



THIRZA PAVAN SORPRESO

**“ENERGIA NUCLEAR MEDIANTE O
ENFOQUE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
SOCIEDADE NA FORMAÇÃO INICIAL DE
PROFESSORES DE FÍSICA”**

**CAMPINAS
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

THIRZA PAVAN SORPRESO

**“ENERGIA NUCLEAR MEDIANTE O ENFOQUE
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA”**

Orientadora: Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutora em Educação, na área de concentração de Ensino e Práticas Culturais.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA THIRZA PAVAN SORPRESO E
ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MARIA JOSÉ PEREIRA
MONTEIRO DE ALMEIDA

Assinatura do Orientador

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Almeida", is written over a horizontal line.

CAMPINAS
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação
Rosemary Passos - CRB 8/5751

So69e Sorpreso, Thirza Pavan, 1978-
Energia Nuclear mediante o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação inicial de professores de Física / Thirza Pavan Sorpreso. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Maria José Pereira Monteiro de Almeida.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Professores de física - Formação. 2. Formação inicial do professor. 3. Ciência e tecnologia - Sociedade. 4. Energia nuclear. I. Almeida, Maria José P. M. de (Maria José Pereira Monteiro de), 1944-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Nuclear Energy by focusing science, technology and society approach at inicial training of physics teachers

Palavras-chave em inglês:

Physics teachers - Training

Initial training of teacher

Science and technology - Society

Nuclear energy

Área de concentração: Ensino e Práticas Culturais

Titulação: Doutora em Educação

Banca examinadora:

Maria José Pereira Monteiro de Almeida [Orientador]

Décio Auler

Suzani Cassiani

David Mendez Soares

Jorge Megid Neto

Data de defesa: 01-11-2013

Programa de Pós-Graduação: Educação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

Energia nuclear mediante o enfoque ciência, tecnologia e sociedade na formação
inicial de professores de física

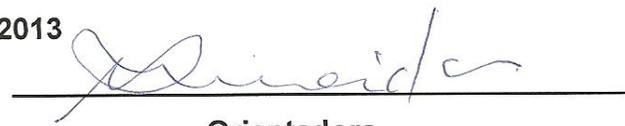
Autor : Thirza Pavan Sorpreso

Orientador: Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida
por Thirza Pavan Sorpreso e aprovada pela comissão julgadora

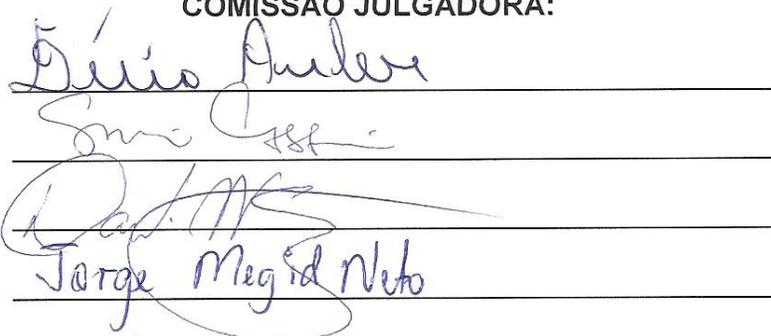
Data: 01/11/2013

Assinatura: _____



Orientadora

COMISSÃO JULGADORA:



2013

Resumo

A pesquisa aqui apresentada se justifica pela necessidade de renovação de conteúdos e de formas de ensino, apontada por estudos da área de ensino de Física. Trabalhamos elementos de Física Nuclear por meio da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em uma disciplina oferecida nos anos iniciais da licenciatura em Física. A abordagem CTS incorporou-se ao ensino a partir de movimentos extraescolares que reivindicavam uma visão mais crítica da Ciência e da Tecnologia, considerando-as como instituições não neutras, ou seja, influenciadas pelo contexto social de sua produção e de sua utilização. A abordagem CTS é utilizada neste trabalho visando a reflexões dos futuros professores de Física sobre a necessidade de rompimento com um ensino baseado apenas em cálculos e em resolução de exercícios e sobre a compreensão da Física Nuclear de forma ampla, ou seja, levando em consideração a não neutralidade da Ciência, sua produção e as complexas relações estabelecidas com a Sociedade e a Tecnologia. Para o desenvolvimento do trabalho na formação de professores, articulamos uma unidade de ensino a partir da pressuposição de um interlocutor, da escolha de conteúdos sobre a Física Nuclear e da ênfase em determinados elementos da abordagem CTS, adequando-os às condições de produção da disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”, em que foi desenvolvida a pesquisa. Para elaborar as justificativas teóricas de constituição da unidade, apresentamos a fundamentação de elementos presentes na unidade de ensino como: a inserção de temas de relevância social; a contextualização histórica da abordagem CTS; a necessidade de se pensar o Ensino de Física em sua relação com a sociedade; a necessidade de proporcionar aos estudantes de licenciatura uma vivência de experiência CTS; a importância de explorar a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, de abarcar uma visão de Ciência não neutra no ensino de Física e de estabelecer limites entre a interdisciplinaridade e a especificidade de conteúdos. Como referencial teórico e metodológico para a constituição desta pesquisa, utilizamos algumas noções da Análise de Discurso, e algumas noções associadas às relações entre escola e sociedade e entre ciência, tecnologia e sociedade. Por fim, realizamos análises de discursos dos estudantes de licenciatura e observamos que o desenvolvimento da unidade de ensino gerou conflitos em seus imaginários e alguns deslocamentos, fazendo com que eles ampliassem suas produções de sentido sobre a abordagem CTS e alguns de seus elementos. Em especial, verificamos que os licenciandos incorporam a noção de interdisciplinaridade como trabalho conjunto entre professores e reservam papel importante para a História da Ciência em uma prática CTS.

Abstract

The present research is justified by the constant need to improve the teaching methods in Physics. Our main approach consisted in addressing elements of nuclear physics to undergraduate students using Science, Technology and Society (STS), a discipline offered at the beginning of their formation. The STS approach was incorporated from extra-scholar activities claiming a more critical view of Science and Technology, and considering them as non-neutral institutions (i.e., influenced by the social context of their production and use). The STS approach is used in this work in order to question future teachers in Physics about the need to break with a school system based only on calculations and problem solving, thereby seeking further understanding of nuclear physics in a broader way (i.e., taking into account the non-neutrality of Science, its production and the complex relationships it has established with the Society and Technology). To develop the teaching work, we created a teaching unit from the pre-supposition of a speaker, the choice of a Nuclear Physics program, and the emphasis on certain elements of the STS approach, adapting them to the conditions of production discipline where the research was developed, "Knowledge in Physical Education I". To theoretically justify the constitution of the unit, we presented the rationale of elements present in the teaching unit, such as the inclusion of topics of social relevance; the historical context of the STS approach; the need to think about the teaching of Physics in their relationship with society; the need to provide undergraduate students an experience of STS; the importance of exploring the relationship between STS; the need to embrace a non-neutral vision in physics teaching; the limits between the inter-disciplinarity and the specificity contents. We used some notions of Discourse Analysis as a theoretical and methodological framework for the establishment of this research, in addition to our theoretical framework which also implied some notions related to the relationship between school and society and between STS. Eventually, we performed discourses analyses of undergraduate students and found that the development of the teaching unit created conflicts in their imaginary and shifts, causing students to broaden their productions of meaning on the STS approach and some of its elements. In particular, we found that students incorporated the notion of inter-disciplinarity as a joint effort between teachers, and reserved an important role for the History of Science in a practice STS.

