura britânica quase que imediatamente, embora o pobre não tivesse acesso a ela. Mas para a classe trabalhadora surgiu o primeiro meio de transporte coletivo: o bonde.

Embora tenha sido pioneira em muitos fatores, a Grã-Bretanha da era vitoriana era inculta. Isso porque a alfabetização não era universal e os filhos da classe média só foram receber um sistema de educação elementar por volta de 1870. A escola pública serviu de modelo para o novo sistema de educação secundária em 1902, tendo como objetivo a exclusão dos filhos de trabalhadores dos colégios superiores.



O conhecimento científico, principalmente, virou segundo plano no novo sistema educacional britânico. Isso era uma forma rígida de diferenciar as classes. Como salientado por Hobsbawm (2013, p. 164), “os britânicos entraram no séc. XX e na era da ciência e da tecnologia modernas como um povo espetacularmente mal-educado”.

O pioneirismo britânico na indústria química com as anilinas em 1840 não foi o suficiente para manter o país em primeiro lugar na produção. Em 1913 a Alemanha já possuía um mercado muito maior que o da Grã-Bretanha, exportando até mesmo para essa (HOBBSAWM, 2013). Esse mesmo pioneirismo ocorreu na área eletrotécnica com James Maxwell e Michael Faraday, embora não verificado em desenvolvimento tecnológico acentuado como o que ocorreu nos Estados Unidos. Dois anos antes do nascimento do americano Thomas Edison, em 1845, o inglês Joseph Swan já pensava numa lâmpada incandescente com filamento de carvão (op. cit.).

Os motores a vapor já existiam e já haviam evoluído em 1838. Mas, ainda assim, um quarto das necessidades energéticas supridas nas fábricas era hidráulica (HOBBSAWM, 2013). Isso porque os britânicos acreditavam mais em métodos simples, eficientes e baratos. Por que arriscar investindo na tecnologia das máquinas a vapor se os industriários ainda adquiriam grandes lucros com os métodos antigos? É fato que a Grã-Bretanha evoluiu muito mesmo sem usar a máquina a vapor em larga escala, mas essa falta de empreendedorismo foi crucial para que ela perdesse o título de “oficina mecânica do mundo”. Os Estados Unidos e a Alemanha investiram pesado em métodos mais modernos, como o uso da máquina a vapor, na indústria. Isso fez com que esses países pudessem produzir bens de consumo muito mais baratos que os ingleses.

Pode ser paradoxal imaginar que a Inglaterra tenha atingido resultados tão expressivos em sua Revolução Industrial, mesmo sem um grande uso do motor a vapor. Mas foi provavelmente essa preferência pelo imediatismo, buscando métodos mais baratos para atingir lucros e, com isso, investindo pouco na tecnologia das indústrias, que fez com que o país perdesse o seu posto de maior economia do mundo.

#### 4.3 O COMEÇO DO DECLÍNIO

A Grã-Bretanha se manteve conservadora na chamada Segunda Revolução Industrial, enquanto que outros países, como a Alemanha e os Estados Unidos,

investiram profundamente em mudanças nos processos de produção. Essa diferença entre uma política conservadora e uma dinâmica fez toda a diferença para o declínio inglês (HOBSBAWM, 2013).

As primeiras fábricas da indústria têxtil já almejavam se tornar um autômato “gigantesco e complexo” (HOBSBAWM, 2013, p. 170), mas pararam nos primeiros investimentos. A indústria britânica não via por que automatizar ainda mais as suas fábricas, um investimento dispendioso, sendo que os métodos tradicionais ainda tinham previsão de lucros para longos anos. Enquanto isso, os rivais da Grã-Bretanha investiram em processos novos e ganharam vantagem econômica. Nesta Segunda Revolução Industrial, os capitalistas britânicos estavam mais preocupados em manter o seu conforto e um *status* em meio à sociedade aristocrática do que correr riscos aparentemente desnecessários.

A indústria têxtil levou poucos à falência entre o período de 1905 e 1909, sendo que no mesmo período faliu uma média anual de 390 na indústria da metalurgia (HOBSBAWM, 2013, p. 182). Isso reforça a cautela inglesa em investir em novas áreas e em novos processos. O planejamento do processo de produção de massas através de uma administração científica (fordismo), o qual os Estados Unidos foram pioneiros, também faz parte dessa modificação no sistema fabril trazida principalmente pela automação e pela escassez de mão de obra qualificada. Essa administração consistia na análise e decomposição das tarefas, tanto as humanas quanto as mecânicas.

O crescente aumento dos rendimentos das massas de trabalhadores seria mais um ponto importante da Segunda Revolução Industrial e nisso mais uma vez os Estados Unidos ganharam vantagem. Essa vantagem se deu em fato pelo tamanho de seu mercado interno e também pelo alto salário dos trabalhadores. Com isso, focar-se em um mercado de massas se mostrou promissor (HOBSBAWM, 2013).

A livre concorrência foi outro ponto importante que marca a diferença entre as duas etapas aqui discutidas da Revolução. Essa livre concorrência era vista com maus olhos por todas as tendências políticas. As grandes empresas se mostraram, em longo prazo, serem mais dinâmicas, eficientes e aptas do que as pequenas neste novo mercado competitivo que se iniciava. As grandes empresas estatais surgiram neste segundo período, deixando para trás “o ideal vitoriano de um Estado que se abstinhasse deliberadamente de orientação e interferência econômica” (HOBSBAWM, 2013, p. 173).

A Grã-Bretanha atrasou-se em todos os aspectos apresentados em relação aos Estados Unidos e a Alemanha. Isso a transformou da “economia industrial mais dinâmica na mais retardada” (HOBSBAWM, 2013, p. 173). O atraso educacional inglês foi um dos motivos nesta perda da dianteira da “oficina mecânica do mundo”, embora não faltassem verbas para serem investidas. De certa forma, a Grã-Bretanha poderia ter se adaptado as novas condições, mas não o quis. Provavelmente isso se deve ao fato da falta de iniciativa por parte dos empresários e também pelo conservadorismo britânico. De forma geral, a economia inglesa tendeu a fugir do empreendedorismo da indústria e se concentrou no comércio e operações financeiras, tornando-se “uma economia mais parasitária que competitiva, vivendo do que sobrava do monopólio mundial, do mundo subdesenvolvido, de suas acumulações de riquezas no passado e do progresso de suas rivais” (HOBSBAWM, 2013, p. 187). Isso acabou fortalecendo ainda mais os seus rivais, embora trouxesse para a época bons lucros.

A maior parte dos britânicos não se importava com essas questões econômicas, afinal eles estavam se beneficiando “da mais longa e contínua fase de prosperidade na história moderna do país” (HOBSBAWM, 2013, p. 262), que veio no período pós-guerras. A “crise” era incompreensível para muitos, porque o povo se beneficiava com bens de consumos, como ferros elétricos, televisores, aspiradores de pó, máquinas de lavar roupa e refrigeradores. Esses bens estavam na maior parte das casas. Em parte, essa prosperidade se devia à revolução tecnológica e ao aumento dos rendimentos, mas, principalmente, à venda com alienação fiduciária, as compras a prestações.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

O contexto sócio-histórico no qual se desenvolve as máquinas térmicas nos traz uma maior compreensão das relações sociais às quais existem até os dias atuais em nossa sociedade. Acreditamos que a Revolução Industrial possa contribuir além do contexto tecnológico em que as máquinas térmicas surgem. Os livros didáticos de Física e os professores em sala de aula poderiam utilizar a história do desenvolvimento da nossa sociedade moderna para refletirmos sobre diferenças de classe e ainda de que a C&T normalmente servem a um grupo específico da sociedade.

É importante percebermos que por mais que os professores de Física possam reconhecer o período da Revolução Industrial como importante para o chamado advento da máquina térmica, normalmente apontando essa tecnologia como sendo o fator principal desse contexto, a máquina térmica demorou a ganhar espaço dentro da indústria, tornando-se fundamental apenas na segunda etapa da Revolução.

Outro fator importante que o referencial sócio-histórico nos traz, foi a percepção de que a opção por métodos com menores investimentos foi provavelmente o principal fator da perda da dianteira da Grã-Bretanha como principal economia mundial. Sendo que aqueles países que tomaram a dianteira optaram por uma industrialização massiva e fazendo maior uso da máquina a vapor.

Visando o desenvolvimento de um produto educacional voltado para professores do Ensino Médio, o presente capítulo nos permite um melhor entendimento do contexto da Revolução Industrial. Esse entendimento serve tanto para o desenvolvimento da proposta educacional, apresentada no próximo capítulo, quando para a criação do guia voltado para os professores. Nesse guia, temos um texto sobre o período histórico da Revolução Industrial, onde são discutidas, principalmente, as modificações sofridas pelas diferentes classes trazidas pela mecanização da mão de obra.

## 5 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Como discutimos, desde o início deste Trabalho de Conclusão, nossa proposta envolve a utilização de elementos do jogo de *Roleplaying Game* (RPG) como recurso didático para uma abordagem CTS marxista do conteúdo de máquinas térmicas contextualizados na Revolução Industrial. É importante lembrarmos também que essa proposta educacional visa uma aproximação com as teorias curriculares críticas, principalmente no que diz respeito à discussão da diferença entre classes sociais (SILVA, 1999).

Revisitando a matriz apresentada por Strieder (2012), construímos uma proposta educacional que visa articular tanto a Participação Social, quanto o Desenvolvimento Tecnológico e a Racionalidade Científica de forma a atingirem o nível 4 dessa matriz. Ou seja, almejamos discutir uma Participação Social que demonstre o que ocorre com os diferentes atores sociais envolvidos em uma implementação de Ciência e Tecnologia (C&T), um Desenvolvimento Tecnológico em que a tecnologia serve para aumentar a diferença entre classes sociais e uma Racionalidade Científica onde os trabalhos em Física Térmica, principalmente os de Carnot e Watt, serviam para melhor dominar as máquinas térmicas, ou seja, eram influenciados diretamente pela reprodução do capital.

A proposta principal para este trabalho foi desenvolver o conteúdo de máquinas térmicas propiciando aos alunos uma abordagem que vise criar um ambiente no qual eles possam repensar de forma crítica o papel das tecnologias na sociedade. Com isso, dividimos o conteúdo em 9 blocos didáticos (horas-aula), sendo que parte desses serviram como apoio e desenvolvimento do conteúdo que aparece no jogo e os demais para dinâmicas que envolveram elementos do RPG. No entanto, para melhor entendermos as dinâmicas utilizadas em sala de aula, é importante compreendermos o que é o RPG e quais são as suas principais características.

### 5.1 O ROLEPLAYING GAME

O RPG é um jogo criado em meados da década de 70 e foi inspirado, inicialmente, no universo literário do escritor sul-africano J. R. R. Tolkien, autor de diversos livros de fantasia medieval, entre eles *O Senhor dos Anéis* em sua trilogia – *A Sociedade do Anel* (TOLKIEN, 2000a), *As Duas Torres* (TOLKIEN, 2000b) e *O*

*Retorno do Rei* (TOLKIEN, 2001). O primeiro jogo, denominado *Dungeons & Dragons* (D&D), envolvia grupos de personagens que vivenciavam histórias inspiradas nos livros do universo de Tolkien.

O jogo possui uma base imaginativa, sendo uma espécie de teatro entre amigos. Diferentemente de um teatro, os jogadores, denominados *rpgistas*, não possuem um conjunto de falas ou cenas pré-definidas. Eles criam seus próprios personagens considerando o contexto da temática estipulada para o jogo e, eventualmente, utilizando um conjunto de regras. No jogo de D&D, os jogadores poderiam interpretar personagens com base no seu papel no jogo. Como exemplo, os personagens podem ser guerreiros, elfos, anões, magos, dentre outros. As características desses personagens corresponderiam às raças dos personagens (humano, elfo, anão) e às suas classes (guerreiro, mago). A raça conecta o personagem a uma tradição, um modo de vida, enquanto que a classe está ligada ao que o ele faz, como, por exemplo, uma profissão. As classes e raças podem possuir nomes diferentes conforme o cenário, mas essas correspondem ao papel desempenhado pelo personagem no jogo.

O cenário do jogo define os tipos de personagens que podem existir e a história propriamente dita. Os cenários mais famosos do RPG são aqueles que fazem parte da chamada fantasia medieval, como o D&D. No entanto, existem inúmeros jogos, podendo o cenário ser tanto no passado (sendo esse fictício ou não) ou no futuro. Para que a história ocorra, é importante que dentro desse cenário exista uma espécie de situação a ser resolvida, como uma missão. Como um exemplo de situação, temos aquele que ocorre no livro *O Senhor dos Anéis* (2000a; 2000b; 2001), em que O Um Anel deveria ser levado até a Montanha da Perdição para ser destruído.

A história e, conseqüentemente, as cenas vão acontecendo na medida que elas vão sendo contadas por um dos jogadores, denominado *mestre/narrador*, com base nas ações dos outros jogadores. O mestre/narrador é responsável pela manutenção das regras do jogo, mas também é responsável por criar a história em que conduzirá os demais jogadores. Além disso, o mestre não possui um personagem fixo, porque precisa interpretar a história. Com isso, ele interpreta os demais personagens necessários para que a história ocorra. Como é um jogo que envolve a imaginação, é importante que a história não seja rígida, porque essa é continuamente influenciada pelas ações dos jogadores. Dessa forma, o mestre deve estar pronto para eventuais modificações na história previamente pensada.

As regras, normalmente dispostas em um livro, servem para resolver conflitos do tipo que ocorriam na brincadeira de *Polícia e Ladrão*, em que um dos participantes dizia que havia acertado o outro e esse segundo negava, sem que houvesse uma forma efetiva para resolver o conflito. Basicamente, o RPG é um jogo em que a interpretação é o mais importante, no entanto, as regras servem para resolver situações em que exista um caráter aleatório e diferenciar os personagens dos seus respectivos jogadores. Por exemplo, um personagem pode ser muito bom em manipular os outros, mas o jogador não, sendo assim, fazemos o uso das regras para verificar se essa ação (de manipulação) tem êxito ou não. Nesses momentos em que uma determinada característica ou habilidade do personagem se difere daquela do jogador, ou ainda, em que existe a chance de sucesso em uma dada ação (aleatoriedade), fazemos o uso de regras para dar equilíbrio ao jogo.

Os dados são as principais ferramentas que representam o uso das regras em um RPG. Esses dados podem ser os tradicionais de 6 faces, mas outros tipos podem ser utilizados, sendo esses de 4, 8, 10, 12 ou 20 faces. No entanto, os dados representam apenas um elemento de aleatoriedade, sendo que podem ser utilizados outros elementos no jogo, como, por exemplo, jogadas de *par ou ímpar* ou ainda *pedra, papel e tesoura*. O livro de regras define como resolver as situações do jogo e, quando esse não possuir uma explicação clara, o mestre decide. Como já dito, o RPG é um jogo de imaginação, sendo que, dessa forma, as regras servem para auxiliar e dar equilíbrio ao jogo e nunca atrapalhar a diversão.

No contexto do Ensino de Ciências, o RPG pode ser utilizado para a avaliação (CAVALCANTI; SOARES, 2009) ou ainda, como vimos no Capítulo 2, para a discussão de questões sócio-científicas como em um Júri Simulado (LEONOR et al, 2013; BRITO; SÁ, 2010), sendo esse uma espécie de RPG. Samagaia e Peduzzi (2004) fazem uso do RPG utilizando o contexto do Projeto Manhattan para abordar conceitos de Energia Mecânica e Física Nuclear com os estudantes da 8ª série do Ensino Fundamental, em que esses interpretavam cientistas, políticos, jornalistas e pessoas selecionadas da sociedade. Nos inspiramos principalmente nessa proposta desenvolvida por Samagaia e Peduzzi (op. cit.) para o desenvolvimento do produto educacional.

Dos elementos do RPG listados nesta sessão, utilizaremos (1) o cenário, sendo que nesse existirá uma situação-problema (a missão) para conduzir o jogo, (2) o mestre, sendo esse o professor, e (3) as raças/classes, interpretadas como

personagens pelos alunos e relacionadas aos grupos sociais que desejamos evidenciar. As regras serão controladas pelo professor, que será o mestre/narrador, sendo que não faremos uso de dados ou outro elemento de aleatoriedade.

## 5.2 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Para aplicar esta proposta os alunos devem ter uma série de requisitos, que foram trabalhados anteriormente à aplicação da dinâmica. No segundo trimestre letivo, os alunos estudaram conteúdos de energia mecânica e trabalho, assim como de temperatura e calor. Estes conteúdos são fundamentais para o desenvolvimento do conteúdo de máquinas térmicas. No início do terceiro trimestre letivo de 2014 ocorreu a aplicação desta proposta, a qual será discutida no Capítulo 6.

Dentro do contexto do jogo os alunos discutem e fazem uso dos seguintes conteúdos:

- Gases Ideais;
- Primeira Lei da Termodinâmica;
- Segunda Lei da Termodinâmica;
- Máquinas Térmicas;
- Ciclo de Carnot e eficiência.

Para utilizar elementos do RPG para uma abordagem CTS marxista, precisamos de três características básicas: (1) o contexto sócio-histórico no qual temos uma implementação em C&T, servindo como cenário para o jogo, (2) uma decisão que a ser tomada por um grupo específico da sociedade, sendo essa a situação-problema (a missão) que guiará o jogo, e (3) os grupos sociais, sendo esses (3.a) os capitalistas, responsáveis pela decisão, (3.b) os tecnocratas, responsáveis pelas informações tecnocientíficas e (3.c) a minoria social (trabalhadores), que sofrem diretamente as consequências da decisão. Esses grupos sociais são os personagens que os alunos interpretaram, correspondendo às raças/classes em um jogo de D&D.

O contexto sócio-histórico do desenvolvimento das máquinas térmicas durante a Revolução Industrial foi o escolhido para o produto educacional. Nesse contexto, temos uma importante tecnologia que está rapidamente se expandindo e, mais do que isso, modificando o padrão de vida da sociedade, principalmente dos trabalhadores, como vimos no Capítulo 4. Para a proposta didática, foi utilizado o cenário de uma



fábrica de tecidos no início da Revolução Industrial que deseja comprar a tecnologia das máquinas a vapor para aumentar sua produção.

A decisão a ser tomada envolveu um grupo familiar, dono de uma fábrica têxtil, correspondendo aos capitalistas. Esse grupo decidiu entre duas opções de máquinas térmicas a ser adotada pela sua indústria, o motor a vapor de (1) Newcomen e o de (2) Watt. É importante observarmos que essa decisão afeta não apenas os ganhos futuros da fábrica, mas também os seus trabalhadores. Esse tipo de discussão é o que a proposta educacional busca para a sala de aula.

Para a tomada de decisão, explicada anteriormente, os alunos foram divididos entre quatro grupos sociais, sendo esses: (1) empresários, os donos da fábrica têxtil; (2) trabalhadores; (3) imprensa, correspondente ao jornal local; (4) cientistas e técnicos, sendo que neste último grupo houve dois subgrupos, o da máquina de (4.a) Newcomen e o da (4.b) máquina de Watt, cada qual competindo com o outro para realização de seus interesses. Esses grupos sociais estão descritos no Quadro 5.1.

O número mínimo e máximo de alunos nos grupos foi escolhido de forma a haver uma discussão entre os participantes do grupo, mas com uma distribuição homogênea entre os estudantes nos grupos. Como eventualmente uma turma pode possuir mais alunos do que o máximo que os grupos comportam, o grupo dos trabalhadores deverá assimilar esses excessos, ou seja, aqueles alunos além do previsto.

Os alunos nos grupos devem ter plena consciência dos papéis que deverão desempenhar. Uma forma de valorizar os alunos dos grupos é propor um ambiente diferente, como o que foi feito por Samagaia e Peduzzi (2004), onde os alunos dispõem as mesas de maneira diferenciada e utilizam nomes fictícios em crachás. Dessa forma, o próprio ambiente auxilia na imersão dos alunos na dinâmica do RPG. Nesse mesmo artigo, é possível perceber que todas essas ações facilitaram aos alunos a compreensão da dinâmica e de seus papéis.

Esses são os elementos-chaves para utilizarmos do RPG como um recurso educacional em uma abordagem CTS marxista. É possível perceber nessa estrutura o potencial para discussões pertinentes para o Movimento, principalmente porque evidenciamos os atores sociais e seus interesses frente a implementação de C&T. Além desses elementos base, é importante considerarmos alguns outros. Por exemplo, as decisões do grupo dos capitalistas, no caso, os empresários, devem ter consequências que tragam discussões para a sala de aula. Do contrário, algumas

relações importantes para uma discussão CTS marxista podem passar despercebidas.

Quadro 5.1: Descrição dos grupos sociais que constituem o jogo.

Grupo Social	Número de Alunos	Descrição
Empresários	De 3 a 5.	São os donos da fábrica. Devem decidir qual a melhor tecnologia para esta, com base nas propostas apresentadas pelos cientistas e os argumentos dos trabalhadores.
Trabalhadores	No mínimo 3.	Compõem a mão de obra da fábrica. Devem buscar auxílio externo, informações sobre outros trabalhadores em outras fábricas, e criarão um posicionamento sobre a escolha da fábrica. Poderão inclusive barganhar com os empresários.
Imprensa	De 4 a 5.	Esta deve coletar informações sobre os grupos e acontecimentos locais para escrever a edição do jornal local. Poderão entrevistar pessoalmente ou por carta, empresários, cientistas e trabalhadores.
Cientistas e Técnicos	De 9 a 12. (cada grupo com 3 ou 4 alunos)	Deverão apresentar argumentos para vender a sua tecnologia à fábrica. Existem dois grupos de cientistas, sendo um o que representa a máquina a vapor de Watt, mais ousada, com grande produção e riscos de explosão; e outro representando a máquina de Newcomen, menos ousada e com baixo risco de explosão.

Fonte: o autor.

As consequências que traremos para a discussão envolvem a dispensa de trabalhadores devido à mecanização da mão de obra proporcionada pela maquinaria, a falência devido à competitividade das indústrias ou ainda a explosão da máquina devido a um projeto ousado demais. Ao evidenciarmos essas discussões em sala de aula nos aproximamos do nível de criticidade almejado, em que o desenvolvimento de C&T serve aos interesses da classe dominante, principalmente para a replicação de capital e que os trabalhadores precisam se unir através de *mecanismos de pressão* para conquistar direitos (LIMA JUNIOR et al, 2014; STRIEDER, 2012).

Outro ponto importante que consideramos, diz respeito aos grupos sociais que os alunos representaram. Os estudantes precisam ser divididos em, no mínimo, três grupos: (1) o dos capitalistas, responsáveis pela decisão (no caso, os donos da fábrica), (2) o dos que sofrerão as consequências diretas da decisão, os trabalhadores e (3) o dos cientistas e técnicos (tecnocratas), sendo que a existência desse último

grupo pode servir para trazer discussões em nível de C&T, mas principalmente para a superação do mito envolvendo o *modelo de decisões tecnocráticas* (cf. AULER; DELIZOICOV, 2001). Isso porque os cientistas e técnicos são ouvidos em termos dos conhecimentos sobre C&T, mas a decisão é tomada pelo primeiro grupo com base em seus interesses. O segundo grupo, envolvendo os trabalhadores, ainda tenta influenciar essa decisão, buscando um *mecanismo de pressão* (STRIEDER, 2012). O quarto grupo utilizado, o da mídia, tem o potencial de dar maior dinamismo entre os demais grupos, como pode ser inclusive observado na implementação de Samagaia e Peduzzi (2004).

O mestre é interpretado pelo professor durante a dinâmica. Além disso, é o professor quem insere os temas de discussão que envolvem o contexto sócio-histórico e também científico-tecnológico na forma de jornais. Esses jornais devem conter uma prévia do que será abordado durante a aula em termos dos acontecimentos gerais, sendo que a dinâmica deve envolver os grupos em diferentes discussões, sendo essas pertinentes para o Movimento CTS.

Os jornais especialmente desenvolvidos para a dinâmica serviram como guia para a prática. Eles trouxeram o contexto de discussão e fomentaram a imaginação dos estudantes, muitas vezes de forma tendenciosa (para serem discutidas em aula). Dessa forma, quatro (4) jornais foram criados. Esperávamos que nas discussões trazidas por esse instrumento surgissem questões importantes com base no referencial CTS marxista adotado. Como, por exemplo, questões sócio-históricas envolvendo as diferentes classes sociais (LIMA JUNIOR et al., 2014), mas principalmente no que diz respeito ao Desenvolvimento Tecnológico e à Participação Social (STRIEDER, 2012).

É importante observarmos que o Racionalismo Científico não foi o foco principal das discussões. Apesar disso, essa discussão surge inerentemente quando pensamos que Watt e Carnot, e outros que complementaram os seus trabalhos, focaram os seus esforços em uma melhor compreensão das máquinas a vapor. Essa compreensão foi influenciada pela industrialização, ou seja, pelos interesses do capital. Os professores que utilizarem o produto educacional deste trabalho podem, diferentemente do que propomos e aplicamos, evidenciar discussões sobre a Racionalidade Científica. As temáticas desses jornais envolveram: (1) Exaltação da Máquina a Vapor (APÊNDICE A), (2) Potência (APÊNDICE B), (3) Condensador de Watt (APÊNDICE C) e (4) Competitividade e Mudanças Sociais (APÊNDICE D).

Além dos jornais, foram criados materiais específicos para os grupos e para a explicação da dinâmica (APÊNDICE E). Nesse último, temos uma breve explicação do cenário, dos grupos e também um espaço para a descrição do personagem, com perguntas guiando a criação. Os materiais específicos envolvem informações técnicas dos motores a vapor de Newcomen (APÊNDICE F) e de Watt (APÊNDICE G), para os cientistas/técnicos, ata de reuniões (APÊNDICE H), para os empresários e carta aos trabalhadores assinada pelo personagem histórico Ned Ludd<sup>7</sup> (APÊNDICE I).

Cabe dizer que considerando o referencial sociocultural de Vygotsky adotado, a avaliação não será com provas. Isso porque quando realizamos uma prova evidenciamos o nível de desenvolvimento real do aluno e almejamos em nossa abordagem que os estudantes vivenciem uma reflexão CTS na chamada Zona de Desenvolvimento Proximal através do RPG.

### 5.3 CRONOGRAMA DE AULAS

As aulas foram pensadas de forma a passar por aquelas envolvendo o RPG e as reflexões geradas durante a dinâmica, além das expositivas-dialogadas para fomentar a dinâmica com conteúdos pertinentes nas discussões. Todas envolveram aspectos do referencial sócio-histórico de Hobsbawm adotado. As aulas da dinâmica têm como objetivo apresentar as ferramentas do conteúdo envolvidas na intervenção (grandezas, relações matemáticas, conceitos), mas também visam enriquecer o pensamento dos alunos com base na abordagem CTS demonstrando contextos sobre as máquinas térmicas.

Nessas aulas, foram levantados questionamentos e discussões sobre a relação CTS, sendo que esses foram observados de forma a revelar a construção do pensamento do aluno em questões sócio-históricas envolvendo o Movimento CTS. Para tanto, o cronograma de aulas foi desenvolvido através de um bloco de 3 semanas letivas de 9 horas-aula, das quais foram 3 por semana, em que 2 dessas eram contíguas. Podemos visualizar de forma resumida no Quadro 5.2 o cronograma da intervenção didática.

---

<sup>7</sup> Personagem histórico associado ao Ludismo.

Quadro 5.2: Cronograma da intervenção.

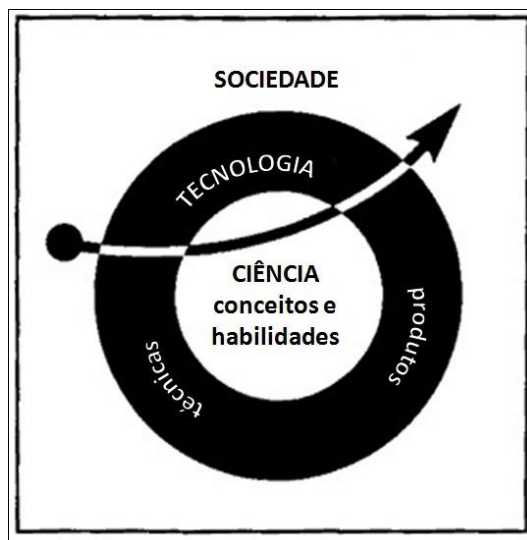
Aula	Objetivo(s) Específico(s)	Descrição
1	Introduzir a dinâmica com os elementos do RPG	Explicação da dinâmica e separação dos grupos; entrega do jornal 01 sobre exaltação da máquina a vapor
<b>Materiais Impressos:</b> Todos os Alunos: Jornal 01 (APÊNDICE A) e Explicação da Dinâmica (APÊNDICE E). Grupo de Newcomen: O Motor a Vapor de Newcomen (APÊNDICE F). Grupo de Watt: O Motor a Vapor de Watt (APÊNDICE G). Grupo dos Empresários: Ata de Reunião (APÊNDICE H).		
2	Definir máquina a vapor	Retomada do jornal 01 e discussão em grande grupo; demonstração do motor de Stirling; breve explicação do que são máquinas a vapor com base na 1a Lei da Termodinâmica
3	Refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico	Os alunos, com base em seus personagens e separados em seus grupos de trabalho, discutem sobre as possíveis <u>vantagens</u> e <u>desvantagens</u> da tecnologia aplicada na indústria; após, retomada geral da discussão; entrega do jornal 02 sobre potência
<b>Materiais Impressos:</b> Todos os Alunos: Jornal 02 (APÊNDICE B); Cronograma de Atividades (APÊNDICE J). Grupo dos Trabalhadores: Carta de Ludd (APÊNDICE I).		
4	Definir com base em um contexto histórico potência ( <i>horsepower</i> )	Retomada do jornal 02 e discussão em grande grupo; definição histórica do conceito de <i>horsepower</i> ; em seus grupos, estudam e determinam a potência gerada por diferentes máquinas (homem, vento, água e vapor); retomada geral para comparação das potências; entrega do jornal 03 sobre o condensador de Watt
<b>Materiais Impressos:</b> Grupos dos Empresários, Trabalhadores e Jornalistas: questões para a determinação da potência de uma máquina (roda d'água, vento e humana) (APÊNDICE K). Todos os Alunos: Jornal 03 (APÊNDICE C).		
5-6	Definir ciclo de Carnot e eficiência	Retomada do jornal 03; discussão dialogada sobre o ciclo de Carnot; apresentação do diagrama P×V e demonstração que a eficiência depende apenas das temperaturas da fonte quente e fria; alunos determinam a eficiência de algumas máquinas através de exercícios
<b>Materiais Impressos:</b> Todos os Alunos: exercícios sobre máquinas térmicas e eficiência (APÊNDICE L).		
7	Guiar uma interação entre os educandos envolvendo os seus personagens	Cada grupo de cientista/técnico terá de 6 a 10 minutos de exposição da sua máquina a vapor, não sendo permitido <i>power point</i> ; 5 minutos para perguntas dos empresários após cada exposição; os empresários se reúnem e tomam uma decisão sobre a empresa, sendo essa divulgada apenas para os jornalistas para a preparação do jornal local; entrega do jornal 04 sobre competitividade e mudanças sociais
<b>Materiais Impressos:</b> Todos os Alunos: Jornal 04 (APÊNDICE D).		

8-9	<p>Guiar uma reflexão entre os educandos envolvendo os seus personagens;</p> <p>Refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico</p>	<p>Retomada do Jornal 04; RPG guiado pelo professor dando voz aos trabalhadores, discutindo o que acontece com cada personagem (desemprego/mutilações) e descrição do novo ambiente de trabalho; os jornalistas apresentam a edição do jornal local; É apresentado o contexto sócio-histórico da Revolução Industrial com base nos jornais: Motor de Newcomen e de Watt, desemprego, utilização da mão de obra feminina e de crianças, realocação de trabalhadores da indústria têxtil para a qualificação da mão de obra, jornada de trabalho nas fábricas; discussão do contexto para a realidade dos dias de hoje; ao final, discussão em grande grupo</p>
-----	---	---

Fonte: o autor.

É importante ressaltarmos que a sequência didática original também esteve inspirada no mapa em forma de seta de Aikenhead (1994, p. 57). Nesse mapa (ver Figura 5.1), introduzimos inicialmente um problema social, que é a industrialização na nossa proposta. Após, a inserção de uma tecnologia surge para a solução do problema social, no caso, a máquina a vapor. Em seguida, o conteúdo científico é abordado em seus conceitos, para nós a potência, a eficiência e o ciclo de Carnot. Novamente retornamos à tecnologia, mas agora com os conceitos científicos bem definidos, na nossa proposta temos a apresentação das máquinas de Newcomen e de Watt pelos cientistas/técnicos para os empresários. Finalizando, retornamos ao problema social, que serão as consequências da industrialização.

Figura 5.1: Sequência para o ensino CTS.



FONTE: adaptada de Aikenhead (1994, p. 57).

### 5.3.1 AULA 1

Nesta primeira aula, cujo objetivo principal é introduzir a dinâmica (explicando o RPG e dividindo os grupos), utilizamos como base o material de *explicação da dinâmica* (APÊNDICE E). Em seguida, é feita uma leitura com os alunos explicando o que é o RPG, os objetivos da dinâmica, o cenário e os grupos sociais que os alunos podem interpretar. Após, utilizando o quadro, fazemos a divisão dos grupos com base nos interesses dos estudantes. Se os alunos tiverem dificuldades para se dividirem, basta pedir para que esses argumentem sobre o motivo que querem determinado grupo e, como uma opção, deixar que os demais alunos escolham se a argumentação é pertinente.

Com a divisão dos grupos, o professor pede aos alunos para preencherem o verso da folha de *explicação da dinâmica* (APÊNDICE E) para construírem os seus personagens. Com isso, entrega crachás para os alunos (para colocarem o nome de seus personagens) e os materiais referentes ao seu grupo. Os Cientistas e Técnicos recebem pastas sobre o funcionamento do seu motor, seja esse o de Newcomen (APÊNDICE F) ou o de Watt (APÊNDICE G). Os Empresários recebem folhas de atas (APÊNDICE H) para serem preenchidas durante as reuniões.

Em um último momento, o professor tira dúvidas individuais e entrega o jornal 01 (APÊNDICE A), referente a exaltação do desenvolvimento tecnológico. Com isso, pede aos alunos que façam uma leitura em casa, para discutirem no início da próxima aula.

### 5.3.2 AULA 2

Nesta segunda aula, cujo objetivo principal é definir o que é uma máquina a vapor, em um primeiro momento é realizada a leitura do jornal 01. Através da leitura, o professor estimula uma discussão sobre os aspectos ali contidos, perguntando se os alunos concordam ou discordam do que foi lido. Após, uma breve explicação do funcionamento da máquina a vapor é realizada no quadro. Nessa explicação, surgem conceitos relacionados às leis da termodinâmica. Em seguida, o motor de Stirling é mostrado em seu funcionamento e explicado novamente, agora de forma prática, os conceitos da termodinâmica contidos nesse motor.

### 5.3.3 AULA 3

Nesta terceira aula, cujo objetivo é uma reflexão sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico, o professor solicita aos grupos do jogo que relacionem vantagens e desvantagens da aplicação tecnológica nas indústrias com base em seus personagens. Nesta aula, com base no referencial curricular CTS discutido no capítulo anterior, esperamos que surjam discussões que demonstrem diferentes pontos de vista sobre o desenvolvimento tecnológico. Tomando como base o referencial vygotskyano, discutido no capítulo 3, o professor deverá conduzir os estudantes através de indagações e não de respostas. Através dessas indagações, espera-se que o professor funcione como um parceiro mais capaz, organizando o pensamento dos educandos para um questionamento crítico sobre o papel do desenvolvimento tecnocientífico.

Ao final da aula, o professor entrega o cronograma de atividades, referente às datas que cada grupo precisa cumprir, o jornal 02 (APÊNDICE B), que compara o trabalho animal (*horsepower*) e o de uma máquina a vapor, para ser lido no início da aula seguinte.

Além disso, interpretando um trabalhador, entrega uma carta (APÊNDICE I) ao grupo de trabalhadores. Essa carta, teria sido escrita por Ludd e enfatiza o quanto a maquinaria usurpa a vida do trabalhador. O professor solicita que seja elaborada uma resposta à carta pelos alunos para a próxima aula.