Lista de Figuras

Figura 1: gráfico da relação entre o IDH e o consumo de energia.....	33
Figura 2: evolução da participação de fontes na produção mundial de energia até 2008.....	36
Figura 3: participação de fontes na produção de energia mundial em 2008	36
Figura 4: representação do modelo de Thomson para o átomo (pudim de passas).	40
Figura 5: representação do experimento de Rutherford.....	40
Figura 6: energia de ligação por núcleon em função do número de massa	43
Figura 7: atividades profissionais citadas pelos licenciandos.	147
Figura 8: dificuldades encontradas pelos licenciandos no exercício da docência.	149
Figura 9: problemas sociais citados pelos licenciandos nos questionários iniciais.....	150
Figura 10: contato dos licenciandos com Física Moderna e Contemporânea	153
Figura 11 concepções de Ciência dos licenciandos.....	171
Figura 12 ideias de ensino e aprendizagem que fundamentaram as unidades de ensino.	173
Figura 13: concepções sobre abordagem CTS durante a disciplina	175
Figura 14: ênfases CTS nos planos de ensino dos licenciandos	177
Figura 15: objetivos das unidades de ensino elaboradas pelos licenciandos.	180
Figura 16: atividades que seriam desenvolvidas nas unidades de ensino.	181
Figura 17: dificuldades de ensino apresentadas durante o desenvolvimento da unidade	181
Figura 18: elementos CTS identificados na análise das unidades de ensino elaboradas.....	183
Figura 19: atividades identificadas na análise das unidades de ensino elaboradas.	190
Figura 20: disciplinas identificadas na análise das unidades de ensino elaboradas.	196
Figura 21: temas e conteúdos abordados nas unidades de ensino	201

Sumário

I.	A PESQUISA	17
a.	Introdução	19
b.	Problema, objetivo e questões de pesquisa	25
i.	Problema de pesquisa	25
ii.	Objetivo de pesquisa	25
iii.	Questões de pesquisa	26
II.	ENERGIA NUCLEAR	27
a.	O problema da escassez de energia	29
i.	Um recorte do problema social	29
ii.	Física nuclear e o problema da escassez energética	32
iii.	Densidade de energia nuclear	38
iv.	Outras considerações	46
III.	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	51
a.	Análise de Discurso	53
b.	Ciência, Tecnologia e Sociedade, Escola e seu Ensino	61
IV.	ARTICULAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO	81
a.	Quadro de síntese da disciplina	85
b.	Disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”	87
c.	Inserção de temas de relevância social	90
d.	Contextualização histórica da abordagem CTS	95
e.	Ensino de Física e Sociedade	99
f.	Vivência de experiência CTS	106
g.	Ciência, Tecnologia e a tomada de decisões	107
h.	Não neutralidade da Ciência	109
i.	Interdisciplinaridade e conteúdos específicos	112
j.	Materiais de ensino e seus conteúdos	116
V.	ANÁLISES	145
Questionário inicial	147	
Temas de relevância social e contextualização histórica da abordagem CTS	156	
Ensino de Física e Sociedade	162	
Vivência de experiência CTS	168	

Planejamentos de ensino	170
Unidades de ensino apresentadas	182
Síntese das análises apresentadas	202
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	209
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento e pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

I. A PESQUISA

a. Introdução

Entre os pesquisadores da área de ensino de Física é praticamente consensual a necessidade de renovação de conteúdos e, para muitos, também das formas de abordagem na escola básica. Esse aspecto é evidenciado mesmo em diferentes linhas de pesquisa. Mencionamos, por exemplo, artigos que ressaltam a importância dessas renovações, voltados à formação de professores (ALMEIDA, 2000; FERREIRA e VILLANI, 2002; PORLÁN, 2002); que se referem a metodologias de ensino (LABURÚ et al, 2003); que tratam de formas específicas de trabalho, como o de Teixeira (2003b) dentro da perspectiva do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); ou ainda, que se preocupam mais especificamente com conteúdos, como é o caso da linha de pesquisa sobre a inclusão da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, bem representada pela revisão de Ostermann e Moreira (2000).

As principais críticas ao ensino atualmente praticado nas escolas são conferidas à exclusividade da resolução de exercícios como forma de trabalho e o predomínio de conteúdos provenientes da Física Clássica.

A necessidade de renovação do ensino de Física na escola básica é apontada não apenas por artigos de pesquisa, mas também por documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN (BRASIL, 1998) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Neles é assinalada a preocupação com os objetivos do ensino e com o desinteresse e as dificuldades manifestadas por estudantes no aprendizado dessa disciplina.

Dentre os objetivos de ensino, indicados em estudos da área e nos documentos oficiais, está a cidadania crítica e participativa. De acordo com os PCN, o ensino de Física deveria possibilitar o reconhecimento da “Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico” (BRASIL, 1998, p.29) e ainda capacitar os alunos a “emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes” (BRASIL,1998, p.29). Concordando com essas posições dos parâmetros, ressaltamos que o ensino que privilegia a Física Clássica mediada pela resolução mecânica de exercícios restringe a visão dos

estudantes com relação à natureza da Ciência, sua dinâmica relação com outras áreas do conhecimento e seu papel na sociedade, de forma a realmente privá-los de um componente essencial para a possibilidade de sua atuação social crítica.

Além da comunidade de pesquisa, tanto professores em formação e em exercício, quanto estudantes do Ensino Básico, manifestam seu descontentamento com diversos fatores relacionados ao ensino de Física nas escolas. Em trabalho no qual procurávamos delimitar as condições de produção do ensino de Física em escolas públicas do interior paulista (SORPRESO; ALMEIDA, 2005), constatamos tal fato a partir de declarações dos próprios professores e dos estudantes, explicitadas por licenciados em relatórios produzidos enquanto cursavam uma disciplina de estágio supervisionado. Os estudantes de licenciatura acompanharam o dia a dia das escolas, as aulas de Física e conversaram com membros da comunidade escolar. Indicaram a insatisfação e o desânimo no ambiente escolar com relação ao ensino e ao aprendizado da Física e, de forma mais abrangente, com a realidade do ensino público brasileiro.

Constatados tais problemas, pesquisadores têm se dedicado a desenvolver estudos que possam auxiliar professores de Física do Ensino Médio. Dentre as diversas pesquisas, apontamos algumas que recomendam a introdução de novos conteúdos nesse nível de ensino, como as que se referem à introdução da Física Moderna e Contemporânea (ARRIASSECQ; GRECA, 2006; BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005; CAVALCANTE et al, 2001; DIAS et al., 2002; GRECA; MOREIRA, 2001; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; OSTERMANN e RICCI, 2005; SANTOS, 2006;) e aquelas que se preocupam com abordagens alternativas à prática exclusiva de exercícios em aulas de Física, como as que apontam possibilidades para o uso da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (ANGOTTI; AUTH, 2001; AULER; BAZZO, 2001; REIS ; GALVÃO, 2005; SAMAGAIA; PEDUZZI, 2004; TEIXEIRA, 2003b; TERNEIRO-VIEIRA ; VIEIRA, 2005; UTGES et al, 2001;).

No caso das pesquisas que se referem à inclusão da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, observamos que são escassos os trabalhos com propostas testadas em sala de aula e/ou desenvolvidos na formação de professores (SILVA

e ALMEIDA, 2011)¹, assim como não há consenso sobre o que ensinar e como. E ainda constatamos que grande parte dos trabalhos publicados em periódicos voltados ao ensino de Ciências foca a Mecânica Quântica e a Relatividade, sendo poucos os trabalhos que se referem à Física Nuclear (SORPRESO, 2008).

Utilizando como referencial teórico a Análise de Discurso, pensamos o imaginário como um dos aspectos condicionados pelas mediações possíveis em sala de aula e também condicionante delas. As imagens que professores, ou futuros professores, fazem do conteúdo de ensino, do recurso didático por meio do qual esse conteúdo é veiculado, das estratégias de ensino e dos estudantes, são fatores condicionantes das mediações de ensino possíveis em sala de aula. Além do conteúdo de ensino e das formas de trabalho, o imaginário, portanto também influencia as mediações em sala de aula. Assim, os formadores de professores deveriam trabalhar esse imaginário em seus cursos para que todos, licenciandos e inclusive eles próprios, tivessem oportunidade de refletir e de tomar consciência da significância de alguns de seus aspectos.

Dada a necessidade de renovação do ensino de Física em Nível Médio, tanto no que diz respeito aos conteúdos, quanto às formas de trabalho, e considerando a importância do professor em tal processo, procuramos identificar aspectos do imaginário de estudantes de licenciatura em Física que apontassem limites e possibilidades para a inclusão da Física Nuclear na escola básica. Com esse intuito, desenvolvemos uma pesquisa (SORPRESO, 2008) acompanhando uma turma na disciplina “Prática de Ensino de Física e Estágio Supervisionado”. Nessa pesquisa, estudantes de licenciatura em Física prepararam episódios de ensino com o tema Questão Nuclear, abordado por meio de algumas das estratégias que vêm sendo estudadas e desenvolvidas por pesquisadores da área de ensino de Ciências: História da Ciência; Ciência, Tecnologia e Sociedade; Linguagens no ensino de Ciências e Resolução de Problemas.

Durante a referida pesquisa, foram criadas condições para a reflexão, não apenas com relação à inclusão da Física Moderna e Contemporânea, mas também, com relação à

¹ Nessa revisão bibliográfica em trabalhos nacionais e internacionais, os autores verificam que dentre 23 trabalhos publicados até o ano de 2010, sobre Física Moderna e Contemporânea em alguns dos principais periódicos da área de Educação em Ciências, apenas nove apresentam resultados de aplicação em sala de aula.

noção de qual Física, e de forma mais geral, qual ciência vem sendo ensinada nas escolas e quais poderiam/deveriam ser ensinadas. Em geral os estudantes de licenciatura concordavam com a introdução da Física Nuclear no Ensino Médio e as justificativas apresentadas por eles se aproximavam daquelas presentes, tanto em documentos oficiais para o ensino, quanto em artigos de pesquisa da área. Os estudantes de licenciatura conferiam importância especial para o aumento de interesse e de motivação dos alunos, o que, de acordo com eles, poderia ser atingido com a introdução, por meio das abordagens utilizadas, da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Esses aspectos evidenciam suas preocupações com tais problemas e a procura de alternativas para resolvê-los.

Por outro lado, deparamo-nos com limites para essa introdução. Um deles seria que, durante as situações de ensino que vivenciaram na sua formação inicial, no ensino básico, ou até mesmo na universidade, os estudantes de licenciatura em Física tiveram muitas aulas expositivas, baseadas quase exclusivamente em cálculos e em resoluções de exercícios e quase nenhum contato com as abordagens utilizadas. Isso reforça o imaginário dos estudantes de licenciatura de que a Física a ser ensinada deveria comportar fundamentalmente os cálculos. Como exemplo da intensa presença dessa concepção no imaginário dos estudantes, observamos, durante as aulas de “Prática de Ensino e Estágio Supervisionado”, afirmações, tais como, de que a Matemática seria não apenas a linguagem utilizada na Física, mas também a linguagem com a qual a própria natureza se expressaria. Ou ainda de que um ensino com abordagem CTS, tratando de questões como a natureza da Ciência e sua não neutralidade, seria algo filosoficamente bonito, mas que não caberia na grade curricular do Ensino Médio devido às cobranças do vestibular (SORPRESO, 2008).

Atentamos para o fato de que a dificuldade de entendimento e a falta de conhecimento sobre a Física Nuclear foram apontadas, também, em diversos momentos como impedimento, tanto para o planejamento dos seminários e dos episódios de ensino propostos na disciplina, quanto para uma futura introdução dessa Física no Ensino Médio. Ao apresentarem os episódios sobre a Questão Nuclear em seminários na disciplina,

apesar de reproduzirem em suas falas aspectos relacionados às abordagens utilizadas, houve uma tendência por parte dos estudantes de licenciatura de reproduzirem um ensino matematizado e com exclusividade no tratamento dos produtos da Ciência, dentro de uma concepção de neutralidade e de relações lineares entre Ciência, Tecnologia e Sociedade².

Assim nos defrontamos com o problema da falta de conhecimento dos estudantes com relação aos conteúdos da Física Nuclear, principalmente quando consideramos um tipo de conteúdo mais amplo do que aquele exclusivamente baseado em cálculos, ou seja, quando aventamos, como conteúdo pertinente ao Ensino Médio, a abordagem da Física Nuclear situada em seu contexto cultural e social. Defrontamo-nos também com o problema de que os estudantes de licenciatura, ao planejarem o ensino, davam exclusividade à metalinguagem matemática e à linguagem específica da Ciência. Entretanto, não atribuíam a devida importância para a produção e o desenvolvimento da Ciência, para suas relações estabelecidas com a sociedade e com a produção e utilização da tecnologia, não a viam como um conhecimento cultural de relevante papel social na atualidade.

Diante das reflexões anteriormente realizadas, sentimos a necessidade de nos aprofundarmos nos assunto e, assim expomos o problema, os objetivos e as questões da presente pesquisa.

² “Trata-se da interpretação de Luján e colaboradores (1996). Os autores apresentam esse modelo como uma visão comum das pessoas para explicar como a ciência se desenvolve linearmente, interferindo na sociedade. Teríamos então o desenvolvimento científico (DC), que geraria o desenvolvimento tecnológico (DT), gerando por sua vez o desenvolvimento econômico (DE) e, por fim, o desenvolvimento social (DS). Esquemáticamente, teríamos a seqüência: DC→DT→DE→DS” (Teixeira, 2003, p.181)

b. Problema, objetivo e questões de pesquisa

Com base em pesquisa anterior (SORPRESO, 2008) e em outros trabalhos da área de ensino de Física, consideramos que o ensino escolar e as disciplinas da licenciatura contribuem para a construção do imaginário de estudantes de licenciatura. Esse imaginário, frequentemente, sustenta as representações sobre a necessidade de se trabalhar quase exclusivamente com cálculos e com exercícios durante as aulas dessa disciplina no Ensino Médio e uma visão de Ciência e de Tecnologia que parece evidenciar representações de neutralidade e determinismo. Verificamos ainda que os estudantes de licenciatura em Física, no início de curso, só tiveram contato com a Física Clássica e, aparentemente, ensinada de maneira a reforçar tais imaginários. Por outro lado, os licenciandos, quando chegam ao final do curso, mesmo que tenham entrado em contato com conteúdos de Física Nuclear, provavelmente, esses terão sido abordados de maneira bastante matematizada.

i. Problema de pesquisa

Sendo assim, estabelecemos o seguinte problema: como contribuir para que os futuros professores de Física considerem como conteúdo a ser ensinado, no Nível Médio, a Energia Nuclear por meio da abordagem CTS, dado que, em seu imaginário, os conteúdos do vestibular, principalmente a resolução de exercícios, têm grande prioridade?

ii. Objetivo de pesquisa

No projeto aqui apresentado, nosso objetivo é abordar, em uma disciplina oferecida no início da licenciatura de Física, elementos de Física Nuclear, com foco no tema Energia e em estratégias de ensino centradas na abordagem CTS. Pretendemos proporcionar a reflexão dos estudantes sobre a necessidade de romperem com um ensino baseado apenas em cálculos e resolução de exercícios, e a compreensão do conteúdo de Física Nuclear a ser ensinado, entendido aqui de forma ampla, ou seja, levando em consideração a não neutralidade da Ciência, sua produção e as complexas relações estabelecidas com a Sociedade e a Tecnologia.

iii. Questões de pesquisa

1. Como articular, na formação inicial de professores de Física, uma unidade de ensino sobre Energia Nuclear que incorpore as características da abordagem CTS?
2. Como o trabalho com uma unidade de ensino, que trata a Energia Nuclear com abordagem CTS, pode contribuir para que futuros professores de Física considerem tal unidade como conteúdo possível para ser ensinado no Nível Médio, superando o imaginário de que apenas a Física Clássica, os produtos da Ciência e a resolução de exercícios devem ser ensinados?

II. ENERGIA NUCLEAR

Neste capítulo justificamos a necessidade social de inclusão de conteúdos da Física Nuclear no Ensino Médio com abordagens que proporcionem uma visão mais ampla dessa disciplina, abarcando suas relações e suas implicações sociais. Para isso discutimos alguns elementos importantes para a Física e para a Sociedade: a Energia e a possibilidade de sua utilização por meio da Fissão Nuclear.

a. O problema da escassez de energia

Diversos são os problemas sociais na atualidade. Dentre eles figuram a crise ambiental, o desequilíbrio social e a escassez de recursos energéticos não renováveis e da água, os quais, por sua vez, encontram-se interconectados. Argumenta-se que o excessivo consumo de energia, essencialmente por países “ricos”, tem afetado de forma drástica o meio ambiente. Por outro lado, considera-se que países “pobres” deveriam atingir o mesmo nível de consumo energético dos ricos para garantir uma vida digna às suas populações, o que, fatalmente, poderia resultar em maiores alterações ambientais.

Discutimos a seguir como se localiza a Física Nuclear nesse cenário, especificamente no que diz respeito à questão da escassez de energia e aos limites e às possibilidades para a utilização social da Energia Nuclear. Argumentamos que se considerados aspectos técnicos, como a densidade de energia nuclear, essa fonte seria promissora para o problema da escassez de energia, no entanto, ao observarmos outros elementos relevantes, associados com a produção da energia nuclear, percebemos que a decisão a ser tomada não é tão simples.

i. Um recorte do problema social

Iniciamos com um recorte da problemática social por meio da apresentação de artigos da mídia. Apesar de os posicionamentos dos meios de comunicação de massa normalmente serem tendenciosos, é possível, por meio deles, visualizarmos alguns assuntos que têm se apresentado como preocupantes, polêmicos ou interessantes ao menos de acordo com o ponto de vista de alguns setores sociais. Selecionamos então algumas notícias publicadas nos anos de 2010 e 2011 associadas aos temas: ambiente, energia e energia nuclear.

A revista *Época* de setembro de 2010 (ÉPOCA, 2010) corresponde a uma edição especial sobre o meio ambiente. Uma de suas reportagens nos questiona: “Quanto vale a natureza?”. Nela observamos que uma antiga preocupação de ambientalistas tornou-se assunto de empresários, economistas e governos que buscam formas para pagar ou para receber pela preservação dos recursos naturais. O artigo afirma que dadas as projeções de crescimento populacional, até o ano de 2030, a humanidade demandará mais recursos do que a Terra pode nos oferecer, secando-se assim a fonte da economia.