### 5.3.4 AULA 4

Nesta quarta aula, cujo objetivo principal é definir historicamente potência (*horsepower*), temos uma leitura do jornal 02 no início da aula. Em seguida, é reservado um tempo para perguntas a respeito desse jornal (lembrando que o professor deve conduzir essas discussões sem apresentar uma resposta definitiva). Após, com base nos dizeres do jornal, o professor explica a definição da potência de um cavalo, realizada por Watt. Com isso, entrega para os grupos do jogo um material contendo informações sobre uma observação parecida com a realizada por Watt para um cavalo, mas contendo o trabalho humano, da roda d'água e do vento (APÊNDICE K). Além disso, os cientistas podem utilizar o tempo para determinar a potência de suas máquinas a vapor. Ao final, o professor coloca os resultados no quadro, os



compara debatendo com os alunos e entrega o jornal 03 (APÊNDICE C), sobre a eficiência dos motores a vapor e o condensador de Watt.

Esta aula, tem um potencial para discussões importantes do ponto de vista do CTS marxista. Isso porque a potência é uma grandeza física que permite a comparação entre a natureza (vento e água), cavalos (animais), homens e máquinas. Na Revolução Industrial, a maquinaria substituía todas essas formas de geração de energia, principalmente guiada pelo aumento da *mais valia* (cf. LIMA JUNIOR et al, 2014).

#### 5.3.5 AULAS 5-6

Nesta aula, cujo objetivo principal é definir o ciclo de Carnot e eficiência, temos, inicialmente, uma leitura do jornal 03. Em seguida, o professor guia uma discussão sobre os aspectos contidos no jornal. Após, é discutida a eficiência de uma máquina térmica com base na 2ª lei da termodinâmica e o ciclo de Carnot é apresentado. Com isso, o professor introduz a eficiência da máquina de Carnot, que depende unicamente das temperaturas das fontes quente e fria, sendo que nenhuma outra máquina térmica que funcione entre essas temperaturas pode atingir tal eficiência. No momento seguinte da aula, os alunos realizam exercícios sobre eficiência e máquinas térmicas (APÊNDICE L).

#### 5.3.6 AULA 7

Nesta sétima aula, cujo objetivo principal é guiar a interação dos personagens através do RPG, os cientistas apresentam seus motores a vapor para o grupo dos empresários, enquanto os demais grupos observam. Cada um dos grupos de cientistas tem cerca de 10 minutos para essa apresentação. Após, os empresários podem fazer perguntas sobre os motores e, em seguida, se reúnem e decidem sobre o futuro da fábrica. Essa decisão é apresentada apenas para a imprensa, para que essa possa preparar a edição do seu jornal. O jornal 04 (APÊNDICE D), que fala sobre a competitividade industrial, é entregue no final da aula para que seja lido no próximo encontro.

### 5.3.7 AULAS 8-9

Nesta última aula da dinâmica, cujo objetivo são narrar o RPG para os trabalhadores e refletir sobre os impactos sociais do papel do desenvolvimento tecnológico, temos a leitura do jornal 04 no momento inicial da aula. Em seguida, uma discussão orientada pelo professor sobre o texto. Após, os jornalistas apresentam a edição do jornal local, mostrando o ocorrido durante a dinâmica e a escolha do grupo de empresários.

Passado esse momento inicial, o professor organiza um círculo em que fica sentado com os trabalhadores a sua volta e, em um círculo externo, os demais jogadores. A ideia dessa dinâmica é dar a palavra para aqueles que estão no centro, sendo que os demais podem assistir. Com isso, o professor, enquanto mestre do RPG, pergunta para cada um dos trabalhadores a sua história e, com base nessa, narra uma consequência devido a decisão dos empresários. Dentre as possíveis consequências citamos o desemprego, principalmente para os homens, mutilações devido às mudanças no ambiente de trabalho (que agora possui correias passando por todos os lados) e cansaço pela árdua jornada de trabalho. É importante que o mestre utilize bem a história dos personagens, porque assim valoriza os alunos que a criaram. Após descrever o que acontece com cada um dos trabalhadores, o professor determina um fim para a fábrica. Esse fim, pode ser (1) a explosão da máquina térmica (que era muito comum para a época), matando vários trabalhadores, ou ainda, (2) a falência da indústria devido à competitividade. O primeiro pode ser associado a máquina de Watt, já o segundo a de Newcomen, no entanto, o professor pode optar pelo que achar mais interessante. O importante no final é trazer a discussão para a sala de aula com os alunos, lembrando que o professor deve intermediar esse debate fazendo indagações que façam os alunos refletirem sobre os impactos da C&T na sociedade.

No momento final da aula, o professor mostra imagens sobre a Revolução Industrial e faz um comparativo sobre a simulação e a realidade. Além disso, retoma aspectos discutidos durante todas as dinâmicas que envolvam a C&T no contexto social, principalmente questionando os alunos sobre o quanto a história debatida através da dinâmica da Revolução Industrial se modificou atualmente.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Com a dinâmica proposta neste capítulo, visamos criar uma atmosfera de discussões sobre CTS em sala de aula. O potencial para essas discussões se dá, principalmente, na existência dos diferentes grupos sociais considerados para a dinâmica. Com base nesses grupos, esperamos mostrar aos alunos que as implementações envolvendo C&T são delicadas e envolvem questões sociais. Além disso, visamos mostrar que essas implementações normalmente almejam a replicação de capital e não o bem-estar social.

Os jornais podem funcionar como uma boa base de discussões por si só. Isso, porque trazem questões científicas e históricas para a discussão, principalmente considerando o referencial sócio-histórico adotado.

## 6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

No capítulo anterior, verificamos as características do produto educacional com base nos referenciais teórico e sócio-histórico adotados. No presente capítulo, relatamos e refletimos sobre a experiência de aplicação da dinâmica, fomentando o produto educacional voltado para professores.

O trabalho foi aplicado em duas turmas da 2ª série do ensino médio em uma escola privada do centro de Porto Alegre. Essa série possui uma carga horária semanal de 3 horas-aula. É importante dizermos que a escola abrange alunos de diversas classes sociais, porque, apesar de ser particular, possui bolsas e também atende a alunos com diversas necessidades especiais.

Para um registro da atividade, considerando uma maior liberdade com a turma e facilitando a interação entre o professor e os estudantes, optamos pelo diário de atividades construído pelo professor como mecanismo de coleta de dados. Dessa forma, os alunos não teriam que interagir com câmeras ou gravadores, o que poderia dificultar as discussões em sala de aula. Além disso, como a dinâmica envolve vários grupos, seria difícil captar imagens e sons desses grupos interagindo entre si.

Nós nos preocupamos em aplicar a dinâmica nas condições normais de ensino de sala de aula. Ou seja, utilizando as turmas completas, nos períodos regulares da disciplina de Física. Dessa forma, não selecionamos alunos mais interessados para a participação da aplicação da dinâmica e nem criamos uma atmosfera diferente da sala de aula usual.

Tomando como base a proposta de Samagaia e Peduzzi (2004), os alunos receberam crachás para colocarem os nomes de seus personagens. Além disso, foram pensados vários itens para tentar fazer com que os alunos se envolvessem mais na dinâmica, como, por exemplo, bloco de notas para a imprensa, pastas com o projeto das máquinas para os cientistas e técnicos.

### 6.1 APLICAÇÃO NA TURMA 202

A turma tem como característica participar de maneira mais uniforme – ou seja, existe a tendência de que a maioria se envolva nas atividades, inclusive tirando todas as suas dúvidas durante as usuais explicações do professor. No entanto, ela possui

alguns atritos internos entre grupos de alunos como poderemos perceber ao longo deste relato.

#### 6.1.1 AULA 01 – 21/10/2014

Objetivo Específico: Introduzir a dinâmica com elementos do RPG.

Materiais Utilizados: Explicação da Dinâmica (APÊNDICE E), Jornal 01 (APÊNDICE A), O Motor a Vapor de Newcomen (APÊNDICE F), O Motor a Vapor de Watt (APÊNDICE G) e Ata de Reunião (APÊNDICE H).

Apesar de muitos alunos haverem faltado e os presentes estarem preocupados com a prova de Química do próximo período, a apresentação à dinâmica pareceu muito produtiva. Isso porque os alunos perguntaram sobre os seus papéis e sobre a dinâmica de um modo geral. Inicialmente o professor começou entregando o material introdutório à dinâmica (APÊNDICE E) e fazendo a leitura juntamente aos alunos. Explicou o objetivo da proposta, que é uma reflexão sobre a implicação que a Ciência e a Tecnologia (C&T) trazem dentro de um contexto social.

Após a explicação dos objetivos, o professor discutiu sobre os personagens, pedindo para que os alunos se separassem dentro dos grupos. É importante ressaltar que os grupos das máquinas a vapor de Newcomen e de Watt não foram diferenciados por nomes inicialmente, mas sim por cores (verde e vermelho, respectivamente). Isso foi feito para que quem conhecesse algum nome não tivesse a sua escolha influenciada. Os alunos se dividiram sem problemas entre os grupos e o professor explicou o papel de cada um e também o que deveriam fazer dentro da dinâmica.

Alguns alunos perguntaram sobre os estereótipos, se deveriam interpretar de acordo com o que era esperado para cada um dos personagens. O professor respondeu que poderiam criar os seus personagens livres de estereótipos.

Uma aluna, que pegou o papel de um cientista/técnico, disse que naquela época (se referindo à revolução industrial inglesa) eles (empresários) eram mais “duros”. Como “duros”, a aluna se referia ao rigor, à rigidez. O professor questionou a aluna sobre até que ponto isso era uma verdade? Não seria essa representação apenas mais um estereótipo? A aluna, por meio dos questionamentos do professor, demonstrou entendimento e retornou para à construção do seu personagem.

O professor passou os materiais relativos a cada tipo de personagem, diferenciados por cores:

- Proprietários da Fábrica (azul): pasta com uma folha em branco, para anotações, uma ata (APÊNDICE H) para ser preenchida em uma próxima aula e um crachá.
- Trabalhadores (amarelo): crachá.
- Cientistas/técnicos – motor de Watt (vermelho): pasta com o material explicativo do motor (APÊNDICE G) e o crachá.
- Cientistas/técnicos – motor de Newcomen (verde): pasta com o material explicativo do motor (APÊNDICE F) e o crachá.
- Jornalistas (laranja): bloco de anotações, lápis e crachá.

Como já foi antecipado, a intenção com esses materiais é fazer com que os alunos interajam mais com base nos seus personagens.

No final, o professor entregou a primeira edição do jornal da dinâmica, denominado *A Folha Nacional* (APÊNDICE A). Pediu para que os alunos lessem os materiais em casa ou nos minutos restantes da aula e disse que começaria a próxima aula retomando o jornal da dinâmica.

A maior parte dos alunos foi estudar para Química ao final da aula, embora a introdução da dinâmica tenha despertado um pouco do seu interesse. No entanto, alguns alunos continuaram engajados na atividade, falando dos seus personagens.

#### 6.1.2 AULA 02 E 03 – 23/10/2014

Objetivo Específico: Definir a máquina a vapor e refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico.

Materiais Utilizados: Carta de Ludd (APÊNDICE I), cronograma de atividades (APÊNDICE J) e Jornal 02 (APÊNDICE B).

Inicialmente o professor inseriu na dinâmica os alunos que não haviam comparecido na aula anterior. Para tanto, escreveu no quadro as vagas para personagens que ainda estavam disponíveis. Alguns desses alunos queriam ser jornalistas, mas o grupo já estava completo. Preencheram as vagas sem mais problemas.

Após esse momento, o professor pediu para falar exclusivamente com o grupo dos trabalhadores. Mostrou a carta de Ludd (APÊNDICE I) e, entregando uma cópia para cada um, interpretou um trabalhador que estava mostrando a carta para os companheiros. Disse que os alunos deveriam entregar uma resposta àquela carta na próxima aula. Em seguida, explicou novamente o que cada grupo de personagens deveria fazer durante a dinâmica e entregou um cronograma com as atividades (APÊNDICE J) para serem entregues/apresentadas por cada grupo durante a dinâmica prevista.

Em seguida, pediu para que um aluno lesse o jornal 01 (APÊNDICE A), entregue na aula passada, que exaltava o progresso tecnológico. Fez uma discussão com os alunos sobre as informações contidas ali, explicando principalmente o papel das *notas ao jogador*. Ninguém demonstrou dúvidas ou questionamentos neste momento.

Seguindo o cronograma para a aula, demonstrou o motor de Stirling. Durante a demonstração pediu para que quem quisesse poderia chegar mais perto, principalmente os cientistas/técnicos. Os alunos se mostraram curiosos e muitos chegaram perto. O professor explicou o funcionamento básico de uma máquina térmica em termos da diferença de temperatura da fonte quente, da fonte fria e do trabalho gerado. Explicou que historicamente o motor de Stirling surgiu para tentar tornar mais seguro os motores de Newcomen e de Watt. O motor ainda poderia manter uma lâmpada acesa, mas para isso diminuía a sua velocidade de rotação (isso permitiu que o professor retomasse o conceito de conservação da energia).

O professor pediu, então, que os alunos se juntassem com base em seus personagens e discutissem as vantagens e desvantagens da tecnologia aplicada na indústria. Ao final, retomou a questão em grande grupo. Durante essa etapa surgiram uma série de eventos:

- Uma das trabalhadoras perguntou como era a eletricidade naquela época. O professor explicou que a iluminação era a gás;
- O professor reparou que o grupo de proprietários, que é composto apenas por meninas, possuem alguns problemas de relacionamento. Com base nisso, aproveitou para falar com os dois subgrupos, questionando se, na vida, as coisas não seriam assim, se na própria fábrica também não poderiam existir dois proprietários que possuem problemas interpessoais. As meninas ficaram pensativas, mas nada disseram;

- Uma cientista perguntou se os trabalhadores que ficarão na fábrica mecanizada pelo motor a vapor terão menor trabalho. O professor disse que de certo modo o trabalho será diferente, mais de controle e substituição de materiais no maquinário;
- Um dos trabalhadores relatou que seu objetivo pessoal estava relacionado com o seu trabalho e que se fosse demitido cometeria suicídio;
- Durante a retomada em grande grupo, os cientistas demonstraram valorizar principalmente as vantagens da tecnologia aplicada na indústria;
- Os proprietários divergiram em ideias, uns pensaram na vantagem de ter que gastar menos com a mão de obra, enquanto outros tentaram balancear a existência de máquinas (facilitando) e pessoas (fazendo uma mão de obra mais delicada);
- Os jornalistas entrevistaram os grupos, preparando a edição do jornal. Perguntaram se fizessem uma versão física do jornal a escola imprimiria. O professor disse que sim;
- Um dos jornalistas perguntou se poderia tentar influenciar uma rebelião. O professor disse que os objetivos dos personagens são pessoais.

De uma forma geral, os alunos se mostraram interessados em tentar achar uma solução para a questão da mão de obra na fábrica. Viram que a questão é bastante delicada e que envolve muitos pontos de vista que precisam ser analisados. No final, o professor entregou o jornal 02 para ser lido na próxima aula.

### 6.1.3 AULA 04 – 4/11/2014

Objetivo Específico: Definir com base em um contexto histórico potência (*horsepower*).

Materiais Utilizados: Jornal 03 (APÊNDICE C), questões para análise dos grupos sobre potência em máquinas (APÊNDICE K).

Os alunos estavam nesta aula, que ocorre no primeiro período, muito sonolentos. O objetivo central da aula seria fazer uma análise das diferentes formas de se mover um maquinário (vento, água, cavalo, homem e vapor). Para tanto, o professor utilizaria como base o experimento de Watt para a determinação do *horsepower*.



Figura 6.1: o grupo do Newcomen determinando a potência do seu motor<sup>8</sup>.



Fonte: o autor (2014).

O professor começou retomando o jornal 02 (APÊNDICE B), que falava sobre uma forma de comparação entre o trabalho de um cavalo e a máquina a vapor. Conversou com os alunos sobre o contexto histórico das ideias centrais do jornal, como, por exemplo, a mão de obra infantil utilizada na indústria.

Após, entregou um material para cada grupo (jornalistas, trabalhadores e proprietários – os cientistas/técnicos teriam em suas pastas a base para o estudo do que seria discutido nesta aula) representando diferentes formas de se mover um maquinário (roda d'água, moinho de vento e moinho de cana movido por homens). Em seguida, calculou no quadro a potência de um cavalo em Watt e definiu o valor de 736 W como a potência de um cavalo, ou seja, 1 *horsepower*.

---

<sup>8</sup> Os rostos dos estudantes quando aparecerem mais claramente nas fotografias foram ocultados por questões éticas.

Com o pouco tempo de aula que sobrou, reservou este para que os grupos calculassem as potências de suas máquinas, como pode ser visto na Figura 6.1.

#### 6.1.4 AULA 05 – 11/11/2014

Objetivo Específico: Retomar os conceitos de potência da aula anterior.

Esta aula estava programada para o dia 6/11/2014, mas o professor se atrasou neste dia para a aula e adiou a dinâmica. Dessa forma, a dinâmica teve que ser alterada, sendo que o objetivo específico dessa aula, que era definir o ciclo de Carnot e a eficiência, foi modificado para retomar o conceito de potência, visto na aula anterior.

O professor iniciou a aula retomando o conceito de potência com base no *horsepower*. A turma estava muito sonolenta novamente e o professor teve que pouco a pouco motivá-los para finalizarem o trabalho. Ele também precisou lembrar como determinar a potência das máquinas, porque haviam se passado muitos dias.

Os jornalistas, que deveriam apresentar o jornal neste dia, pediram para terminar de prepará-lo na informática e o professor autorizou. Quando retornaram não havia mais tempo para a apresentação do mesmo.

Ao final da aula, o professor explicou que a potência nada mais é do que uma forma de comparação entre diferentes máquinas, por isso apresentou, em uma de suas unidades de medida, a comparação com o cavalo.

#### 6.1.5 AULA 06 E 07 – 13/11/2014

Objetivo Específico: Guiar uma reflexão entre os educandos envolvendo os seus personagens e refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico.

A aula se iniciou com os jornalistas apresentando o jornal local. Esse evidencia aspectos das relações entre os proprietários e os trabalhadores, assim como, questões históricas, tecnológicas e científicas das máquinas térmicas. A Figura 6.2 traz o jornal elaborado pelos alunos para a apresentação.

Figura 6.2: jornal elaborado pelos alunos para a apresentação do Jornal Local.

## Jornal local

Proprietária responde queixas de funcionários:  
Reclamações feitas anteriormente por funcionários chega ao conhecimento de uma das proprietárias, que responde rapidamente.

A vinda de novas máquinas está trazendo uma grande preocupação para os operários da fábrica. Esta nova tecnologia, capaz de substituir a mão de obra humana, deve causar demissões em massa nos próximos meses.

Mas esta não é a questão foco das reclamações dos funcionários. De acordo com uma pesquisa feita recentemente estes homens e mulheres tem sido fortemente explorados.