De acordo com a referida revista (ÉPOCA, 2010), vivemos hoje uma realidade difícil no que diz respeito à escassez de água potável e ao petróleo. Nela argumenta-se que a produção de energia é a grande responsável pelos custos da degradação ambiental, em especial devido à sua contribuição para o aumento do efeito estufa, para o aquecimento global e para a poluição da água. A partir de uma pesquisa, o setor energético figura como uma das principais preocupações de empresários, seguido, como prioridades menores, dos direitos humanos e da desnutrição.

A revista (ÉPOCA, 2010) aponta algumas soluções possíveis para reverter a degradação ambiental. Algumas delas consistiriam na revisão no cálculo do Produto Interno Bruto (PIB), subtraindo-se dele os custos da degradação ambiental; em mudanças no sistema econômico; na criação de empresas sustentáveis que desenvolvam produtos ecologicamente orientados; em incentivos governamentais para proteção da natureza e pagamento pelas empresas para cobrir os gastos ambientais.

A nova preocupação econômica com o meio ambiente, também é apontada pela revista *Isto É-Dinheiro* (ISTO-É DINHEIRO, 2010). A edição apresenta uma série de quadros associados às questões ambientais, como produtos ecologicamente corretos e índices de qualidade do ar. A revista afirma que 6% da emissão de dióxido de carbono no mundo é realizada por veículos. Uma das reportagens apresenta uma foto da Bolsa de Valores sobre a qual figura a palavra sustentabilidade. Nela explica-se que a Bolsa de Valores de São Paulo copiou a de Nova York criando o índice Carbono Eficiente. Esse índice possibilitaria aos investidores avaliar o desempenho da empresa no que se refere ao seu comprometimento ambiental.

Também na revista *Isto-É* (ISTO-É, 2011), encontramos uma reportagem intitulada “Ciência Sustentável” e um encarte sobre uma empresa que oferece soluções ecologicamente corretas para empresários. Ali são apresentadas alternativas “criativas” para lidar com problemas ambientais, dentre elas: uma descarga que utiliza um volume seis vezes menor de água do que o volume usual em vasos sanitários; um rádio que funciona com a energia gerada pela água do chuveiro e exibe os gastos com o banho; um sistema de aquecimento solar inteligente que permite que o fluxo de água varie com a incidência solar. No encarte da empresa são oferecidas soluções para questões ambientais que diminuem os custos de produção e que se enquadram nas normas governamentais para proteção do meio ambiente.

A capa da *Super Interessante* de abril de 2011 (SUPERINTERESSANTE, 2011) apresenta a manchete: “Catástrofes naturais”. A revista afirma que algumas catástrofes podem ser causadas ou agravadas pela interferência humana no meio ambiente: tsunamis, furacões, terremotos, enchentes e secas. A reportagem também salienta que muitas delas são preocupações sociais atuais e podem ter sua ocorrência aumentada nos próximos anos. É estranho notar, e questionável, que a revista tenha incluído as catástrofes nucleares na lista de desastres “naturais” e considere que elas são as únicas que têm possibilidade de menor ocorrência no futuro.

A revista *Carta Capital* de março de 2011 (CARTA CAPITAL, 2011) aborda, em um dos seus artigos, o acidente nuclear ocorrido no Japão em 11 de março de 2011, quando um tsunami, gerado após um terremoto, ocasionou a parada no sistema de refrigeração e o rompimento das paredes de contenção de reatores nucleares na província de Fukushima. A revista (CARTA CAPITAL, 2011) afirma que uma das grandes apostas dos governos mundiais contra o aquecimento global era a energia nuclear, alternativa que passou a ser questionada por alguns líderes após o acidente.

O acidente de Fukushima foi assunto de diversas outras revistas, como a *Época* de março de 2011 (ÉPOCA, 2011b) que fala sobre o episódio, afirmando que catástrofes naturais estão cada vez mais frequentes e mortíferas. Eles relembram, ainda, o terremoto ocorrido no Haiti em 2010, que apesar de ser de magnitude menor do que o do Japão,

causou intensos problemas por atingir uma população carente. A revista afirma que a cultura tecnicista nos anos 1970 investia na energia nuclear como solução para a crise do petróleo e o aquecimento global. Entretanto, tais investimentos passaram a ser questionados nos anos 1980 após a ocorrência dos acidentes nucleares de *Three Mile Island* em 1979, e Chernobyl em 1986, porém foram retomados nos últimos anos, quando a energia nuclear voltou a ser considerada como uma das melhores alternativas para as crises energética e ambiental. O exemplar discute também a polêmica da construção da usina hidroelétrica de Belo Monte no Pará. Se, por um lado, ela minimizaria a utilização de termoelétricas, que contribuiriam para o aquecimento global, por outro, sua instalação poderia causar impactos ambientais na região, tais como, a não manutenção da biodiversidade local e a interferência na qualidade de vida dos índios e dos ribeirinhos do rio Xingu. A reportagem também levanta a viabilidade econômica da usina frente à necessidade de adaptações da obra à regulamentação ambiental. Para fundamentar sua argumentação, apresenta a opinião de alguns especialistas que consideram a energia gerada por Belo Monte limpa e barata, além de confiável, já que diminuiria a sujeição do País à interrupção do fornecimento de energia durante a estiagem.

Com esse breve recorte, procuramos evidenciar a atual preocupação, ao menos de alguns setores, com relação ao meio ambiente, à escassez de energia e suas relações. Também observamos a associação da energia nuclear com essas questões, ao serem ressaltados argumentos positivos à sua implementação, como ser considerada por diversos governos, como uma das soluções para o problema do fornecimento de energia limpa; e negativos, como a possibilidade de gerar problemas graves, como o ocorrido em Fukushima.

A seguir discutimos especificamente as relações entre o problema da escassez de energia e a produção nuclear.

ii. Física nuclear e o problema da escassez energética

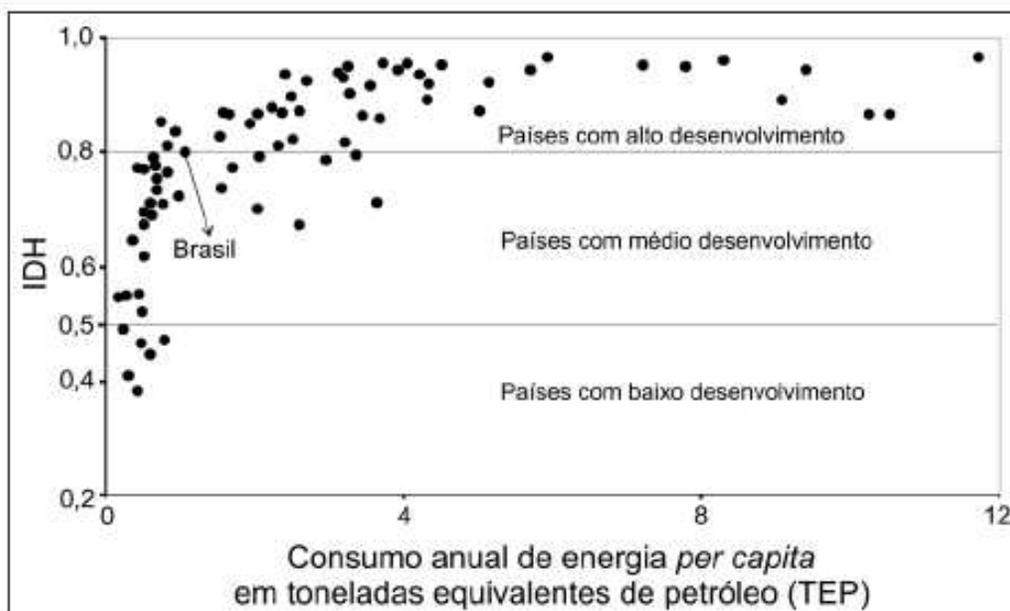
Os combustíveis fósseis constituem a base da produção energética mundial desde a Revolução Industrial, a qual ocasionou a exploração desenfreada dos combustíveis de tal forma que a humanidade vislumbra hoje a escassez desses recursos (BURATTINI, 2008).

O alto consumo de energia passou a ser considerado como uma necessidade para diversas populações mundiais. Em um milhão de anos, o consumo de energia humano passou de 2000 kcal/dia, advindas da alimentação, para 250.000 kcal/dia, - o consumo padrão de um habitante dos EUA na década de 1970-, o que significa um crescimento da ordem de 12.500% (GALETTI; LIMA, 2010).

A possibilidade de escassez dos recursos fósseis aumenta seus preços, gera tensões entre países e induz governos, empresários e industriais a buscarem novas formas de energia. Goldemberg e Lucon (2011) apontam que o recente aumento do preço do petróleo seria responsável pelo renascimento da energia nuclear. A Agência Internacional de Energia (AIE) e o Conselho de Energia Mundial afirmam que a energia nuclear teria um grande papel a desempenhar no cenário mundial atual (GUIMARÃES; MATTOS, 2011).