Uma das proprietárias se manifestou com o seguinte depoimento: "Eles ganham o que merecem. Não deveriam estar reclamando, em breve serão descartados e a empresa não precisará mais deles".

Entrevista Cientistas das máquinas de Newcomen:

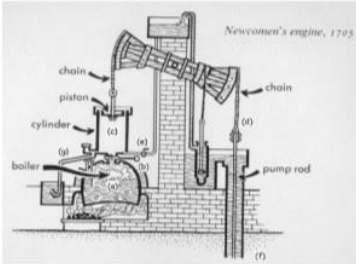

-qual a produção de vocês?

-A nossa fábrica trabalha com a fabricação de maquinário a vapor por que o trabalho de vocês é eficiente, melhor que o das outras empresas?

-por que a nossa máquina oferece muitos benefícios, pois as vantagens são maiores que as desvantagens

Descrição sobre a máquina de James Watt e sua funcionalidade

James Watt trabalhou em uma forma de melhorar o invento de Newcomen: Criar uma forma de estabilizar a velocidade devido a quantidade de vapor, que ficou chamado de "o controlador de Watt", que funciona graças a força centrífuga que a máquina impulsiona, girando o controlador que impulsiona engrenagens que abrem ou fecham a válvula de vapor.

Fonte: *print screen* do arquivo entregue pelos alunos ao professor.

Em seguida, o professor pediu para que os cientistas/técnicos apresentassem as suas máquinas. Como o professor, para finalizar a dinâmica dentro do prazo proposto, teve que suprimir a aula sobre eficiência, os grupos dos cientistas/técnicos acabaram por evidenciar principalmente as vantagens e desvantagens do processo de mecanização. Consideramos essa polarização entre vantagens e desvantagens aspectos menos críticos do ponto de vista do referencial CTS adotado. Um dos grupos, o de Newcomen, apresentou a eficiência da sua máquina, porque os alunos haviam perguntado no final da aula anterior para o professor como determinar essa. Durante a apresentação, os proprietários realizaram anotações e perguntaram questões relativas aos trabalhadores e à substituição desses.

Após, o professor se reuniu com os proprietários fora da sala de aula e esses tomaram como decisão utilizar a máquina de Newcomen em sua fábrica. Uma das alunas desse grupo se posicionou de forma contrária aos demais proprietários, porque um dos aspectos apresentados por esses cientistas/técnicos foi o de que sua máquina

substituiria até 200 trabalhadores. A aluna estava preocupada com o que aconteceria com esses trabalhadores desempregados.

Ao retornarem para a sala de aula, o professor anunciou a decisão para a turma e disse que como haviam se atrasado ele apresentaria o jornal final que os jornalistas deveriam apresentar. Nesse ele disse que muitos trabalhadores foram dispensados e que a fábrica, após um tempo, se adaptara para aquela nova forma de operação.

Um dos jornalistas disse que, se os proprietários tivessem prestado atenção ao jornal que eles haviam apresentado, teriam optado pelo motor de Watt. Uma das proprietárias respondeu dizendo que eles não podem ser afetados pela mídia.

Após tudo isso, o professor interpretou com os trabalhadores as consequências da decisão dos proprietários. Nessa passagem ele pedia para que o aluno falasse como havia pensado o seu personagem e, em seguida, o professor, enquanto mestre do RPG, narrava as consequências da decisão para os personagens dos trabalhadores. Vejamos o que houve com cada um dos trabalhadores:

- Um dos trabalhadores não possuía família e era viciado em trabalho. Esse, de tanto trabalhar, acabou perdendo uma das mãos na maquinaria devido ao cansaço da jornada de trabalho;
- Outro trabalhador cuidava dos pais, que já eram idosos, antes e depois do trabalho. Com o tempo, ele passou a não ser mais chamado para trabalhar, ficando desempregado, afinal, ele chegava sempre atrasado para o trabalho;
- Uma terceira trabalhadora era um garotinho de 11 anos. Esse continuou trabalhando na fábrica, afinal, a sua mão de obra era mais barata;
- Outra aluna era uma mulher que apanhava do marido e que o sustentava, sendo obrigada a trabalhar na fábrica e ainda cuidar da casa e dos dois filhos. Essa acabara mantendo o seu emprego, por ser mulher, mas o seu salário não dava para sustentar toda a casa e, com o tempo, a família começara a passar fome. Os filhos eram muito novos para trabalhar na indústria, mas ofereciam o seu trabalho nas praças.

Enquanto interpretava com os trabalhadores, o professor retomava questões históricas envolvendo a sociedade daquela época, com base no referencial sócio-histórico adotado.

Após interpretar com os trabalhadores, o professor se ergueu e disse que a fábrica seguira assim durante alguns anos, mas que acabara abrindo falência, porque,

por mais que tentasse baratear os custos do seu produto final, perdia para aquelas fábricas que optaram por uma máquina mais potente e eficiente, como é a de Watt.

No final, o professor retomou alguns pontos importantes que surgiram na aula, como, por exemplo, os proprietários serem influenciados por aspectos subjetivos das máquinas.

## 6.2 APLICAÇÃO NA TURMA 201

A turma tem como característica ser infantil, brincalhona e bem-humorada. Uma boa parte dos rapazes da turma brinca entre si, criando situações e, muitas vezes, provocando os professores. A turma, em termos gerais, tende a questionar regras e autoritarismo.

### 6.2.1 AULA 01 – 22/10/2014

Objetivos Específicos: Introduzir a dinâmica com os elementos do RPG aos educandos.

Materiais Utilizados: Explicação da Dinâmica (APÊNDICE E), Jornal 01 (APÊNDICE A), O Motor a Vapor de Newcomen (APÊNDICE F), O Motor a Vapor de Watt (APÊNDICE G) e Ata de Reunião (APÊNDICE H).

A aula iniciou e os alunos estavam bem animados com a proposta. Sendo que uma das características desta turma, como já dito, é o bom humor. Inicialmente, o professor precisou atender alguns alunos que não haviam recebido a prova realizada em outra aula, enquanto que outros precisavam ver a nota da recuperação.

Após esse início, o professor passou o material introdutório (APÊNDICE E) e explicou como seria a dinâmica. Que o objetivo era refletir sobre implicações da aplicação da C&T na sociedade. Isso com base no contexto histórico da Revolução Industrial e também no conteúdo das máquinas térmicas.

Com a explicação do que é o RPG e os elementos que seriam utilizados dele, o professor escreveu no quadro os grupos de personagens para a dinâmica, para que os alunos pudessem escolher. Diferentemente da outra turma, essa demonstrou algumas dificuldades em escolher os personagens. Muitos queriam ser jornalistas. O

professor precisou argumentar com os alunos para que um deles deixasse o grupo dos jornalistas. Esse aluno escolheu ir para um dos grupos de cientistas.

Enquanto o professor conversava com a turma para ver quem sairia dos jornalistas, houve um diálogo<sup>9</sup> interessante do ponto de vista de estereótipos com um dos alunos (jornalista):

Aluno: “Professor, os trabalhadores são burros. Né?!”

Professor: “Por que tu diz isso? Todo trabalhador tem que ser burro?”

Aluno: “É que no RPG tem orcs<sup>10</sup>, por exemplo, e eles são burros. Os trabalhadores não seriam como os orcs, nesse caso?”

Professor: “Não necessariamente. O trabalhador pode ser burro, mas será que todo trabalhador é burro?”

Aluno: “Ah, entendi. É que eu pensei que teria alguma coisa desse tipo no nosso jogo também”.

Após, o professor entregou os materiais dos alunos e explicou o que cada um faria, inclusive em termos de avaliação. Em seguida, o professor tirou dúvidas individuais dos alunos quanto aos personagens. Uma aluna (cientista/técnica) quis trocar o seu motor após ver que o que recebera era o de Watt, mas o professor disse que não poderia se o argumento era apenas o de querer o de Newcomen. Finalizando a aula, o professor entregou o primeiro jornal da dinâmica e disse para os alunos estudarem seus materiais e que começaria a aula seguinte retomando esse jornal. Os estudantes ficaram muito empolgados com os crachás e com a criação dos personagens e, inclusive, foram para o intervalo com os respectivos crachás.

### 6.2.2 AULA 02 E 03 – 24/10/2014

Objetivo Específico: Definir a máquina a vapor e refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico.

Materiais Utilizados: Carta de Ludd (APÊNDICE I), cronograma de atividades (APÊNDICE J) e Jornal 02 (APÊNDICE B).

---

<sup>9</sup>O diálogo foi parafraseado, porque, como já dito, não foi realizado nenhum tipo de gravação das aulas.

<sup>10</sup> Raça do RPG *Dungeon & Dragons* de seres fortes, tribais e com pele esverdeada.

Esta aula iniciou 40 minutos após o horário, porque houve recreio prolongado na escola. Isso prejudicou um pouco o tempo dedicado para a realização das atividades. Mas, de uma forma geral, as atividades realizadas foram bem discutidas.

O professor iniciou introduzindo aos alunos que haviam faltado na aula anterior a proposta da dinâmica. Escreveu no quadro em quais grupos ainda haviam vagas. Exceto por um aluno que queria fazer parte do grupo dos jornalistas, os demais se inseriram nas vagas sem problemas. Esse grupo tem se mostrado de grande interesse por parte dos alunos, que não se importam em terem que preparar um material para apresentar. Além disso, os jornalistas estão servindo muito bem dentro da proposta para fazer uma melhor inter-relação entre os demais grupos.

Após entregar os materiais aos alunos que haviam faltado, pediu para que um aluno lê-se o jornal 01 (APÊNDICE A), de exaltação do avanço tecnológico. Acabada a leitura, explicou a funcionalidade das *notas ao jogador*, existentes nos jornais, principalmente ressaltando o caráter imaginativo que a dinâmica nos permitia e que, dessa forma, poderíamos nos distanciar dos fatos em prol dos nossos objetivos.

Em seguida, foram chamados os trabalhadores. O professor explicou que poderia interpretar em alguns momentos com um grupo ou outro e deixou que os demais alunos pudessem ver a interpretação. Explicou que o grupo de trabalhadores estava chegando na fábrica de manhã cedo. Nesse momento, um dos alunos interpelou sobre o horário e o professor disse que seria entorno das 6 horas. O aluno disse que seria muito cedo para o seu personagem, que tinha o sonho de ser músico. Continuando a interpretação com os trabalhadores, o professor disse que um outro trabalhador chegara correndo mostrando a carta que havia recebido. Reunindo os trabalhadores ele a lê. O professor entrega uma cópia da carta de Ludd (APÊNDICE I) aos alunos e pede que cada um elabore uma resposta individual para aquela carta. Os alunos ficaram um tempo unidos e conversando sobre a carta. Enquanto os trabalhadores estavam conversando, o professor entregou o cronograma de trabalhos (APÊNDICE J) para serem entregues/apresentados pelos grupos durante a dinâmica.

Durante toda a aula, mesmo sem o professor pedir, os jornalistas ficaram circulando pela sala e conversando com os demais grupos. Um aluno jornalista tentou subornar um dos proprietários. Esse mesmo jornalista, perguntou ao professor se poderia gravar as conversas e aos poucos ele percebeu que na época da revolução industrial inglesa não haviam gravadores de vídeo ou mesmo de áudio. Sabendo que teriam que apresentar um jornal sobre as coisas que aconteceriam em aula em algum

momento, esse mesmo aluno perguntou: “e se não acontecesse nada?”. O professor respondeu dizendo que aconteceria e que mesmo se não acontecesse nada eles, como imprensa, poderiam fazer acontecer.

Seguindo o programado para a aula, o professor mostrou o motor de Stirling. Enquanto a fonte quente era aquecida, explicou o papel histórico desse motor, que havia sido criado por dois irmãos que tentaram resolver principalmente as explosões nas caldeiras (que acabavam por matar muitos trabalhadores) dos motores de Watt e de Newcomen. Dando o impulso inicial, o motor iniciou a transformação do calor em trabalho e um dos alunos (jornalista) ficou impressionado por ele funcionar apenas com uma chama. O professor explicou que uma máquina térmica tinha como base esse funcionamento de transformar calor em trabalho e explicou o papel da fonte quente e da fonte fria na máquina térmica para a expansão e compressão do gás o que formaria um ciclo onde trabalho seria constantemente gerado. Seguindo, ligou uma lâmpada para ser alimentada pelo trabalho do motor e a velocidade de rotação desse diminuiu. Com isso, os alunos, que nesse momento estavam em silêncio tentando ouvir a rotação do motor a pedido do professor ficaram impressionados. O professor explicou que isso era uma consequência da conservação da energia e que se a lâmpada demandasse mais energia do que estaria sendo gerada o motor pararia (fez isso afastando um pouco a chama da fonte quente e logo o motor parou).

Após a explicação de uma máquina térmica, o professor, dizendo que estavam com o tempo reduzido para a aula, pede para que os alunos em seus grupos (não precisou dizer para que eles fossem para os grupos, esses foram sentaram próximo dos colegas de grupo por livre iniciativa) discutissem a questão “quais as vantagens e desvantagens da tecnologia aplicada na indústria?” conforme o ponto de vista dos seus personagens. E, fazendo essa discussão, realizassem anotações que na aula seguinte fariam a discussão em grande grupo.

O professor finaliza a aula entregando o jornal 02 (APÊNDICE B), comparando a potência de um cavalo com as máquinas térmicas. Uma aluna (jornalista) pergunta se em cada aula eles teriam uma pergunta e o professor diz que não necessariamente, mas que teriam discussões sobre alguma exposição e os próprios jornais. Além disso, disse que os jornais dissertavam sobre o tema da aula seguinte e que sempre seriam entregues no final de uma aula e retomado no início da próxima aula.



### 6.2.3 AULA 04 – 05/11/2014

Objetivo Específico: Definir com base em um contexto histórico potência (*horsepower*).

Materiais Utilizados: questões para a determinação da potência de uma máquina (APÊNDICE K) e Jornal 03 (APÊNDICE C).

Como, na aula anterior, os grupos não puderam discutir a questão, apenas tiveram tempo para conversar, o início desta aula foi para que eles pudessem realizar a discussão. De uma forma geral, os grupos apresentaram muitos estereótipos. Como podemos ver em cada um dos grupos:

- Proprietários: argumentaram que a tecnologia aplicada na indústria traz apenas benefícios para eles. Isso porque traria mais dinheiro, afinal poderiam dispensar os trabalhadores. Eles perceberam que teria desemprego, mas falaram que não se importavam;
- Trabalhadores: apontaram apenas desvantagens. Um dos alunos argumentou o motivo da existência apenas de desvantagens dizendo: "Teria vantagens se eu fosse uma máquina. Como eu não sou só vejo desvantagens"<sup>11</sup>.
- Cientistas/Técnicos (Watt): como o seu objetivo principal é vender a tecnologia, argumentaram que essa aplicada na indústria traria mais dinheiro para eles. E assim, eles teriam mais trabalho;
- Cientistas/Técnicos (Newcomen): esse grupo foi o único que pensou nos dois lados, de uma forma mais igualitária. Mas, ainda assim, acabou por valorizar a implementação da maquinaria, porque esta traria mais qualidade ao trabalho realizado e que não faltaria ao trabalho como um homem. No entanto, apontaram que o desemprego seria ruim, mas que fazia parte do processo de industrialização.

Após as discussões, o professor pediu que um aluno lesse o jornal 02 (APÊNDICE B), que falava da comparação entre a potência de um cavalo e da máquina a vapor. Em seguida, discutiu os aspectos trazidos pelo jornal, como, por exemplo, a mão de obra infantil.

---

<sup>11</sup> Apesar de não ser realizada nenhuma gravação, o professor anotou essa frase assim que ela foi proferida.

Depois da leitura, o professor entregou materiais para cada um dos grupos uma das diferentes formas de movimentar um maquinário (vento, água, homem, cavalo e vapor). No quadro ele calculou a potência de um cavalo em Watt e definiu o *horsepower*. Pediu que em casa os grupos calculassem o valor da potência em seus materiais para discutirem no início da aula seguinte.

Antes de entregar o jornal 03 (APÊNDICE C), que fala de eficiência, a sala foi invadida por alunos da 3ª série do ensino médio que mostraram um vídeo e convidaram o professor para ser o paraninfo deles.

#### 6.2.4 AULAS 05 E 06 - 07/11/2014

Objetivo Específico: Definir ciclo de Carnot e eficiência.

Materiais Utilizados: Material sobre máquinas térmicas e eficiência (APÊNDICE L).

O professor iniciou a aula permitindo que os alunos terminassem a tarefa sobre potência da aula anterior. Alguns alunos haviam faltado e outros tiveram dificuldades em lembrar as explicações, então, considerando o referencial sociocultural de Vygotsky adotado e o conceito de zona de desenvolvimento proximal, o professor pediu que alguns alunos dos outros grupos, que haviam compreendido a tarefa, auxiliassem quem precisava. Em seguida, retomou o conceito de *horsepower* com base na comparação estabelecida por Watt. Assim, os alunos conseguiram terminar os seus cálculos e o professor retomou no quadro os resultados.

Na sequência da aula, o professor pediu para que os jornalistas apresentarem o jornal (ver Figuras 6.3 e 6.4). Esse continha um texto escrito, onde provavelmente apenas um ou dois dos quatro integrantes do grupo o criou. Assim, o professor solicitou que para o próximo jornal cada jornalista apresentasse uma reportagem.

Em seguida, foi entregue aos alunos o jornal 03 (APÊNDICE C), sobre eficiência. O professor solicitou que dois alunos revezassem a leitura. Após, discutiu as *notas ao jogador* com os estudantes. Um aluno comentou, brincando, sobre a enganação que o professor estava fazendo com eles e o professor disse que não era enganação, exatamente porque existiam as *notas ao jogador*.

Figura 6.3: Página 1 do primeiro jornal apresentado pelos alunos da turma 201.

**Jornal das quadradas**

---

**Implementação de tecnologia em fábricas causa transtorno.**

Um conflito vem se criando entre trabalhadores e patrões, tudo se deve a implementação de máquinas nas fábricas. Mas como isso afeta os dois lados da história?

Trabalhadores se mostraram totalmente contrários à tecnologia. Na última quarta-feira se reuniram para uma discussão e alegaram que “ficaram insatisfeitos, pois a qualquer momento podem ser demitidos. Uma máquina rende mais e produz muito mais que um único homem. Isso os leva a crer em um desemprego em massa. Seria mais vantajoso para seus chefes continuar com as máquinas e demiti-los”. Abaixo uma foto de alguns trabalhadores que se sentem cabisbaixos.