Quando observamos as discussões sobre a questão da energia, é possível notar associações realizadas entre desenvolvimento econômico de países, qualidade de vida e consumo energético. No gráfico da Figura 1, apresentado em uma questão do exame de conhecimentos gerais para ingresso na Universidade de São Paulo em 2009, (FUVEST, 2009), são relacionados o consumo de energia e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de diversos países.

Figura 1: gráfico da relação entre o IDH e o consumo de energia



Fontes: Agência Internacional de Energia - consumo de energia de 2003; Organização das Nações Unidas - IDH de 2005.

Notamos que não há relação linear entre o consumo de energia e o IDH, mas, em geral, países que consomem pouca energia concentram-se na região de baixo e médio desenvolvimento econômico. Há uma distribuição grande no consumo de energia dentre os países com alto desenvolvimento econômico.

É possível considerar que, da iniciativa de estabelecer um gráfico como esse, derive a consideração de que o desenvolvimento econômico (e possivelmente o social) está diretamente relacionado com o consumo de energia, como se fosse sua consequência, no entanto isso é questionável, já que há diversos outros fatores envolvidos, especialmente aspectos históricos, não abarcados por esse gráfico³.

Essa associação é ainda mais questionável se considerarmos o pensamento corrente em nossa sociedade de que mais ciência e tecnologia nos conduzem invariavelmente ao bem estar social. Esse tipo de concepção sustenta a ideia de que é necessário produzir mais energia para resolver o problema da desigualdade social entre países e entre indivíduos num mesmo país. Porém o próprio desenvolvimento científico e tecnológico pode contribuir com as desigualdades sociais, o que pode, inclusive, ser agravado, dependendo das escolhas em termos de energia, economia, tecnologia, etc. realizadas por governos com o consentimento de suas populações.⁴

Galetti e Lima (2010) argumentam, com base nas relações entre Produto Interno Bruto (PIB), IDH e consumo de energia, que os países economicamente subdesenvolvidos deveriam consumir tanta energia quanto os países desenvolvidos, para melhorar suas condições precárias. No entanto, os autores afirmam que o panorama energético atual,

³ Ver, por exemplo, o artigo de Andrade et al. (2002). Nele os autores argumentam que é possível que haja desenvolvimento sem aumento excessivo do consumo de recursos naturais. Eles também explicitam elementos sociais associados ao maior crescimento populacional em países com baixo IDH e conseqüente maior exploração de recursos naturais. Além disso, apontam que alguns países apresentam tendência à diminuição no consumo de energia mesmo com o aumento do IDH, por exemplo, o Canadá. Ver também GUERRA ; FANTINELLI (2001). Nesse artigo os autores argumentam que o monopólio tecnológico dos países desenvolvidos, por meio de barreiras econômicas protecionistas, afasta os países pobres da qualidade de vida e do progresso material. Os autores também consideram que a relação entre consumo energético e desenvolvimento comporta variações expressivas entre os países, de forma que devem ser reportadas à história das sociedades. Dentre esses elementos são apontados alguns, no caso da América Latina: passado colonial, dimensões geográficas e econômicas, estruturas produtivas e de comércio exterior, processos de urbanização, etc.

⁴ Ver por exemplo o caso da Nigéria, país rico em petróleo, é um dos maiores exportadores africanos desse combustível, no entanto, mais da metade de sua população vive abaixo da linha da pobreza. Ou, em outra perspectiva, ver Winner (1986). O autor considera que matrizes energéticas com plantas nucleares, por exemplo, implicam um controle energético centralizado, autoritário e militar.

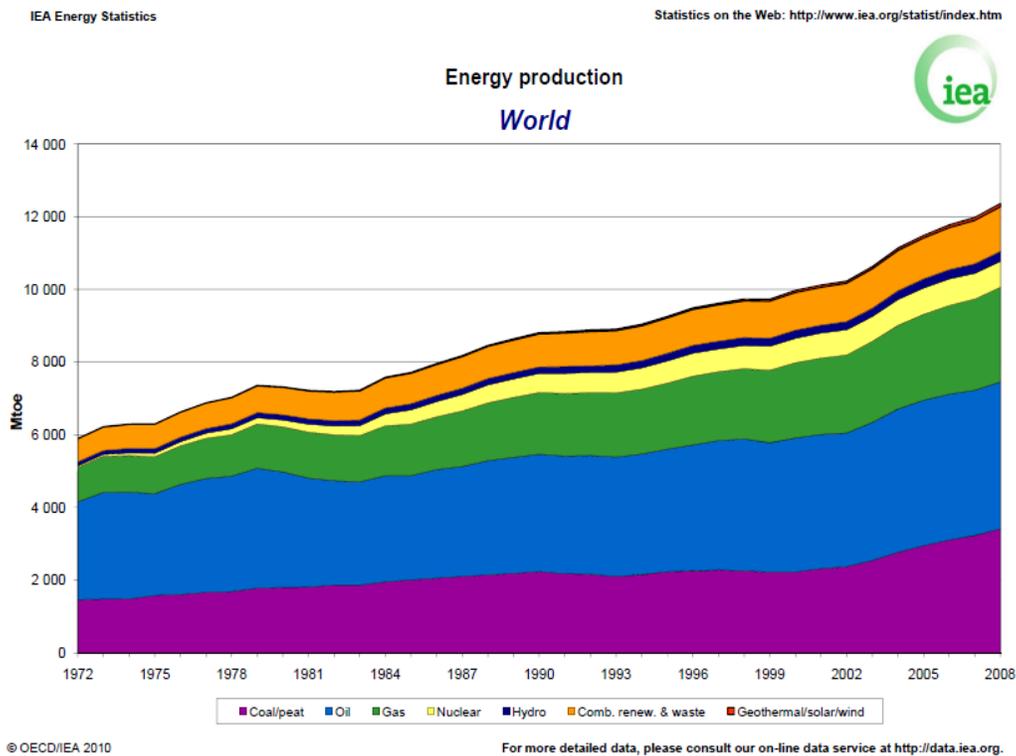
considerando fontes, recursos e estruturas, não seria suficiente para suprir as demandas futuras de um mundo globalmente desenvolvido. Guimarães e Mattos (2011, p.32) afirmam, com base nas relações entre o IDH e o consumo de energia, que o Brasil deveria aumentar seu potencial elétrico até o ano de 2060, se quisermos manter ou elevar nosso IDH, já que nesse momento a população do País estará sensivelmente aumentada.

As projeções de aumento da população mundial constituem-se como mais um parâmetro que aumenta o problema energético. Burattini (2008) afirma que a possibilidade futura de grande aumento populacional e a sofisticação de suas necessidades agravam o panorama atual, principalmente se considerado que a geração de eletricidade seria uma medida de desenvolvimento. O mesmo é apontado por Guimarães e Mattos (2011), ao afirmarem que o crescimento populacional, a taxa de 20 mil por dia nos países pobres e em desenvolvimento, sobrecarrega o consumo de bens e serviços. Os autores afirmam que, se os países desenvolvidos continuarem a consumir a mesma energia e os subdesenvolvidos consumirem a quantidade de energia “necessária” para seu desenvolvimento econômico, até 2050 os resultados seriam calamitosos, principalmente no que se refere ao clima, à emissão de gases e à poluição atmosférica.

Conflitos diversos sempre fizeram parte da história da humanidade, porém, de acordo com alguns especialistas, vivenciamos hoje um de nossos maiores problemas, originado pelas contradições entre a necessidade vital de manutenção da natureza e seus recursos e o atual padrão de vida dos seres humanos, essencialmente consumista. “Trata-se, no sentido mais verdadeiro da frase, de um conflito existencial – entre o padrão atual de comportamento da humanidade e todo o ambiente planetário que possibilitou o desenvolvimento da população” (GUIMARÃES ; MATTOS, 2011, p.34).

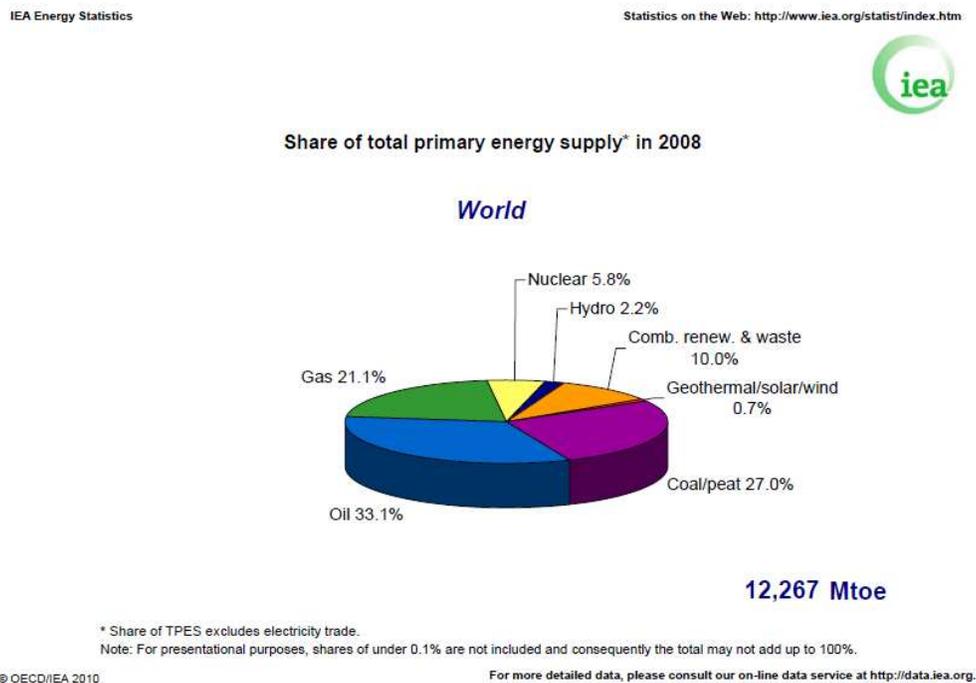
No gráfico da Figura 2, vemos alguns dados da AIE sobre a evolução da participação das fontes de energia no mundo até o ano de 2008. Já no gráfico da Figura 3, é apresentada a participação dessas fontes apenas no ano de 2008.

Figura 2: evolução da participação de fontes na produção mundial de energia até 2008



Fonte: Agência Internacional de Energia, 2010.

Figura 3: participação de fontes na produção de energia mundial em 2008



Fonte: Agência Internacional de Energia, 2010.

As fontes de energia mais utilizadas em 2008, em ordem decrescente de utilização são: petróleo e carvão; gás; reciclagem de resíduos; energia nuclear; hidrelétrica; e por fim geotérmica, solar e eólica.

A energia nuclear contribuía com apenas 5,8% da energia mundial no ano de 2008. Seria possível aumentar o fornecimento de energia nuclear para suprir as intensas necessidades energéticas da humanidade?

Estudos indicam que haveria urânio suficiente para suprir uma demanda de energia de aproximadamente 85 anos. Porém se as reservas de urânio de alto teor forem utilizadas à exaustão, a demanda mundial seria satisfeita por menos de uma década. As reservas de baixo teor, além de demandarem energia para enriquecimento, já estariam sendo reduzidas, apresentando reflexos em seus custos (GOLDEMBERG; LUCON, 2011).

No que tange especificamente às reservas brasileiras, Guimarães e Mattos (2011) afirmam que tanto o petróleo quanto o urânio brasileiro existem em abundância tal que o País teria potencial não apenas para se tornar autossuficiente, mas também para fornecer energia a outros países. Goldemberg e Lucon (2011) dizem que as reservas de urânio do Brasil estão entre as maiores reservas ocidentais, correspondendo ao equivalente a 2,7 usinas de Itaipu funcionando durante 40 anos.

Outro ponto a favor da energia nuclear é que sua produção, diferente de outras formas de energia, é intermitente, dependente apenas do controle das reações nucleares, não estando sujeita às variações climáticas. Faça sol ou faça chuva, a usina nuclear produz energia constantemente, o que não ocorre no caso da energia solar, eólica ou hídrica, por exemplo (VEIGA, 2011). Goldemberg e Lucon (2011, p.78) afirmam que um fator motivador para os investimentos em energia nuclear seria sua segurança energética:

[...] a energia nuclear não seria suscetível a interrupções do fornecimento, como é o caso das energias renováveis que são intermitentes e dependem de condições climáticas, estações do ano e insolação – ou ainda, em outros casos, de especificidades locais, como a geologia e o regime oceânico.

Igualmente favorece a energia nuclear o fato de que, para produzir quantidades equivalentes de energia, é necessária uma quantidade muito maior de combustíveis fósseis do que de combustível radioativo (GUIMARÃES e MATTOS, 2011).

A energia nuclear é “densa”, uma vez que utiliza relativamente poucos insumos. Há muita energia estocada em pequenas quantidades de combustível: em termos de energia por massa de combustível, em kWh/kg, urânio é 160 mil vezes mais ‘denso’ que o carvão. Além disso, requer pequenas extensões de terra, se comparada a outras opções (especialmente biomassa e hidroeletricidade). A energia nuclear produz, ainda, reduzidas quantidade de rejeitos (GOLDEMBERG ; LUCON, 2011, p.104, grifo do autor).

A diferença está na densidade de energia, pois

[...] ela é, essencialmente, a quantidade de energia acumulada dentro de um determinado combustível (não tem, necessariamente, de tratar-se de um combustível, mas, no caso da produção de energia, o combustível é o método de armazenamento de energia empregado). A densidade de energia de um combustível indica também a quantidade de resíduos produzidos por unidade de geração de energia. Na medida em que esses conceitos são complementares, torna-se útil comparar diversas fontes comuns de produção de energia com base na densidade de energia e volume de resíduos produzidos (GUIMARÃES; MATTOS, 2011, p.52-53).

Mas por que a densidade de energia é tão superior no caso do combustível nuclear?

iii. Densidade de energia nuclear

Para a produção de energia nuclear, o combustível usualmente empregado é o urânio. O óxido de urânio foi descoberto em 1789 por M. H. Klaproth que descreveu diversas de suas propriedades e produziu ligas que atraíam a atenção por ter luminosidade amarela, verde e laranja. Posteriormente, H. Becquerel realizou experiências com sais de urânio e verificou, em 1896, que eles emitiam um tipo de “raio” (GALETTI e LIMA, 2010). Até então não se “conhecia” um material que emitisse radiação, e sim, materiais que apresentavam o fenômeno de fluorescência (MARTINS, 1990). Os raios emitidos pelo urânio atravessavam folhas finas de metal e ionizavam gases. Mais tarde, na década de 1890, o casal Curie observou a ocorrência de propriedades semelhantes em outros materiais, além do urânio, e denominou tal fenômeno de radioatividade (IPS GROUP, 1975).

Após as evidências da novidade no campo de estudo da radioatividade, em 1900 aproximadamente, essa área tornou-se efervescente e várias propriedades das substâncias radioativas foram descobertas. Observou-se que elas eram fonte espontânea

de calor e, portanto de energia: 1 g de rádio poderia aquecer aproximadamente 1,3 g de água do ponto de congelamento ao ponto de ebulição em 1 h, o que era uma quantidade de calor muito maior do que aquele usualmente liberado por reações químicas conhecidas (GALETTI; LIMA, 2010).

De fato, um grama de rádio libera aproximadamente 80 calorias por hora enquanto um grama de carvão em pedra libera 7.000 calorias quando queima. A energia liberada por um grama de rádio ao longo de um ano, no entanto, dará mais ou menos o equivalente a 100 gramas de carvão, ou seja, 700.000 calorias. Mas o carvão se consome quando queima e o rádio continua emitindo energia por muito mais tempo (GALETTI; LIMA, 2010).

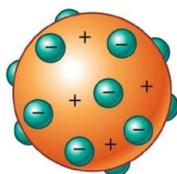
Outra propriedade particular da radioatividade é que nenhum processo químico ou físico influencia essa emissão de energia, sendo ela dependente apenas da quantidade de substância, ou seja, sua causa estaria associada com o interior do átomo (IPS GROUP, 1975).

Também contribuíram para a formalização da teoria da relatividade, quando Albert Einstein, em 1905, previu, a partir dos seus estudos, que todo corpo, pelo simples fato de ter massa, tem também energia.

Esse conteúdo de energia é dado pela equação $E = mc^2$. Onde m é a massa do corpo quando em repouso e c é a velocidade da luz. Lembre-se que se c já é muito grande, c^2 é ainda maior. Sabendo que a velocidade da luz é $c = 300.000.000$ m/s, um corpo com massa de 1 quilograma encerra uma quantidade de energia $E = mc^2 = 1 \text{ kg} \times (300.000.000)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 90.000.000.000.000.000$ joules. Isto é equivalente ao consumo anual de 1 milhão de pessoas. (GALETTI; LIMA, 2010)

No entanto, a possibilidade de geração de energia a partir do núcleo atômico só ocorreu após a mudança de visão vigente da Física sobre a estrutura do átomo. Em 1900, o modelo de átomo aceito pela comunidade científica era o “pudim de passas” de J. J. Thomson, conforme observamos na Figura 4: uma massa positiva homogênea do tamanho do átomo em cuja área estão distribuídos os elétrons negativamente carregados.

Figura 4: representação do modelo de Thomson para o átomo (pudim de passas).