Fonte: *print screen* do arquivo entregue pelos alunos para o professor.

Figura 6.4: Página 2 do primeiro jornal apresentado pelos alunos da turma 201.

Donos de fábricas também se reúnem, com o objetivo de decidir se continuaram com o uso de tecnologia.



Eles alegam estarem satisfeitos com a implementação de máquinas em suas fábricas, percebemos isso na foto acima, onde dois proprietários ostentam sua riqueza. O lucro tende a crescer uma vez que as máquinas são mais baratas para serem mantidas do que os empregados.

Fonte: *print screen* do trabalho entregue pelos alunos para o professor.

Após a leitura do jornal, o professor começou a explicar o conceito de eficiência. Para tanto, retomou o funcionamento básico de uma máquina térmica, que absorve calor de uma fonte quente, sendo que parte deste calor vira trabalho e outra parte é calor despejado na fonte fria. Explicou que a eficiência seria o quanto de trabalho é aproveitado em razão do calor gerado. Com o funcionamento básico da máquina térmica e a definição de eficiência, disse que nenhuma máquina térmica aproveita 100% do calor, porque parte será sempre despejada na fonte fria. Mostrou então a relação de conservação de energia da máquina térmica ( $Q_{\text{QUENTE}} = W + Q_{\text{FRIA}}$ ) e, assim, definiu a eficiência com base nos calores.

Em seguida, explicou a máquina de Carnot, com base em seu ciclo ser composto apenas por transformações reversíveis. Mostrou o diagrama de pressão e volume da máquina de Carnot e falou que essa máquina era ideal, que reduzia as perdas de energia ao máximo e que nenhuma outra máquina térmica, que funcionasse entre as mesmas temperaturas da máquina de Carnot, teria uma eficiência maior do que a dessa. Disse que a eficiência da máquina de Carnot depende unicamente das temperaturas de operação da máquina e mostrou essa relação. Falou que como essas

temperaturas derivam das leis dos gases ideais, é necessário que as mesmas estejam em seus valores absolutos (Kelvin).

Passou um material sobre a eficiência (APÊNDICE L) contendo exercícios. Os cientistas/técnicos de Watt determinaram a eficiência da máquina deles. Uma aluna questionou o porquê de transformar em Kelvin, argumentando que essa escala seria proporcional à escala Celsius, já que, para determinar a eficiência, multiplicava e dividia pela temperatura, ou seja, cancelaria a transformação realizada no numerador. O professor disse que falar em proporção na Física implica em multiplicação e divisão; e, observando que para transformar em Kelvin é necessário somar 273 ao valor em Celsius, argumentou que não era uma proporção, somar em cima e embaixo de uma divisão por 273 e, conseqüentemente dividir, gera um resultado diferente.

Observamos que os alunos que normalmente vão bem nas avaliações formais da disciplina são os mesmos que terminaram as atividades e auxiliaram os colegas. Ou seja, esses se comportaram como parceiros mais capazes. O professor pôde perceber, de forma geral, nessa interação um maior empenho por parte dos estudantes para a compreensão dos conceitos do que nas aulas de exercícios tradicionais. Provavelmente, esse maior empenho é porque os estudantes formaram grupos de, no máximo, quatro alunos, sendo que esses foram os grupos de trabalho da dinâmica. Sendo assim, facilitava ao professor percorrer o espaço da sala de aula e atingir os estudantes.

#### 6.2.5 AULA 07 – 12/11/2014

Objetivo Específico: Guiar uma interação entre os educandos envolvendo os seus personagens.

Materiais Utilizados: Jornal 04 (APÊNDICE D).

Nesta aula os cientistas/técnicos apresentaram as suas máquinas. O professor precisou continuamente controlar o restante da turma, que não estava envolvida na dinâmica da apresentação, para não influenciarem nessa, afinal, seus personagens não estavam presentes.

O grupo de Newcomen apresentou a sua máquina e um dos alunos desenhou no quadro o esquema dessa (ver Figura 6.5). O grupo havia se preparado muito pouco para a apresentação e, apesar de todos alunos falarem durante a apresentação,

alguns acabaram utilizando uma retórica de vendas, por exemplo, os alunos acharam muito engraçado quando um dos cientistas/técnicos fez a piada de que daria para fazer pizza na caldeira da máquina a vapor. De fato, isso evidencia um caráter capitalista dos cientistas/técnicos que desejam vender a sua mercadoria, no caso, a tecnologia. Apesar dessa linguagem utilizada, os dados técnicos foram passados corretamente (potência de 20 hp e eficiência de 7%), embora um dos alunos (o que estava usando uma retórica de vendedor) ter dito que a máquina de Newcomen era mais eficiente que a de Watt. Um aspecto utilizado pelo grupo para vender a sua máquina foi o de vender 3 máquinas pelo preço de uma Watt. Falaram que com isso a fábrica ganharia 60 hp ao invés dos 45 hp de Watt. No entanto, nada foi dito sobre a eficiência.

Figura 6.5: Os cientistas/técnicos de Newcomen apresentam o seu motor aos empresários.



Fonte: o autor (2014).

O grupo de cientistas/técnicos de Watt apresentou em seguida (ver Figura 6.6). Como esse grupo assistiu à apresentação do de Newcomen e isso acabou por dar uma vantagem do ponto de vista de argumentos para esse grupo. Uma aluna do grupo de Watt havia desenhado em uma folha A3 o ciclo termodinâmico e o esquema da máquina, para facilitar a sua explicação. Os dados apresentados para o motor de Watt também estavam corretos (potência de 45 hp e eficiência de 28%).

Os proprietários fizeram perguntas e redigiram as suas atas durante ambas as apresentações. Ao final, o professor se reuniu com esses para a tomada da decisão<sup>12</sup>. Um dos proprietários evidenciou que uma aluna do grupo de Watt havia apresentado muito melhor do que os demais. Em seguida eles debateram sobre os aspectos positivos de cada máquina e tomaram como decisão utilizar a máquina de Watt em sua fábrica.

O professor anunciou a decisão dos proprietários para a turma e pediu para se reunir com os jornalistas. Então, passou informações sobre as consequências da decisão dos empresários para que os pudessem escrever isso em forma de reportagem para a próxima aula.

Figura 6.6: Cientistas/técnicos de Watt apresentam o seu motor aos empresários.



Fonte: o autor (2014).

Ao final da aula, o professor entregou o jornal 04 (APÊNDICE D), que discute sobre a sociedade com a industrialização e a competitividade entre as fábricas.

---

<sup>12</sup> Parte do áudio desta conversa foi gravado.

## 6.2.6 AULA 08 E 09 – 14/11/2014

Objetivo Específico: Guiar uma reflexão entre os educandos envolvendo os seus personagens e refletir sobre os impactos sociais do desenvolvimento tecnológico.

O professor fora surpreendido pela turma com uma festa surpresa, afinal era seu último dia na escola. Pediu para os alunos que depois pudessem finalizar a dinâmica, porque precisaria redigir um trabalho de conclusão sobre essa.

Os jornalistas deveriam começar apresentando a edição do jornal local e um dos alunos (denominado aluno A) viajou neste dia, mas enviou para o professor a sua apresentação. O professor leu com a turma o jornal (ver Figuras 6.7, 6.8 e 6.9), que estava muito bom. Os outros jornalistas reclamaram que o aluno pegou todos os tópicos para ele e que apresentariam basicamente as mesmas coisas. Dessa forma, pediram para não apresentar. No entanto o professor pediu os materiais para os alunos, denominado de B e C (ver Figuras 6.10 e 6.11).

Figura 6.7: primeira página do jornal final da dinâmica elaborado pelo aluno A.



Fonte: *print screen* do jornal entregue pelo aluno A para o professor.



Figura 6.8: segunda página do jornal final da dinâmica elaborado pelo aluno A.

A grande disputa se dava entre dois novos modelos de máquinas que substituirão a mão de obra braçal, a Newcomen e a Watt. Depois de muito tempo e saliva gasta foi feito um acordo, a nova máquina que seria implantada nas indústrias seria a de Watt.

Com o grande número de vantagens econômicas à empresa, a escolha do modelo de Watt era certa pois os proprietários não terão que se preocupar com salários de trabalhadores agora que apenas uma máquina poderá substituir até 450 empregados.

Agora surge a pergunta, o que será dos desempregados?

Baseado em uma média levantada pelo BECK (Base de Estatísticas Concretas dos Trabalhadores), cerca de 80% da população agora se encontra desempregada e em situações precárias.

O mercado inteiro do estado está se desestabilizando, a cotação da moeda tem alta queda (piorando também o lucro em optar por comércio externo) e a economia afunda cada vez mais, assim a empresa que visou grandes

Foi previsto o fim do mundo para 2012...  
Veja mais na página 10

Fonte: *print screen* do jornal entregue pelo aluno A para o professor.

Figura 6.9: terceira página do jornal final da dinâmica elaborado pelo aluno A.

conquistas, em alguns meses deverá tomar providências para manter seus níveis de venda proporcionais.

Além das alarmantes alterações econômicas, estão surgindo grupos extremistas, os chamados "Pau Podres", que comparecem nos protestos (ocorridos frequentemente) e vandalizam a cidade, causando ainda mais prejuízos ao estado.

- "Eu mal conseguia bancar minha família com meu salário lixo, agora desempregado estou com medo de morrer de fome.... O que posso fazer é ir para as ruas protestar". Disse Cleisu de Jesus.

Reportagem por  
Eustácio Cleber.

Fonte: *print screen* do jornal entregue pelo aluno A para o professor.

Após, o professor leu o jornal 04 (APÊNDICE D) com os alunos. Não houve muita discussão nessa leitura. Em seguida, o professor fez um círculo com os trabalhadores, onde ouvia a história de cada personagem e narrava como mestre as consequências da decisão dos empresários para eles:

- Um dos trabalhadores tinha mais de 50 anos e sustentava uma casa com inúmeros filhos, netos e bisnetos. Devido ao fato de ser homem e ainda por cima já com uma idade elevada, fora demitido e não conseguia mais sustentar a sua casa;
- Outra trabalhadora era amante de um dos proprietários e irmã de uma das cientistas/técnicos. Ela manteve o seu emprego até por causa de seus privilégios e tinha que cuidar de um setor de trabalhadores, basicamente vendo se esses estavam cumprindo os seus deveres;

- Um trabalhador sustentava a sua família e acabou perdendo o emprego. Mas sua mulher e filho conseguiram lugar na fábrica e com isso a família conseguia se sustentar.
- Outra aluna tinha uma personagem com filhas e não possuía marido. Conseguiu manter o seu emprego, porque a sua mão de obra era mais barata. Após essa narração das consequências para os trabalhadores, o professor apresentou imagens daquela época de crianças e mulheres na indústria, assim como o cenário dentro de uma fábrica com o seu maquinário.

Figura 6.10: jornal final da dinâmica elaborado pelo aluno B.

Jornal das Escolas

---

Cientistas apresentam novo projeto que é aprovado pelos proprietários.

Nesta última quarta-feira, os cientistas de Watt apresentaram a proposta de uma nova máquina. Segundo os cientistas, essa máquina economiza muito mais carvão do que o normal. A mão de obra humana seria reduzida, pois a máquina equivale há 450 trabalhadores. A máquina gira 108 vezes por minutos, levando assim a uma produção muito mais rápida e mais barata.



Fonte: *print screen* do jornal entregue pelo aluno B para o professor.

Figura 6.11: jornal final da dinâmica elaborado pelo aluno C.

## **TAXA DE DESEMPREGO AUMENTA PARA 86%**

Ao comprar máquina de watt, empresários demitem muitos trabalhadores gerando graves consequências.

## **TRABALHADORES MORREM DE FOME**

## **TAXA DE MORTALIDADE SOBE PARA 79%**

## **POPULAÇÃO SE REVOLTA E VAI PARA RUA PROTESTAR, O GIGANTE ACORDOU!!!**

Fonte: *print screen* do jornal entregue pelo aluno C para o professor.

### 6.3 RECURSOS E LIMITAÇÕES DA PROPOSTA DIDÁTICA

Nesta sessão, discutiremos, com base nos referenciais adotados, os possíveis recursos e limitações da proposta didática aplicada em duas turmas da 2ª série do ensino médio na disciplina de Física. Para facilitar as considerações que serão feitas, listamos alguns fatores a serem discutidos: (1) adaptações na proposta, (2) questões sobre estereótipos, (3) ganância dos cientistas/técnicos, (4) aulas tradicionais no ensino de Física dentro da dinâmica, (5) entendimento dos conceitos Físicos e (6) possíveis modificações na visão sobre CTS dos estudantes.

Durante a aplicação da proposta, inúmeras adequações foram realizadas. Provavelmente, essas ocorreram pelo fato da opção pela implementação do projeto na sala de aula usual de Física, sem selecionar alunos. Vários fatores podem ser apontados aqui, que encontramos no relato da aplicação, que geraram modificações, entre os quais atrasos do professor, falta dos alunos em aulas, sonolência dos alunos, recreios estendidos que comprometeram o período. A sala de aula é um espaço dinâmico e o professor deve estar preparado para lidar com essas mudanças.

Nas duas turmas onde aplicamos a proposta didática, houve discussões sobre estereótipos. Considerando o referencial CTS adotado para a proposta, queremos observar visões diferentes sobre a implementação da C&T e, dessa forma, observamos diferentes grupos sociais. De fato, esses grupos sociais não são homogêneos, sendo que as pessoas podem ter visões diferentes dentro do mesmo grupo. Ou seja, devemos sempre questionar a existência de estereótipos dentro dos grupos sociais. Dentro da dinâmica, tínhamos um empresário, na turma 202, preocupado com os trabalhadores que seriam demitidos e outros que não se importavam com isso. Além desse empresário, havia um trabalhador, da mesma turma, que era viciado em trabalhar e provavelmente, se tivessem surgido mecanismos de pressão durante a dinâmica não se envolveria nesses. Analisando essa discussão que surgiu nas salas de aula sobre os estereótipos, observamos uma potencialidade para futuras aplicações do projeto de maior análise e discussão com os alunos.

Um fator que influenciou muito na dinâmica foram os cientistas/técnicos que queriam *vender* as suas máquinas a vapor. De fato, quando elaboramos a dinâmica não pensamos que isso afetaria a aplicação. Os argumentos utilizados pelos alunos nas apresentações não eram apenas técnicos, como esperávamos, mas sim buscando uma influência de vendas, através de uma retórica utilizando vantagens e desvantagens, para vencer a disputa comercial entre os dois motores. É possível utilizar essa característica do projeto para discutir com os alunos os interesses capitalistas dentro da C&T. Poderia ser melhor discutido com os estudantes o que os cientistas/técnicos teriam de interesse comercial na sua máquina e como esses podem ser capitalistas. Tomando como bases a discussão da *superioridade do modelo de decisões tecnocrática* (AULER; DELIZOICOV, 2001) em sala de aula, consideramos que seja melhor ao grupo dos cientistas/técnicos se manter na análise de questões técnicas das máquinas a vapor e deixar as questões capitalistas aos

empresários. Isso pode enriquecer a dinâmica na discussão desse mito de CTS, porque os cientistas/técnicos analisariam apenas os conceitos físicos das máquinas térmicas, mas não seriam responsáveis pela decisão. Além disso, essa mudança também pode ser rica do ponto de vista do estudo dos conceitos, porque assim, um grupo analisaria unicamente os conceitos físicos envolvidos nas máquinas.

As aulas em que o professor fez uma discussão tradicional se mostraram cansativas aos alunos. Como a área de Ensino de Física discute, esse tipo de ensino está falido. Além disso, elas deixaram a dinâmica envolvendo o jogo mais truncada e seria melhor aproveitado se as aulas em que os conceitos forem trabalhados fossem separadas da dinâmica do RPG. Dessa forma, o jogo se preocuparia na aplicação e retomada de conceitos estudados e se deteria em seu principal objetivo, que é proporcionar um ambiente de discussão das relações CTS em um contexto sócio-histórico.

Sobre o entendimento dos conceitos físicos estudados pelos alunos, foi possível observar que os alunos dedicados aproveitavam a proposta tanto quanto as aulas tradicionais da disciplina. Considerando que o professor havia informado que não ocorreria prova e que a avaliação seria durante o processo em termos da participação e do envolvimento, os alunos tentaram entender os conceitos envolvidos nas máquinas térmicas, tirando suas dúvidas nos espaços propiciados para isso. Também foi possível observar, considerando o referencial sociocultural de Vygotsky, que os alunos se auxiliaram na compreensão desses conceitos. A sala de aula se mostrou, em alguns momentos, uma zona de desenvolvimento proximal, em que os alunos que já haviam compreendido auxiliavam, atendendo ao pedido do professor para isso e, dessa forma, se comportando como parceiros mais capazes, aqueles que ainda precisavam finalizar as tarefas propostas.

Considerando a discussão CTS proposta em sala de aula, os estudantes puderam refletir sob o ponto de vista de diferentes grupos sociais as modificações trazidas pela C&T aplicada na indústria têxtil durante a Revolução Industrial. Foi possível observar que alguns empresários pensaram sobre os trabalhadores, sendo que uma proposta em que uma máquina a vapor sendo adotada pela fábrica, colocaria os funcionários para a realização de pinturas e trabalhos mais delicados nos tecidos. Além disso, conseguimos observar que os grupos sociais se beneficiam de forma diferente da C&T, como é o caso dos trabalhadores e dos empresários.

Não conseguimos fazer com que um mecanismo de pressão fosse formado pelos trabalhadores, talvez pelo fato do truncamento da dinâmica pelas aulas tradicionais. Uma melhor atenção poderia ser fornecida ao grupo dos trabalhadores durante a dinâmica e, com isso, poderia surgir um mecanismo de pressão desse grupo contra os empresários.

#### 6.4 PRODUTO EDUCACIONAL

Com base na implementação da proposta educacional discutida neste capítulo, realizamos algumas modificações no produto educacional preparado para os professores de Física. Essas modificações levam em conta, principalmente, a alteração do caráter representado pelo grupo de cientistas/técnicos, evidenciado durante a aplicação da dinâmica, e o truncamento da dinâmica com base nas aulas tradicionais.