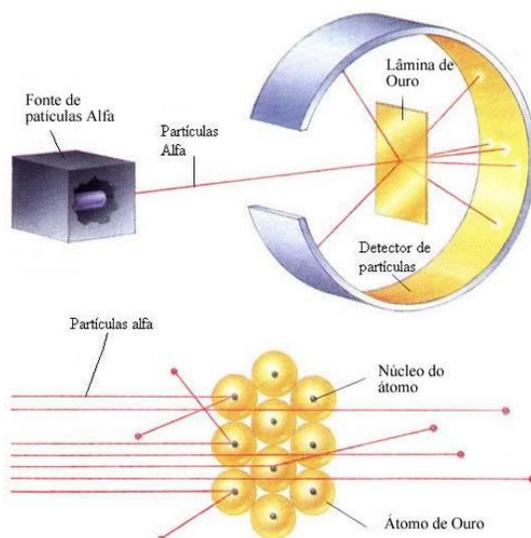


Fonte: www.brasilecola.com.

Em 1911, os cientistas E. Rutherford, H. Geiger e E. Marsden realizaram experimentos de bombardeamento de feixes de partículas positivas sobre folhas finas de ouro. Eles observaram que algumas dessas partículas atravessavam a folha, outras eram desviadas e algumas voltavam na direção do feixe. Os cientistas se surpreenderam, pois era como se eles atirassem uma bala de revólver em uma folha de papel e o projétil voltasse na direção do atirador. A única explicação para esse fenômeno era que uma grande quantidade de cargas positivas deveria estar concentrada em uma região central do átomo (GALETTI; LIMA, 2010). A Figura 5 ilustra esse experimento.

Já se sabia que os átomos têm tamanho da ordem de décimo de bilionésimo de metro, 10^{-10} m, e Rutherford descobriu, com essas experiências que esse caroço de carga positiva, o núcleo do átomo, é cerca de 20.000 vezes menor, de onde se constata que o tamanho do núcleo é muito menor do que o do átomo. A mesma relação seria obtida se comparássemos a cabeça de um prego com o tamanho do campo do Maracanã (GALETTI e LIMA, 2010)

Figura 5: representação do experimento de Rutherford e dos desvios sofridos pelas partículas alfa incidentes.



Fonte: www.brasilecola.com.

A possibilidade de extração da imensa quantidade de energia encerrada no massivo núcleo atômico foi então vislumbrada a partir dos estudos sobre a radioatividade, o núcleo atômico e a equivalência entre massa e energia.

A nova hipótese nuclear só foi aceita após a formalização dos postulados de Bohr, desenvolvidos por esse cientista e que levavam em consideração a quantização da energia. Posteriormente, surge um modelo de núcleo constituído por cargas positivas, extremamente massivas se comparadas aos elétrons (denominadas prótons), e por cargas neutras (denominadas nêutrons) que estão associadas com a estabilidade do núcleo.

Galetti e Lima (2010) explicam que os átomos leves são estáveis, enquanto, os mais pesados não, eles emitem radiação e se transformam em elementos mais estáveis. No caso do átomo leve, em geral, seu núcleo é constituído pelo mesmo número de prótons e nêutrons, mas, à medida que o número de prótons cresce, para contrabalançar a repulsão das cargas positivas devemos ter mais nêutrons do que prótons. Já para núcleos com mais do que 83 prótons não há estabilidade. Esse é o caso do urânio.

Os núcleos mais pesados têm mais nêutrons que prótons. Por exemplo, no urânio 92, teremos 92 prótons e os nêutrons completam o número de massa do urânio. De quantos nêutrons o núcleo de urânio é constituído? As forças que agem no núcleo levam à situação em que a resposta não é única. Se, por um lado, as propriedades químicas de um elemento são determinadas pelo número de seus elétrons, que é igual ao número de prótons, já o número de nêutrons não é fixado por elas. Assim, os núcleos podem ter um número variável de nêutrons, mas não arbitrário, já que esse número não pode exceder em demasia o número de prótons para que ocorra a estabilidade energética do núcleo. Por causa disso, há núcleos diferentes entre si que têm o mesmo número de prótons, mas têm números diferentes de nêutrons, tendo, portanto, diferentes números totais de núcleons. Esses núcleos são denominados isótopos do elemento químico. Como são caracterizados pelo mesmo número de prótons, eles não podem ser separados por processos químicos. Por exemplo, todos os isótopos do urânio têm 92 prótons, mas seus isótopos mais abundantes têm 143 e 146 nêutrons e só podem ser separados por processos físicos que diferenciem sua massa (GALETTI; LIMA, 2010, p26)

Os estudos do núcleo atômico eram realizados por meio do bombardeamento de nêutrons, já que eles não tinham carga e não estavam submetidos à força eletromagnética da nuvem eletrônica ao redor do núcleo. “Por causa disso, os cientistas bombardeavam os núcleos dos elementos químicos usando nêutrons e tentavam produzir outros elementos

mais pesados” (GALETTI; LIMA, 2010, p.48). Para isso se aceleravam partículas carregadas fazendo-as colidir com um alvo. Essa colisão produzia nêutrons de alta energia. No entanto, como resultado desses experimentos, não eram observados núcleos mais pesados, e sim, núcleos mais leves.

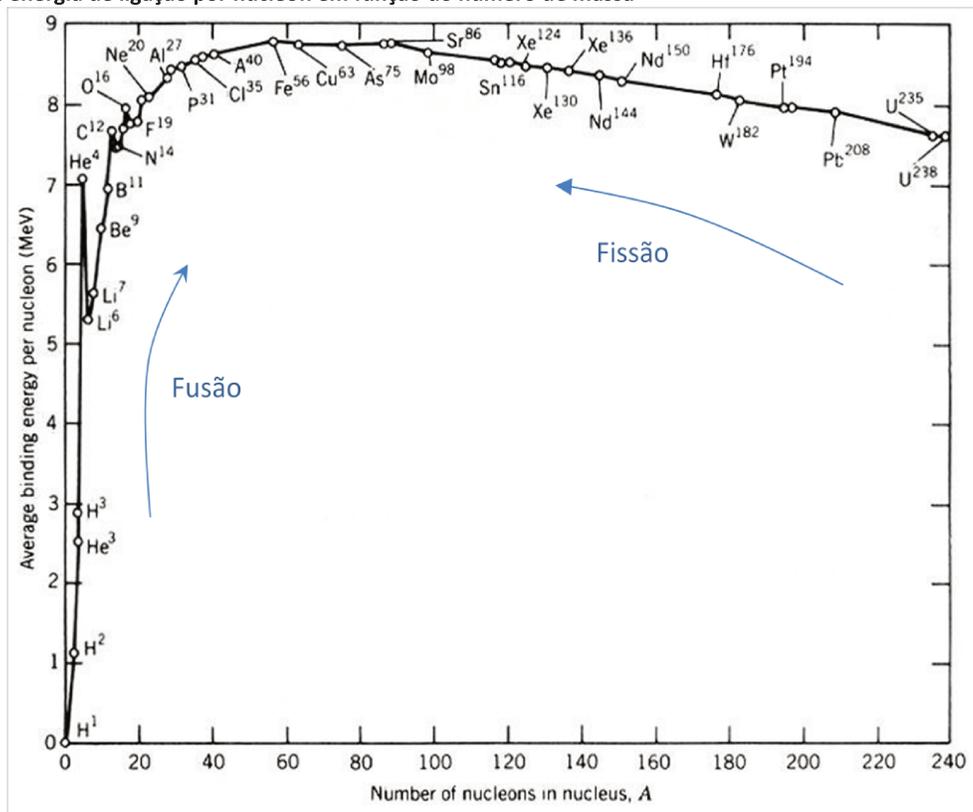
Ao invés da obtenção de um núcleo mais pesado, ocorria a fissão nuclear, o núcleo bombardeado dividia-se em dois. No caso do bombardeamento do urânio, observou-se que, em uma amostra desse elemento contendo urânio 238 e urânio 235, o primeiro se quebrava e surgia o núcleo de césio que emitia radiação e se transformava em outro elemento.

A diferença de energia de ligação entre urânio e césio é de aproximadamente 1 MeV, como o urânio tem 235 núcleons, a energia liberada é aproximadamente 200 MeV, que é maior do que a emissão radioativa ou a energia liberada em ligações químicas. O que está envolvido nessa liberação de energia é que a massa de um núcleo é menor do que a soma das massas das partículas que o formam.