O grupo dos cientistas/técnicos demonstrou valores associados a vendedores de lojas, como, por exemplo, as de grandes atacados. No caso, os alunos demonstraram uma retórica mais associada ao lojista que quer vender a sua mercadoria a qualquer custo, sem conhecimentos técnico-científicos, do que a do cientista/técnico. De fato, quando desenvolvemos a dinâmica e dividimos os grupos de cientistas/técnicos em dois, o de Newcomen e o de Watt, onde esses deveriam *vender* a máquina térmica para a fábrica, acabamos dando uma ênfase a um tipo de retórica incomum ao cientista/técnico. Os tecnocratas, enquanto capitalistas que desejam vender sua tecnologia, normalmente utilizam uma linguagem mais técnica.

Compreendemos que os alunos exerceram o papel de um cientista/técnico que *vende* a sua tecnologia e, sendo a realidade mais próxima a desses estudantes a dos vendedores, eles interpretaram mais esse papel do que o do tecnocrata. Cabe lembrar que os cientistas/técnicos em nossa sociedade podem ser capitalistas (principalmente, no sentido da relação de exploração), ainda mais quando desejam vender a sua tecnologia. No entanto, as informações para as vendas das máquinas que esperávamos que os cientistas/técnicos trouxessem para a dinâmica eram técnico-científicas e não do tipo “dá pra fazer pizza no forno da máquina”, ou ainda, “vendemos três máquinas de Newcomen pelo preço de uma de Watt”. O que almejamos em nossa abordagem é que este grupo traga informações técnico-científicas e não executem o papel de vendedores. Dessa forma, a modificação realizada foi para a existência de

um único grupo de cientistas/técnicos e que esses fossem contratados pelos donos da fábrica para a análise técnico-científica das máquinas a vapor e mecânicas (como a roda d'água, por exemplo). Ainda assim, deixamos como uma opção para o professor no Produto Educacional separar o grupo de cientistas/técnicos.

Quanto as aulas tradicionais, acreditamos que a dinâmica tenha um potencial melhor para a retomada e aplicação dos conceitos físicos do que o desenvolvimento desses. Além disso, o objetivo principal da dinâmica é a discussão das relações CTS na implementação da C&T, principalmente no que diz respeito a diferenciação entre as classes sociais. Dessa forma, optamos pela retirada do Produto Educacional final das aulas mais tradicionais, mas, ainda assim, fornecemos uma opção de essas serem trabalhadas dentro da dinâmica.

Também levamos em conta, uma maior atenção a ser dada ao grupo dos trabalhadores, para o surgimento de possíveis *mecanismos de pressão* durante a dinâmica e com isso buscando uma maior criticidade frente ao quesito de Participação Social na matriz Strieder (2012). Essa atenção aos trabalhadores é discutida no Produto Educacional através de ações que o professor possa tomar durante a aplicação da dinâmica.

O Produto Educacional modificado foi aplicado em um minicurso voltado para professores de Física, denominado *As máquinas a vapor na Revolução Industrial: Um minicurso utilizando "Roleplaying Game" (RPG) como uma ferramenta educacional para a abordagem CTS no Ensino de Física* (SABKA; PEREIRA, 2015), no VI Encontro Estadual de Ensino de Física (EEEFis VI – RS), realizado em outubro de 2015 no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após essa aplicação, uma hiperímídia foi preparada para a série Recursos Digitais para o Apoio ao Professor de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e encontra-se atualmente disponível no *site* [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n02\\_Sabka](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n02_Sabka) (acesso: 16/03/2016) onde ficará hospedado infindo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão, redesenhamos a aula de Física para que os alunos pudessem refletir sobre a ciência e a tecnologia (C&T) no contexto de uma sociedade de classes. Para esse propósito, consideramos um referencial marxista do Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como base das reflexões em sala de aula, almejando uma formação científica de cidadãos engajados no exercício da democracia. Esse referencial nos serviu como base curricular.

Pensando no espaço de mudança da sala de aula tradicional, utilizamos o *Roleplaying Game* (RPG), um jogo que estimula a interação entre diferentes atores sociais num determinado contexto, enquanto recurso didático. Buscando verificar como os jogos têm sido aplicados no ensino de ciências e pensando em um espaço de mudança da sala de aula tradicional, conduzimos uma revisão da literatura norteada pela seguinte pergunta: *Em que medida os jogos educacionais têm funcionado como uma alternativa efetiva para nos distanciarmos do ensino de Física propedêutico em direção à formação científica de cidadãos críticos e envolvidos no exercício da democracia?* Considerando essa questão de pesquisa, foi possível verificar que jogos que estimulam uma interação através de uma simulação, como o júri simulado e o RPG, parecem criar um espaço para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos em questões sócio-científicas.

Além disso, o RPG precisa de um cenário para o jogo e, considerando essa necessidade, optamos pela Revolução Industrial inglesa, um período importante para a humanidade em que aplicações em C&T modificaram o modo de vida das pessoas, criando inclusive classes sociais que não existiam anteriormente a esse período (HOBBSAWM, 2013). A Revolução Industrial é conhecida como uma época de grandes avanços em C&T, sendo que a termodinâmica estava desenvolvendo as suas bases através dos trabalhos de Watt e de Carnot, ambos físicos que estudaram a máquina térmica, sendo essa uma das principais tecnologias desse período. Portanto, os conteúdos de Física trabalhados durante a dinâmica envolveram a termodinâmica e as máquinas térmicas. O referencial sócio-histórico marxista de Hobsbawm nos ancorou na Revolução Industrial e nas diferenciações de classes geradas por ela.

Além dos referenciais curricular (Movimento CTS) e sócio-histórico (Hobsbawm), precisamos de um referencial psicopedagógico para fundamentar o aprendizado dos estudantes. Cumprindo essa função, escolhemos a teoria



sociocultural de Vygotsky, sendo que, assim como os outros referenciais escolhidos, ela está fortemente conectada com às ideias de Marx – principalmente no que diz respeito a sujeitos inseridos em um contexto sociocultural, engajados na modificação desse e, dessa forma, modificando a si mesmos.

A dinâmica foi pensada e aplicada em uma sala de aula usual de Física, sem pré-seleção de alunos, em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio de uma escola particular no centro de Porto Alegre considerando um bloco didático de 9 horas-aula. Nesse bloco didático, os alunos tiveram momentos de reflexão sobre o contexto sócio-histórico da Revolução Industrial, principalmente no que diz respeito à máquina a vapor sendo introduzida na indústria e modificando as classes sociais. Enquanto conteúdo didático, os alunos estudaram a termodinâmica através do contexto histórico do desenvolvimento das máquinas térmicas, com foco nos trabalhos de Watt, potência térmica, e de Carnot, 2ª lei e eficiência das máquinas térmicas.

No capítulo de introdução, formulamos duas perguntas sobre o foco para o desenvolvimento do produto educacional:

- (1) *É possível levar para a sala de aula de Física um dinâmica que evidencie uma reflexão das diferenças entre classes sociais na implementação de C&T?*
- (2) *Em que medida essa dinâmica modifica as concepções dos estudantes sobre a C&T servindo para a diferenciação entre classes sociais?*

Respondendo à primeira pergunta, sim é possível levar para a sala de aula de Física uma dinâmica que evidencie uma reflexão das diferenças entre classes sociais na implementação de C&T. Como vimos, apesar do espaço escolar ser influenciado por fatores diversos que comprometem o planejamento usual de uma disciplina de Física, os alunos puderam pensar de uma maneira não tradicional dentro do ensino da Física. Ou seja, não apenas aplicando fórmulas e conceitos, mas vivenciando através do RPG um contexto muito importante para o desenvolvimento da termodinâmica, o da Revolução Industrial, e, mais do que isso, tentando refletir como o desenvolvimento de C&T pode afetar de formas diferentes determinados grupos sociais.

Já para a segunda pergunta, a resposta seria que provavelmente a dinâmica não modifica, de uma só vez, as visões que os estudantes têm sobre questões CTS. De fato, nos preocupamos principalmente em criar o ambiente de reflexão em sala de aula e assim fizemos. Dentro dessa concepção de espaço de vivência, a dinâmica deixa claro, por meio dos jornais desenvolvidos, que uma decisão tecnocientífica pode

ser tomada por um grupo e prejudicar somente outro. Apesar de ser provável que a dinâmica não tenha modificado a concepção dos alunos sobre a C&T influenciando as diferenças entre classes sociais, a aplicação do produto educacional nos permitiu observar alunos vivenciando o papel de empresário e pensando na classe trabalhadora. Em princípio, esses alunos pertencem à classe média pelo fato de estudarem em uma escola particular tradicional. Um aluno dos grupos dos empresários, em especial, chamou a atenção porque não deixava de pensar nos trabalhadores e, com isso, almejava realocar esses para um trabalho de motricidade fina na fábrica, caso adotasse a máquina a vapor. Esse aluno conseguiu se colocar dentro do seu papel e, com isso, criou uma empatia com o trabalhador que iria perder o seu emprego. De fato, esse estudante buscou influenciar os seus colegas empresários, debatendo sobre uma solução para o problema.

Mais do que simplesmente se colocar no lugar de outra classe social, o RPG permitiu que os alunos vivenciassem isso, dentro daquilo que acreditamos ser uma verdadeira zona de desenvolvimento proximal (ZDP), como esperávamos quando planejamos a dinâmica com base no referencial sociocultural de Vygotsky. Dessa forma, tomando como base a lei genética geral do desenvolvimento cultural, os alunos demonstraram em um campo social a reflexão sobre a C&T influenciando de formas diferentes as classes sociais. Com isso, essas vivências serão internalizadas, se não durante a aplicação dessa dinâmica, em dinâmicas futuras aplicadas em sala de aula que evidenciem as relações marxistas de CTS.

Uma outra pergunta que é cabível dentro deste capítulo de considerações finais é: *qual foi o papel cumprido pelo conteúdo de Física ao longo da dinâmica?* Como é possível perceber, este trabalho coloca o conteúdo de Física a serviço da reflexão sobre um problema social, tal qual como entendemos que uma abordagem em sala de aula inspirada nas Teorias Críticas do currículo deveria ser (SILVA, 1999). Apesar desse papel dado ao conteúdo, fica evidente nos jornais e nos materiais dos motores de Newcomen e de Watt que ele é discutido de uma forma diferenciada da do ensino tradicional. Dentro da dinâmica, ainda havia aulas reservadas para a discussão dos conteúdos propriamente ditos. Essas acabaram quebrando o foco principal do trabalho, que era o espaço de reflexão para os estudantes sobre CTS no contexto sócio-histórico da Revolução Industrial. Dessa forma, criamos uma nova versão para o produto educacional voltado para os professores em que o conteúdo de Física

continua a serviço da reflexão CTS, mas agora ele deve ser discutido anteriormente a dinâmica, sendo que essa serve como revisão de conceitos.

Além dessa visão diferenciada dada ao conteúdo, podemos dizer que o aluno pode vivenciá-lo em um contexto bem específico, proporcionado pelo RPG. Essa forma de vivência, estabelecida em um problema social na Revolução Industrial, acaba por ter um caráter interdisciplinar, porque, além de abordar uma situação social envolvendo diferenças entre classes, está situada historicamente.

Não ficou claro na aplicação do produto educacional que o trabalhador pode se organizar coletivamente para fazer pressão sobre os empresários. Consideramos isso no desenvolvimento do produto educacional voltado ao professor, almejando que esse consiga criar os chamados mecanismos de pressão social. A discussão dessas ações sociais coletivas pode ser uma importante reflexão para a sala de aula, conscientizando os estudantes para a importância do engajamento para a manutenção da democracia.

Nas considerações finais do capítulo anterior, de aplicação do produto educacional, observamos os estereótipos buscados pelos alunos no jogo. No entanto, não comentamos que alguns estudantes criaram traços bem específicos para os seus personagens. Isso é possível de se observar no final da dinâmica, em que o professor interpretava com os trabalhadores as consequências da escolha dos empresários. Nesse espaço criado, tivemos trabalhadores viciados em trabalho, que precisavam cuidar dos pais idosos, mulher apanhava do marido e o sustentava. Todos esses casos em apenas uma das turmas, sendo que os alunos que estavam se colocando no lugar de trabalhadores são, como já dito, provavelmente, de uma classe média e criaram personagens ricos em personalidade. O aluno cujo personagem era viciado em trabalho chegou a dizer que se mataria caso perdesse o emprego.

Observando essas idiosincrasias da aplicação do produto educacional, podemos concluir que, apesar da dinâmica provavelmente não transformar sozinha as concepções dos alunos sobre a C&T, *os alunos puderam vivenciar por meio do RPG personagens que sequer pensariam em se colocar no lugar*. Com isso, criaram uma empatia não apenas com seus próprios personagens, mas também com aqueles pertencentes a uma diferente posição social, como no caso da empresária que pensava em realocar os trabalhadores para um trabalho de motricidade fina. Essa empatia social vivenciada pelos alunos é uma qualidade importante no estágio do desenvolvimento da nossa democracia.

## REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Eds.). *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p. 47-59. 1994.

ANTUNES, A.; SABÓIA-MORAIS, S. O Jogo Educação e Saúde: Uma Proposta de Mediação Pedagógica no Ensino de Ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, p. 55 – 70. 2010.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Visões de Professores sobre as Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999, Valinhos – SP. *Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos – SP. 1999.

AULER, D.; BAZZO, W. Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro. *Educação & Ciências*, v. 7, n. 1, p. 1-13. 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 05-116. 2001.

AULER, D.; Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo “Paradigma”? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1. 2003.

BENEDETTI FILHO, E.; BENEDETTI, L.; FIORUCCI, A.; OLIVEIRA, N.; PERONICO, V. Utilização de Palavras Cruzadas como Instrumento de Avaliação no Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 104 – 115. 2013.

BENEDETTI FILHO, E.; FIORUCCI, A.; OLIVEIRA, N.; SILVA, P. BENEDETTI, L. Na Trilha da Ciência: Uma Atividade Lúdica ao Ar Livre Envolvendo o Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 3, p. 7 – 15. 2011.

BRAGA, R.; MATOS, S. Kronus: Refletindo sobre a Construção de um Jogo com Viés Investigativo. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2. 2013.

BRANDÃO, R.; ARAÚJO, I.; VEIT, E. A Modelagem Científica Vista como um Campo Conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 507-545. 2011.

BRASIL. LDB: *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*, 9ª ed. Brasília: Câmara dos Deputados. Edições Câmara. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC. 2002.

BRITO, J.; SÁ, L. Estratégias Promotoras da Argumentação sobre Questões Sócio-Científicas com Alunos do Ensino Médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 505 – 529. 2010.

CASTRO, B.; COSTA, P. Contribuições de um Jogo Didático para o Processo de Ensino e Aprendizagem de Química no Ensino fundamental Segundo o Contexto da Aprendizagem Significativa. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 1 – 13. 2011.

CAVALCANTI, E.; SOARES, M. O Uso do Jogo de Roles (Roleplaying Game) como Estratégia de Discussão e Avaliação do Conhecimento Químico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 255 – 282. 2009.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, tecnología y sociedad: El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 18. 1998. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a02.htm>>. Acesso em: 05 ago. 2015.

FERRY, A.; NAGEM, R. Analogia & Contra-Analogia: Um Estudo sobre a Viabilidade da Comparação entre o Modelo Atômico de Bohr e o Sistema Solar por Meio de um Júri Simulado. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 43 – 60. 2009.

FREIRE, P. *Ação Cultural para a Liberdade e Outros Escritos*. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981. 120 p.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A Dimensão Epistemológica da Noção de Problema na Obra de Vygotsky: Implicações no Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 59-79. 2012.

HOBBSAWM, E. J. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2013. 349 p.

LEONOR, P.; RUI, H.; AMADO, M.; LEITE, S. Uma Proposta de Sequência Didática para Contextualizar o Tema Bioética no Ensino Fundamental Dentro de uma Perspectiva CTSA. In: IV Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Ensino de Ciências, 2012, Porto Alegre. *Anais do IV Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre: IF-UFRGS, p. 463 – 475. 2013.

LIMA JUNIOR, P.; DECONTO, D.; ANDRELLA NETO, R.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F. Marx como referencial para análise de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 1, p. 175-194. 2014.

LIMA JUNIOR, P.; OSTERMANN, F.; REZENDE, F. Understanding the limits of Marxist approaches to sociocultural studies of science education. *Cultural Studies of Science Education*, v. 9, n. 3, p. 591-597. 2014.

LUZ, M.; OLIVEIRA, M. Identificando os Nutrientes Energéticos: Uma Abordagem Baseada em Ensino Investigativo para Alunos do Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2. 2008.

MARX, K.; ENGELS, F. *A ideologia alemã*. 2ª Ed. São Paulo: Martins Fontes. 2001. 119 p.

MARX, K. *O Capital*. Vol. 1. 1ª Ed. São Paulo: Boitempo Editorial. 2013. 894 p.

MATHIAS, G.; AMARAL, C. Utilização de um Jogo Pedagógico para Discussão das Relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade no Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, p. 107 – 120. 2010.

OLIVEIRA, M.; FARIA, J. Formação Inicial de Professores: Desafios e Possibilidades do Ensino de Reprodução e Sexualidade no Estágio Curricular Supervisionado. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, p. 509 – 528. 2011.

PEREIRA, A.; LIMA JUNIOR, P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 518-535. 2014.

SABKA, D.; LIMA JUNIOR, P. Role Playing Game as a Tool for the STS Approach to Science Education and Physics Teaching. In: *GIREP/MPTL 2014*, 2014, Palermo – Itália. 2014.

SABKA, D.; LIMA JUNIOR, P.; PEREIRA, A. Jogos na Educação Científica para a Cidadania: Uma Análise da Produção Acadêmica Recente. In: *XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2014, Maresias – São Paulo. Sociedade Brasileira de Física. 2014.

SABKA, D.; PEREIRA, A. As máquinas a vapor na Revolução Industrial: Um minicurso utilizando "Roleplaying Game" (RPG) como uma ferramenta educacional para a abordagem CTS no Ensino de Física. In: *VI Encontro Estadual de Ensino de Física*, 2015, Porto Alegre – Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 259-276. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132004000200008>>. Acesso em: 20 set. 2015.

SANTOS, A.; GUIMARÃES, C. A Utilização de Jogos como Recurso Didático no Ensino de Zoologia. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 5, n. 2, 2010.

SANTOS, W. *O ensino de química para formar o cidadão: principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira*. 1992. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 1992.

SANTOS, W.; MORTIMER, E. Uma análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2. 2002.

SILVA, T.; *Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo*. Belo Horizonte: Autêntica. 1999. 156 p.

SIQUEIRA, L.; FRANCO, M.; MOREIRA, L. Uma Trilha da Vida em Salinas: Jogo Permite Desenvolver o Tema “Cadeia Produtiva da Cana-de-Açúcar e Derivados” em Escola de Educação Básica do Município de Salinas – MG. In: Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Ensino de Ciências, IV, 2012, Porto Alegre. *Anais do IV Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre: IF-UFRGS, p. 303-315. 2013.

STETSENKO, A. From relational ontology to transformative activist stance on development and learning: expanding Vygotsky's (CHAT) project. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 471-491. 2008.

STRIEDER, R. *Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas*. 2012. 283 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

TAXINI, C.; PUGA, C.; SILVA, C.; OLIVEIRA, R. Proposta de uma Sequência Didática para o Ensino do Tema “Estações do Ano” no Ensino Fundamental. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 1, p. 81 – 97. 2012.



TOLKIEN, J. *O Senhor dos Anéis: A Sociedade do Anel*. São Paulo: Martins Fontes. 2000a. 434 p.

\_\_\_\_\_ *O Senhor dos Anéis: As Duas Torres*. São Paulo: Martins Fontes. 2000b. 364 p.

\_\_\_\_\_ *O Senhor dos Anéis: O Retorno do Rei*. São Paulo: Martins Fontes. 2001. 431 p.

TOTI, F. A.; PIERSON, A. H. C.; SILVA, L. F. Diferentes Perspectivas de Cidadania Presentes nas Discussões Atuais em Defesa da Abordagem CTS na Educação Científica. In: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009*, Florianópolis – Santa Catarina. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 2009.

VARGENS, M.; NIÑO-EL-HANI, C. Análise dos Efeitos do Jogo Clipsitacídeos (Clipbirds) sobre a Aprendizagem de Estudantes do Ensino Médio Acerca da Evolução. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 1, p. 143 – 168. 2011.

VYGOTSKY, L. *A Formação Social da Mente*. 7ª Ed. São Paulo: Martins Fontes. 2007. 182 p.

\_\_\_\_\_ The Genesis of Higher Mental Functions. In: WERTSCH, J. V. (Ed). *The Concept of Activity in Soviet Psychology*. Armonk, N.Y.: M. E. Sharpe. 1981. 441 p.

TOTI, F.; PIERSON, A.; SILVA, L. Diferentes Perspectivas de Cidadania Presentes nas Discussões Atuais em Defesa da Abordagem CTS na Educação Científica. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII*, Florianópolis. 2009.

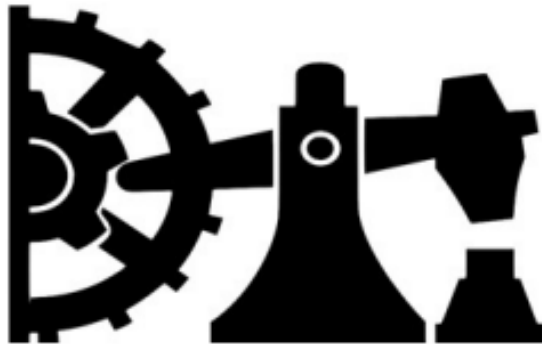
## APÊNDICES

APÊNDICE A – Jornal 01, referente à exaltação do desenvolvimento tecnológico.

# A FOLHA NACIONAL

Jornal 01

## O VAPOR É A NOVA FORÇA MOTRIZ DA INDÚSTRIA TÊXTIL!



(adaptado de: <http://pixabay.com/en/sign-symbol-silhouette-cartoon-36216/> - acesso: 11/09/2014)

### Notícia da Capital

Os teares avançaram muito. Desde o tear de 12 a 18 fusos, que substituíam o trabalho de até 9 homens, agora é a vez de explorarmos a elasticidade do vapor para a movimentação da maquinaria.

Onde antes já havia sido utilizada a força motora humana, animal, eólica e hídrica, agora o avanço tecnológico nos permite utilizar o vapor do aquecimento da água.

Através de uma adaptação nas máquinas criadas por Newcomen<sup>1</sup> para a retirada de carvão e água em minas, essa tecnologia agora está sendo aplicada na indústria têxtil.

Os engenheiros responsáveis por esse aperfeiçoamento afirmam que, em breve, as indústrias do país inteiro terão os seus motores

movimentando não apenas teares, mas também outros maquinários.

Essa revolução traz inúmeros benefícios não só aos empresários, mas também a toda a população. *“Com a implementação dessa tecnologia na indústria têxtil teremos roupas de maior qualidade e, inclusive, mais baratas. Todos saem ganhando!”*. É o que diz um dos empresários que já adotou a máquina de Newcomen em sua indústria.

Com o auxílio do vapor na indústria têxtil, uma máquina tem o potencial de substituir 150 trabalhadores.

Mais na página 3.

### Notícia de Revolta

Um grupo de trabalhadores se une para atacar e dismantelar brutalmente a maquinaria de uma fábrica.<sup>2</sup>

Mais na página 23.

### Lion Teares LTDA

Somente nesta semana!  
Venha aproveitar!  
Linha de teares *Spinning Jenny* e muitos outros em liquidação.



(retirado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Spinning\\_jenny#mediaviewer/File:Spinning\\_Jenny\\_improved\\_203\\_Marsden.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Spinning_jenny#mediaviewer/File:Spinning_Jenny_improved_203_Marsden.png) - acesso: 11/09/2014)

#### Nota ao jogador (comparação da simulação com o contexto real):

<sup>1</sup> Os motores de Newcomen serviram e muito para a retirada de água de minas e também de terras alagadas, sendo utilizados em larga escala para essa finalidade. Mas, no entanto, é questionável se realmente foram utilizados na indústria para a movimentação da maquinaria (outros cumpriram essa função). Na nossa dinâmica simulamos que esse motor chegou a ser utilizado na indústria;

<sup>2</sup> Os trabalhadores conquistaram espaço e leis trabalhistas principalmente com a união e manifestações.

APÊNDICE B – Jornal 02, referente à comparação entre a potência animal e das máquinas a vapor.

# A FOLHA NACIONAL

Jornal 02

## COMPARAÇÃO ENTRE O TRABALHO ANIMAL E AS MÁQUINAS A VAPOR

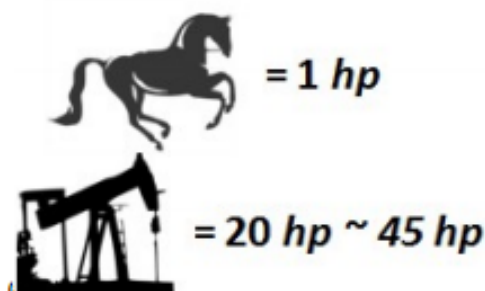
### Notícia da Capital

Baseado nas ideias anteriores de Thomas Savery, que uma vez disse: “Um motor pode erguer a mesma quantidade de água que dois cavalos trabalhando juntos e ainda será necessário manter dez ou doze cavalos fazendo o mesmo para que consiga fazer este trabalho constantemente.”<sup>1</sup>, o engenheiro escocês James Watt criou um experimento para comparar o trabalho realizado por um cavalo para erguer água e o de uma máquina a vapor.

Watt observando quantas vezes um moinho girava em um determinado tempo sob uma força aplicada por um cavalo obteve uma forma de comparação com o seu motor. Este trabalho realizado por um determinado tempo seria a potência desenvolvida por um cavalo e Watt a denominou *horsepower* (hp)<sup>2</sup>.

Através da sua comparação, obteve um valor de 45 hp para o seu motor e, de em uma comparação equivalente, obteve para o motor de Newcomen o valor de 20 hp.

O motor a vapor pode substituir cavalos, mas nas indústrias ele tem substituído homens. Com essas máquinas fazendo todo o trabalho pesado, são as mulheres e até mesmo crianças que acabam sendo mais importantes para o trabalho industrial<sup>3</sup>. Isso, pois são menores e mais ágeis que



304996/ - acesso: 09/09/2014)

(retirado de: <http://pixabay.com/en/silhouette-cartoon-drill-nodding-36265/> - acesso: 09/09/2014)

os homens, podendo se esgueirar por entre a maquinaria. Além disso, a mão de obra de mulheres e crianças é mais barata, reduzindo o preço do produto e trazendo benefícios aos consumidores que podem comprar produtos por um preço mais baixo.

Mais na página 3.

### Anúncio de Emprego<sup>4</sup>

Precisa-se de 12 a 20 garotos, crescidos o suficiente para que possam se passar por 13 anos. Salário \$4 por semana. Contatar Will & Will Têxtil LTDA.

Nota ao jogador (comparação da simulação com o contexto real):

<sup>1</sup> Traduzido de <http://en.wikipedia.org/wiki/Horsepower> (acesso: 10/09/2014);

<sup>2</sup> Watt realmente realizou este experimento. Hoje, em sua homenagem, a unidade de medida de potência no S.I. é o Watt. Um hp equivale a 736 Watts de trabalho convertido por segundo (potência);

<sup>3</sup> Isto realmente ocorreu. Apenas mais tarde, quando se estabeleceu um ramo de trabalho mais técnico para a fabricação da maquinaria é que a maior parte dos homens foi realocada no mercado de trabalho;

<sup>4</sup> O trabalho infantil era muito explorado e não haviam leis que o regulassem. Elas foram surgindo aos poucos durante a revolução industrial. A notícia de “Anúncio de Emprego” foi retirada do livro de Marx, K.; *O Capital* (2013, p. 470) e provavelmente era corriqueira pelos jornais da época.

APÊNDICE C – Jornal 03, referente à eficiência proporcionada pelo condensador de Watt.

# A FOLHA NACIONAL

Jornal 03

## UMA FORMA MAIS EFICIENTE DE MOTOR A VAPOR

### Notícia da Capital



A eficiência dos motores a vapor vem melhorando a cada novo ano. Cada vez *menos carvão é necessário para realizar o mesmo trabalho*<sup>1</sup>. O engenheiro James Watt adaptou o motor de Newcomen, introduzindo um condensador separado, o que reduz as perdas no trabalho realizado pelo pistão devido ao arrefecimento no cilindro.

Um condensador é um dispositivo que tem por finalidade transformar o vapor em água líquida novamente. Com essa adaptação, a temperatura em um dos ciclos do motor é reduzida de forma a economizar até 75 % do carvão utilizado anteriormente.

Em uma explicação, diz Watt: “Com o condensador, acabamos por reduzir a pressão de vapor na etapa de compressão do pistão. Como consequência, precisamos de menos carvão para o movimento do pistão.”<sup>2</sup>

Apesar disso, o físico, matemático e engenheiro francês Sadi Carnot explica que em uma máquina térmica<sup>3</sup> é inviável aproveitar 100 % do calor da queima de carvão em trabalho útil. Ele diz que “Um motor a vapor funciona retirando calor da fonte quente e transformando em trabalho. Uma parte deste calor vai para a fonte fria, ou seja, não temos como aproveitar todo o calor da fonte quente para a realização de trabalho deste motor.”<sup>4</sup>

Mesmo com toda a vantagem que o condensador trás, tudo indica que essa impossibilidade física apontada por Carnot deve ser correta. Isso, pois ao realizar cálculos da eficiência do seu motor, Watt encontrou um valor de aproveitamento de apenas 28 % do calor sendo transformado em trabalho<sup>5</sup>.

Mais na página 3.

(Imagem adaptada de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1f/Boulton\\_and\\_Watt\\_Steam\\_Engine\\_1786\\_\(4537762717\).jpg/654px-Boulton\\_and\\_Watt\\_Steam\\_Engine\\_1786\\_\(4537762717\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1f/Boulton_and_Watt_Steam_Engine_1786_(4537762717).jpg/654px-Boulton_and_Watt_Steam_Engine_1786_(4537762717).jpg) – acesso: 11/09/2014)

#### Nota ao jogador (comparação da simulação com o contexto real):

<sup>1</sup> Eficiência é a grandeza física que relaciona o trabalho útil e o calor gerado na queima de combustíveis. Matematicamente pode ser expressa como *eficiência = trabalho útil/calor da queima de combustíveis*;

<sup>2</sup> Essa explicação não é do Watt, sendo retirada do livro de Paul Hewitt, *Física Conceitual* (2002, p. 320);

<sup>3</sup> Máquinas que têm como finalidade a transformação do calor em trabalho;

<sup>4</sup> Essa é a segunda lei da Termodinâmica. Ela está diretamente relacionada com a grandeza física denominada Entropia. A primeira lei da Termodinâmica é uma versão da conservação da energia e determina que em um corpo o calor é convertido em trabalho e energia interna (macroscopicamente associada a temperatura e ao estado físico do corpo), matematicamente é expressa como *calor = trabalho + variação da energia interna*;

<sup>5</sup> Carnot e Watt foram contemporâneos, embora Carnot seja bem mais jovem que Watt. É desconhecido se houve algum diálogo entre eles.

APÊNDICE D – Jornal 04, referente à competitividade trazida pela industrialização.

# A FOLHA NACIONAL

Jornal 04

## COMPETITIVIDADE ACIRRADA



(retirado de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/BASF\\_Werk\\_Ludwigshafen\\_1881.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/BASF_Werk_Ludwigshafen_1881.JPG) - acesso 15/09/2014)

### Notícias da Capital

Olhar por uma janela de uma grande cidade é o mesmo que olhar para as indústrias e suas chaminés. Cada vez mais indústrias surgem nesse horizonte, e é necessário que elas estejam muito bem equipadas com suas maquinarias. Isso, pois o vizinho é um rival em espaço físico e comercial. É necessário que essas indústrias produzam produtos cada vez mais baratos, para que tenham uma garantia de venda. A alta demanda do mercado por cada vez mais produtos faz com que a fábrica que não trabalhar dia e noite feche as suas portas, abrindo falência.

Nesse cenário onde a grande produtividade é a lei, a mão de obra humana se faz cada vez menos necessária, sendo substituída pelo movimento mecânico gerado pelo vapor. Onde antes havia um homem em cada máquina, agora um único trabalhador cuida de todo um setor com várias máquinas.

Mas não foi apenas o cenário da cidade que mudou. Dentro das fábricas existem correias percorrendo todo o ambiente para a movimentação da maquinaria, trazendo inúmeros



Na ilustração a polícia dispersa trabalhadores. (retirado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Unemployment#/media/File:Tompkins\\_square\\_riot\\_1874.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Unemployment#/media/File:Tompkins_square_riot_1874.jpg) - acesso 15/09/2014)

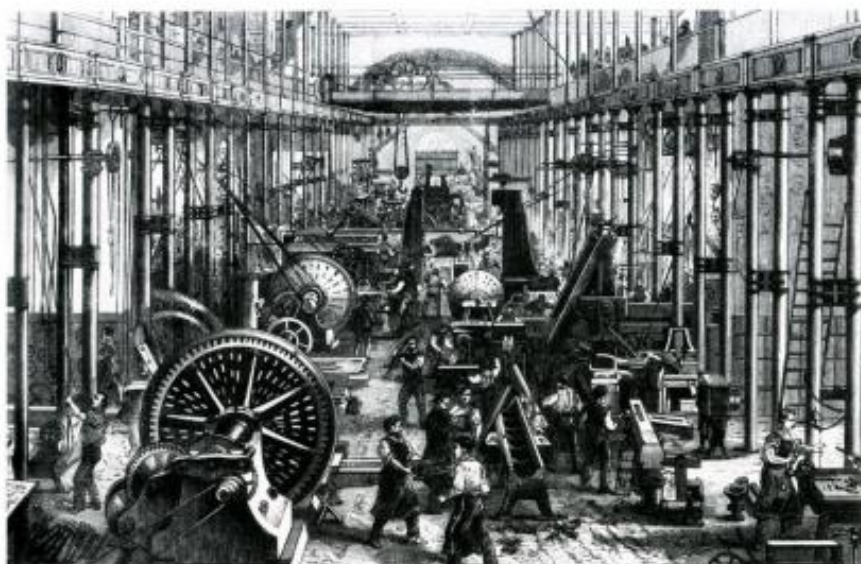
perigos às pessoas naquele local. Não existe um único dia em que não se fica sabendo de algum tipo de mutilação devido à maquinaria.

Mas alguns dizem que isso é só um preço a se pagar pelo avanço tecnológico. Esses mesmos, dizem que isso tudo são males momentâneos e que um dia tudo irá melhorar. E nesse dia, as máquinas serão mais seguras e eficientes, que todo trabalhador apto a trabalhar terá um emprego... será isso realidade algum dia ou seria apenas mais uma utopia?

Mais na página 3.

## APÊNDICE E – Material introdutório da dinâmica aos estudantes.

### AS MÁQUINAS A VAPOR E A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL



(fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Hartmann\\_Maschinenhalle\\_1868\\_\(01\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Hartmann_Maschinenhalle_1868_(01).jpg) – acesso 19/08/2014)

**O RPG:** o RPG é uma sigla que denomina *Role Playing Game*, que, em uma tradução livre, significa jogo de interpretação de papéis. Nesse jogo, os jogadores interpretam papéis e devem pensar e agir como determinados personagens.

**Cenário:** uma indústria têxtil, da época da revolução industrial, deseja adquirir a tecnologia da máquina a vapor. Para tanto, são analisadas duas máquinas: a de Newcomen e a de Watt.

**Personagens:**

Proprietários da Fábrica	Trabalhadores	Cientistas/Técnicos	Jornalistas
São os responsáveis pelo futuro econômico da indústria. Devem analisar as propostas e o contexto para tomar uma decisão.	Correspondem à mão de obra da indústria. Devem se posicionar conforme os seus interesses e tentar influenciar os empresários.	Desejam vender a sua tecnologia para a indústria. São divididos em dois grupos: (1) Newcomen e (2) Watt.	Devem cobrir o que ocorre na indústria (contexto local) através de entrevistas, observação, furos de reportagens, e também devem discutir em forma de reportagem os conceitos discutidos em aula.

**Avaliação:** a avaliação será principalmente em termos do envolvimento.

**QUE TIPO DE PERSONAGEM É VOCÊ?**

Pensar em aspectos do seu personagem ajudam a desligá-lo de você. Abaixo seguem uma série de perguntas para que você pense a respeito. Mas antes, comece criando um nome para o seu personagem.

Nome do Personagem: \_\_\_\_\_

Tipo de Personagem: ( ) Proprietário da Fábrica ( ) Trabalhador ( ) Cientista/Técnico ( ) Jornalista

a. Qual a idade do seu personagem? Como a idade o afeta?

---

---

---

b. Como é a família do seu personagem? Como essa o afeta?

---

---

---

c. Qual foi a coisa que seu personagem mais se envergonhou de fazer?

---

---

---

d. Qual a melhor coisa que seu personagem já fez? (lembre-se que o melhor para você não necessariamente é para os outros)

---

---

---

e. Qual o maior sonho do seu personagem?

---

---

---

Observações:

---

---

---

---

---





**Potência**

Como discutido por Watt, é possível fazer uma comparação entre a potência de um cavalo e a do nosso motor.

Durante uma hora um cavalo roda 144 vezes uma roda de moinho com 23 metros de circunferência, tracionando durante todo este tempo o equivalente para suspender uma carga de 80 kg<sup>1</sup>. Isso seria a potência de um cavalo<sup>2</sup>.

Com o motor apresentado neste projeto, este mesmo moinho tracionando a mesma carga, seria possível rodá-lo 48 vezes em um minuto.

Com esses dados, e sabendo que a potência pode ser determinada<sup>3</sup> pela relação:

$$Potência = \frac{Trabalho}{tempo} = \frac{Força \times deslocamento}{tempo}$$

Onde a força representada é o Peso Onde a força representada é o Peso ( $P = mg$ ; onde  $g$  é a aceleração da gravidade e tem como valor  $9,8 \text{ m/s}^2$ ) da carga e o deslocamento é dado pelo número de voltas da roda multiplicada pela circunferência.

Cálculo:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Assim, concluímos que o nosso motor equivale a 20 hp, ou seja, a potência de 20 cavalos.

Como um ser humano sadio consegue desenvolver um décimo da potência de um cavalo, podemos concluir que o motor tem o potencial para substituir o trabalho de 200 homens.

OBSERVAÇÕES:

**Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):**

<sup>1</sup> Originalmente essas unidades estavam no sistema de unidades imperial. Os valores foram aproximados para facilitar os cálculos;

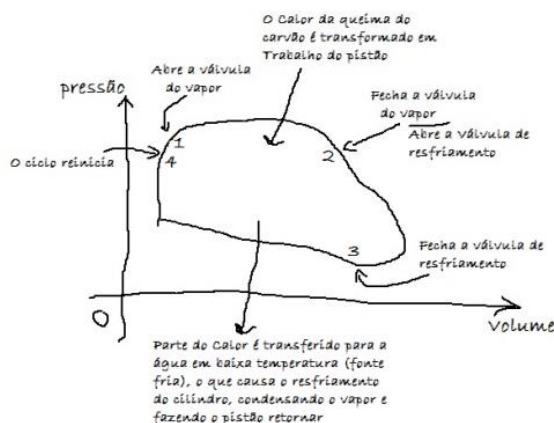
<sup>2</sup> Mais precisamente *horsepower* (hp). Um hp equivale a 736 Watts de trabalho convertido por segundo (potência);

<sup>3</sup> Com as unidades apresentadas o resultado será em Watt.

**Diagrama PV**

Através de um gráfico qualitativo de pressão e volume (PV) podemos compreender melhor o funcionamento das válvulas em relação ao ciclo realizado pelo pistão.

É importante perceber que nem todo o calor da queima do carvão gera trabalho do pistão. Uma parte acaba sendo cedida para o resfriamento do pistão, o que irá reiniciar o ciclo. Também existe o aquecimento das peças do motor e da própria casa de máquinas.<sup>1</sup>



1 ao abrir a válvula do vapor permitimos a entrada desse no cilindro, o que acaba por empurrar o pistão. – Nessa etapa há um aumento de volume.

2ao fechar a válvula do vapor e abrir a válvula do resfriamento o volume continua a se expandir inicialmente. Enquanto isso ocorre, a pressão do cilindro começa a se reduzir. Em seguida, o volume começa a se reduzir, mantendo a pressão praticamente constante – entre as etapas 1 e 2 temos que o calor da queima do carvão é transformado em trabalho do pistão.

3 ao fechar a válvula de resfriamento a condensação do vapor continua, o que causa uma diminuição no volume do cilindro, fazendo o pistão retornar à posição inicial. – nessa etapa parte do calor da queima do carvão é transferido para a água (fonte fria). Dessa forma, nunca podemos aproveitar todo o calor da queima transformando-o em trabalho.

4 o ciclo se reinicia com o abrir da válvula do vapor.

Neste diagrama PV, temos que a área representada pelo ciclo é numericamente igual ao trabalho do motor a vapor.

OBSERVAÇÕES:

**Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):**

<sup>1</sup> Como o calor flui naturalmente de uma fonte quente para uma mais fria, sempre temos corpos mais frios (como a própria maquinaria e o ambiente ao redor) absorvendo parte deste calor. Isso está relacionado com a segunda Lei da Termodinâmica, que determina que o calor por si mesmo jamais flui de um objeto frio para um objeto quente.







## APÊNDICE I – Carta apresentada aos trabalhadores escrita por Ludd.

Trabalhadores,

Esta carta é escrita e a copio um sem fim de vezes na esperança que cada vez mais trabalhadores possam se unir.

Minha mulher precisa cumprir uma jornada de trabalho de 18 horas. Tão árdua quanto aquela que eu preciso. Meus filhos também estão oferecendo a força de trabalho deles.

Na semana passada, um amigo embriagado para conseguir aguentar o frio e a rigidez da jornada de trabalho noturna caiu sobre uma correia, tendo o seu braço amputado por essa besta serpenteante.

O chamado “avanço” faz com que não apenas nossos amigos, mas também que os entes amados de nossas famílias corram inúmeros perigos. E pior do que tudo isso, é precisar que todos em casa trabalhem para que possamos comer, morar e vestir.

É necessário formarmos uma união para lutar não apenas pelas nossas vidas, mas também pela da nossa família.

De um amigo que compartilha os mesmos problemas,

*Ned Ludd Michel Homere*

P.S. Escrevam sempre que puderem relatando o que estão vivendo por aí. Tentarei responder o mais breve possível.

[Este material é parte do produto educacional desenvolvido por Diego Sabka para o Mestrado Profissional em Ensino de Física – UFRGS. Orientadores: Dr. Alessandro Pereira (UFRGS) e Dr. Paulo Lima Junior (UnB).]

### **Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):**

<sup>1</sup> Ned Ludd Michel Homere foi um personagem historicamente associado aos primeiros movimentos sindicalistas. Provavelmente ele nunca tenha escrito uma carta tentando aclamar trabalhadores em prol de uma causa. Talvez, nem mesmo soubesse escrever.

**APÊNDICE J – Cronograma de atividades a serem entregues/apresentadas pelos alunos para o professor ao longo da dinâmica.**

DIA		TRABALHO			
201	202	PROPRIETÁRIOS DA FÁBRICA	TRABALHADORES	CIENTISTAS/TÉCNICOS	JORNALISTAS
22/out	21/out				
24/out	23/out				
05/nov	04/nov		Entrega individual da resposta à carta de Ludd		
07/nov	06/nov				Apresentação do Jornal Local - contexto da dinâmica (com base no jornal nacional e no contexto local da fábrica), cavalo-vapor e diferentes máquinas (discutido na aula 3), reflexão sobre a tecnologia (aula 2). Os alunos podem explorar entrevistas, pontos de vista diferentes e conteúdos.
12/nov	11/nov	Atas preenchidas individualmente após a apresentação dos cientistas/técnicos e da reunião entre proprietários.		Apresentação das máquinas a vapor pelos cientistas/técnicos (10 minutos para cada grupo e 5 minutos de perguntas para os proprietários): não pode usar power point.	
14/nov	13/nov				Apresentação do Jornal Local - explanação da aula anterior e implicações da decisão.

**APÊNDICE K – Material sobre potência, onde as questões foram resolvidas pelos grupos de trabalho da dinâmica (uma máquina para cada).**

**POTÊNCIA**

James Watt permitiu a comparação entre o trabalho realizado entre diversas máquinas, comparando com o de um cavalo.

Durante uma hora, um cavalo rotaciona 144 vezes uma roda de moinho com 23 metros de circunferência. Durante esse tempo, o cavalo traciona o equivalente para suspender uma carga de 80 kg. Isso seria a potência de um cavalo, ou melhor, *horsepower* (hp), como denominado por Watt.

Considerando que a cada volta completa o cavalo desloque a massa de 80 kg em 23 metros, após uma hora o animal terá deslocado o peso de:

$$\text{Peso} = \text{massa} \times \text{gravidade}$$

$$\text{Peso} = 80 \times 10 = 800 \text{ Newton}$$

Por uma distância de:

$$\text{Deslocamento} = \text{voltas} \times \text{circunferência}$$

$$\text{Deslocamento} = 144 \times 23 = 3.312 \text{ metros}$$

Com isso, o cavalo realiza um trabalho de:

$$\text{Trabalho} = \text{força} \times \text{deslocamento}$$

$$\text{Trabalho} = 800 \times 3312 = 2.649.600 \text{ Joules}$$

Como esse trabalho é realizado ao longo de 1 hora e essa tem 3600 segundos:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Trabalho}}{\text{tempo}} = \frac{\text{Força} \times \text{deslocamento}}{\text{tempo}}$$

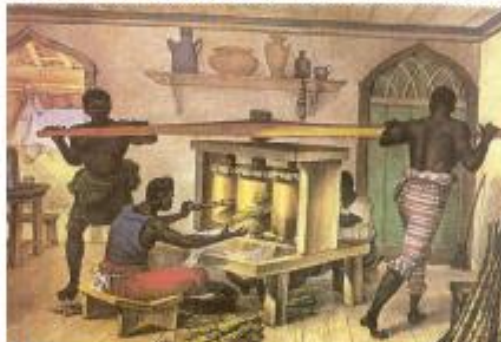
$$\text{Potência} = \frac{2649600}{3600} = 736 \text{ Watts}$$

Com isso, o cavalo gera uma potência de **736 Watts**, que é o equivalente a **1 horsepower**.

Com base nessa potência, temos uma base de comparação em cavalos do trabalho de um homem, assim como o de diversas máquinas, mecânicas ou a vapor.

### **Potência – MOINHO DE CANA MOVIDO POR FORÇA HUMANA**

Um moinho de cana de circunferência 12 metros é tracionado por dois trabalhadores e gira 6 vezes em um minuto. Ele consegue tracionar durante todo este tempo o equivalente para suspender uma carga de 25 kg.



(fonte da imagem: [http://dc466.4shared.com/img/Nt6xqzLC/s7/13fc5779178/pequena\\_moenda\\_do\\_cana\\_portt8.jpg](http://dc466.4shared.com/img/Nt6xqzLC/s7/13fc5779178/pequena_moenda_do_cana_portt8.jpg) - acesso: 03/11/2014)

No caso, como o moinho de cana tracionará uma força suficiente para suspender 25 kg, utilizaremos como força o peso ( $P = mg$ ; considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Qual a força de tração do moinho?

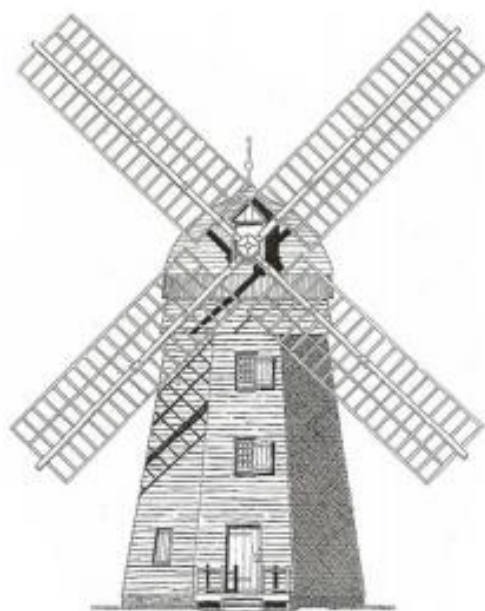
Qual o deslocamento linear de um ponto na extremidade de uma das alavancas?

Qual o trabalho realizado pelo moinho nesse intervalo de tempo?

Qual a potência do moinho de cana em Watt e em hp?



### Potência – MOINHO DE VENTO



(fonte: <http://cleangreenenergyzone.com/wp-content/uploads/2011/05/windmill-and-sun.jpg> - acesso: 03/11/2014)

Um moinho de vento de circunferência 28 metros gira 10 vezes em um minuto. Ela consegue tracionar durante todo este tempo o equivalente para suspender uma carga de 150 kg.

No caso, como o moinho de vento tracionará uma força suficiente para suspender 150 kg, utilizaremos como força o peso ( $P = mg$ ; considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

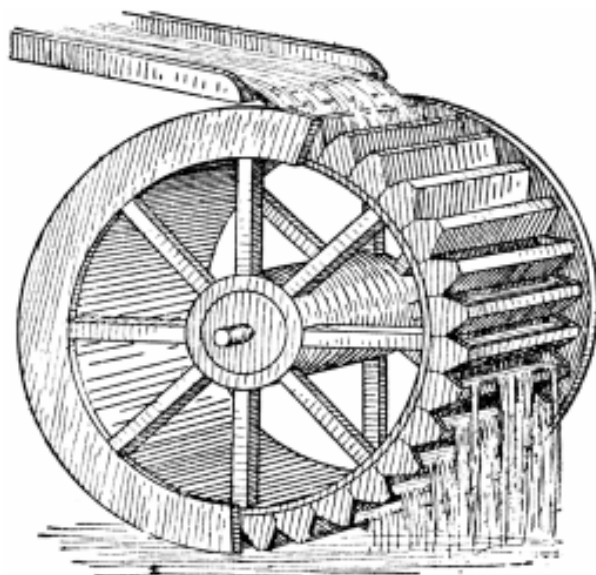
Qual a força de tração da roda d'água?

Qual o deslocamento linear de um ponto na extremidade de uma das pás?

Qual o trabalho realizado pelo moinho nesse intervalo de tempo?

Qual a potência do moinho de vento em Watt e em hp?

### Potência - RODA D'ÁGUA



Uma roda d'água de circunferência 25 metros gira 15 vezes em um minuto. Ela consegue tracionar durante todo este tempo o equivalente para suspender uma carga de 200 kg.

(fonte: [http://etc.usf.edu/clipart/44700/44757/44757\\_breast\\_wh\\_lg.gif](http://etc.usf.edu/clipart/44700/44757/44757_breast_wh_lg.gif) - acesso: 03/11/2014)

No caso, como a roda d'água tracionará uma força suficiente para suspender 200 kg, utilizaremos como força o peso ( $P = mg$ ; considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Qual a força de tração da roda d'água?

Qual o deslocamento linear de um ponto na extremidade da roda?

Qual o trabalho realizado pela roda nesse intervalo de tempo?

Qual a potência da roda d'água em Watt e em hp?

## APÊNDICE L – Material sobre eficiência fornecido para os alunos.

### Etiqueta de Eficiência Energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem

(adaptado de: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp> - acesso: 05/12/2015)

A etiqueta a seguir é um exemplo para refrigerador. Cada linha de eletrodoméstico possui sua própria etiqueta, só mudando as características técnicas de cada produto.

[http://www.mundodaeletrica.com.br/wp-content/uploads/2015/10/1a\\_etiqueta.jpg](http://www.mundodaeletrica.com.br/wp-content/uploads/2015/10/1a_etiqueta.jpg) - acesso: 05/12/2015)



Antes de comprar um eletrodoméstico com esta etiqueta, verifique a letra que indica a sua eficiência energética.

Por exemplo, um produto com a etiqueta com a letra A é mais eficiente que um com a letra C.

E um lembrete, nenhum lojista pode tirar as etiquetas dos produtos antes da venda!

A indicação da eficiência energética de um aparelho é definida como a razão entre o consumo padrão (com base nas tabelas do INMETRO de 2001) e o consumo medido na análise do aparelho.

No entanto, a eficiência de qualquer máquina térmica pode ser definida como a razão entre a energia útil e a energia fornecida.

$$e = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia fornecida}}$$

Essa equação nos informa, basicamente, o quanto da energia fornecida está realmente sendo aproveitada para aquilo que desejamos (energia útil). Sendo que em uma máquina térmica, a energia útil é o trabalho por ela realizada e a energia fornecida é o calor gerado da queima de algum combustível.

Em 1824, o físico Sadi Carnot idealizou uma máquina térmica que aproveitasse o máximo da energia fornecida. Essa máquina, teórica, foi denominada máquina de Carnot.

A máquina de Carnot está de acordo com a **primeira lei da Termodinâmica**<sup>1</sup>, que diz que parte do calor fornecido a uma máquina térmica é transformado em trabalho da máquina, mas outra parte transformasse em energia interna (aquecimento da fonte fria).



O ciclo de Carnot diz respeito a uma máquina que funcione entre uma temperatura  $T_1$  da fonte quente e outra  $T_2$  da fonte fria.

O ciclo desta máquina inicia com uma expansão isotérmica (temperatura constante) de A para B.

Em seguida, ocorre uma expansão adiabática (sem trocas de calor com o meio externo) de B para C.

Após, uma compressão isotérmica de C para D.

O ciclo finaliza com uma compressão adiabática de D para A.

[http://www.if.ufrgs.br/~dsb/uf/feeb/ciclo\\_carnot.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dsb/uf/feeb/ciclo_carnot.htm) - acesso: 05/12/2015)

<sup>1</sup>  $Q = W + \Delta U$

Esse é o funcionamento de uma máquina que utilize o máximo do calor para a realização de um trabalho. A sua eficiência pode ser determinada pela seguinte relação entre as temperaturas das fontes quente ( $T_1$ ) e fria ( $T_2$ ):

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

É importante saber que as temperaturas que aparecem na relação da máquina de Carnot são temperaturas da escala absoluta, ou seja, da escala Kelvin.

$$T_K = T_C + 273$$

**Responda:**

1. Por que não é possível construir uma máquina térmica com 100% de eficiência?

---



---



---



---

2a. Uma máquina térmica ideal realiza 600 J de trabalho em um ciclo termodinâmico. Sabendo que a fonte quente fornece 3000 J de calor em cada ciclo, qual a eficiência dessa máquina térmica?

---



---



---

2b. Sabendo que a temperatura da fonte quente é de 127 °C, qual a temperatura da fonte fria, em °C?

---



---



---



---

3a. Uma máquina térmica realiza 200 J de trabalho por ciclo ao exaurir 600 J de calor ao reservatório frio. Qual é o rendimento térmico da máquina?

---



---



---

3b. Uma máquina de Carnot com temperatura do reservatório quente de 400 °C tem a mesma eficiência térmica da máquina do item anterior. Qual é a temperatura do reservatório frio em °C?

---



---



---



---

2a. 0,2 (20%); 2b. 47 °C; 3a. 0,25 (25%); 3b. 231,75 °C.