Assim, a energia de ligação de um núcleo é definida como a diferença entre a soma das massas (isto é, energias) dos Z prótons e dos N nêutrons que o constituem e a massa (isto é, energia) do núcleo [...] Na verdade, em lugar da energia de ligação, B , a grandeza mais conveniente para verificar a maior ou menor estabilidade de um núcleo em relação aos demais é a energia de ligação por constituinte, B/A . Não é difícil interpretar essa quantidade: quanto maior ela for, mais ligados estarão em média os constituintes do núcleo e, portanto, mais energia terá que ser gasta para separá-los em seus componentes. (GALETTI; LIMA, 2010, p.44-45)

A energia de ligação por núcleon pode ser observada no gráfico da Figura 6:

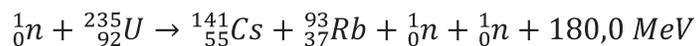
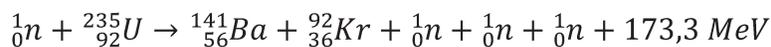
Figura 6: energia de ligação por núcleon em função do número de massa



Fonte: WILLIAMS, 1991, p. 55.

Por meio do gráfico, notamos que a maior energia de ligação por constituinte corresponde ao ferro, o elemento mais estável da natureza. Outra característica importante é que, se os núcleos que se encontram à direita do ferro no gráfico, forem divididos, a soma da energia de ligação dos núcleos filhos será maior do que a do núcleo original e assim serão mais estáveis (fissão nuclear). Por outro lado, os núcleos à esquerda do ferro, ao se juntarem, terão uma energia de ligação maior do que os núcleos originários (fusão nuclear). Nos dois casos, a diferença de energia é liberada, como no caso citado anteriormente no qual o bombardeamento do urânio gerou o célio. (GALETTI; LIMA, 2010)

As duas equações mostram os produtos resultantes da reação entre o urânio 235 e um nêutron:



Essa reação pode resultar em produtos diferentes, mas, em média, cada fissão de urânio 235 resulta em aproximadamente 2,5 nêutrons.

Os nêutrons produzidos numa fissão, por sua vez, podem causar novas fissões se colidirem com outros núcleos de urânio na vizinhança. Essas fissões poderiam ir se sucedendo, produzindo uma reação em cadeia que, se mantida e controlada, libera enorme quantidade de energia no processo. Este é o princípio da reação em cadeia de núcleos físséis. O problema central do uso da fissão nuclear como fonte de energia consiste em entender como começar a sequência de fissões e como mantê-la de forma controlada” (GALETTI; LIMA, 2010, p.50)

Esse problema foi resolvido em 1942, quando Enrico Fermi fez funcionar o primeiro reator nuclear. Esse acontecimento histórico se deu no contexto da Segunda Guerra Mundial.

O livro *Albert Einstein e seu Universo Inflável* (GOLDSMITH, 2003) e o filme *O Início do Fim* (JOFÉ, 1989), mesmo tratando de divulgação científica e de ficção, respectivamente, permitem-nos notar a profunda relação entre esses desenvolvimentos iniciais da Física Nuclear e suas relações com os empreendimentos militares durante a Segunda Guerra Mundial.

Galetti e Lima (2010) nos recordam que uma das quebras de paradigma ocorridas no século XX se refere à visão do papel da ciência, já que o desenvolvimento e o uso da energia nuclear estiveram associados, naquele século, com as construções das bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki.

A participação ativa da comunidade de cientistas, tanto alemã como aliada, na construção de bombas do período da guerra levou à perspectiva de que projetos posteriores envolvendo a energia nuclear estariam sempre ligados à construção de artefatos de destruição. Gerou o temor e a crença de que a radioatividade e a fissão são intrinsecamente indesejáveis. Desde então, o desenvolvimento de aparatos bélicos, cada vez mais destruidores, parece ter reforçado esse ponto de vista. (GALETTI; LIMA, 2010, p.110)

Guimarães e Mattos (2011) também defendem a produção de energia nuclear e consideram que uma das preocupações públicas associadas a essa fonte seria o perigo das armas. No entanto, eles consideram que o problema se resumiria à existência de países “mal intencionados”, afirmando que “o perigo da proliferação é inerente ao conhecimento nuclear e à vontade política dos governos” (GUIMARÃES ; MATTOS, 2011,

p. 57) e que atualmente haveria significativo controle internacional. No entanto, o desenvolvimento nuclear figura como uma das preocupantes disputas internacionais da atualidade entre países como Israel e Irã, envolvendo diversos outros protagonistas como EUA, Rússia, China, países da Europa e até mesmo o Brasil.

Dessa forma, observamos que o desenvolvimento da Física Nuclear, que proporcionou a possibilidade de geração de energia a partir da quebra do núcleo atômico, implicou um grande empreendimento, não restrito à ciência, incluindo o envolvimento de diversos cientistas no descobrimento da radioatividade, na descoberta da concentração da massa do átomo encerrada em seu núcleo, na equivalência entre massa e energia. Essas são peças de um quebra-cabeça que possibilitaram tanto a construção de usinas nucleares quanto de bombas atômicas.

A partir do exposto, compreendemos que a produção de energia a partir de combustíveis fósseis, implica quebras e rearranjos nas ligações eletrônicas, resultando em uma pequena liberação de energia se comparada às quebras nucleares. Já essas últimas implicam o envolvimento de pequena parte da massa do núcleo resultando em grande liberação de energia. Isso explica as diferenças nas densidades de energia (tabela 1)

Tabela 1: densidade energética de algumas fontes

Tipo de Combustível	Densidade Energética (kWh/kg)	Nº de vezes mais denso que petróleo
Fissão Nuclear (100% ²³⁵ U)	24.513.889	2.715.385
Urânio Enriquecido (3,5% ²³⁵ U)	960.000	106.338
Urânio Natural (99,3% ²³⁸ U; 0,7% ²³⁵ U)	123.056	13.631
Propano LPG	13,8	1,5
Butano LPG	13,6	1,5
Gasolina	13,0	1,4
Diesel	12,7	1,4
Biodiesel	11,7	1,3
Carvão	9,0	1,0
Água a uma altura de 100m	0,0003	-

Fonte: Guimarães; Mattos, 2010.

iv. Outras considerações

Apesar da vantagem da densidade nuclear, se comparada com outras fontes de energia, há outros elementos que devem ser considerados quando se cogita gerar e utilizar a energia nuclear para suprir necessidades energéticas.

Galetti e Lima (2010) afirmam que o enriquecimento de urânio, necessário para aumentar a porcentagem de urânio 235 em comparação com a quantidade de urânio 238 no combustível utilizado e manter o processo de reação em cadeia, também utilizaria grandes quantidades de energia, tornando o processo total não tão superior em termos de geração de energia se comparado com outras fontes.

No que se refere ao mercado energético, os custos são sempre uma variável-chave. Há quem afirme que a indústria nuclear é lucrativa e que seria ainda mais se países e empresas passassem a ser multados por suas emissões de carbono (GUIMARÃES; MATTOS, 2011). Por outro lado, alguns especialistas consideram que os custos de instalação e de manutenção de usinas nucleares não seriam tão rentáveis se comparados a outras plantas energéticas, principalmente se considerarmos que esse investimento é realizado graças a subsídios dos governos utilizando dinheiro público (VEIGA, 2011). Goldemberg e Lucon (2011) afirmam que, atualmente, a energia nuclear não seria economicamente competitiva e por isso estaria sendo “temporariamente” subsidiada por governos:

Isso tem durado mais de 50 anos (um anúncio de 1954, da General Electric, para um programa de reatores civis dizia que ‘certamente em 10 anos plantas nucleares operariam ao mesmo custo que plantas a carvão, sem subsídios’). Outros problemas intrínsecos da energia nuclear incluem altos custos de capital, longos períodos de construção, inabilidade de acompanhar padrões de carga e uma grande quantidade de desafios no que tange à segurança (GOLDEMBERG e LUCON, 2011, p85).

Outro elemento que deve ser levado em consideração é que a energia nuclear precisa de muito tempo para ser operacionalizada em larga escala enquanto as energias renováveis podem ser eficientes com prazos e custos menores. Uma nova planta de energia nuclear leva de 7 a 15 anos para entrar em operação. Além disso, os atrasos por

questões ambientais aumentam dramaticamente a necessidade de investimentos (GOLDEMBERG; LUCON, 2011).

Para Goldemberg e Lucon (2011), a indústria nuclear teria sérios problemas de competitividade e precisaria de financiamentos governamentais, subvenções e licenciamentos agilizados. O investimento dependeria ainda das condições de monopólio da eletricidade e da tolerância à manutenção de altas tarifas aos consumidores.

Um estudo realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) aponta que os custos para a produção de energia nuclear tornam essa alternativa praticamente inviável, mesmo que fossem cobradas taxas pela emissão de carbono da concorrência (GOLDEMBERG; LUCON, 2011).

Uma das alternativas encontradas pelo governo dos EUA para esses problemas foi estender as licenças de funcionamento das usinas, diminuindo assim os altos custos para desativação e para construção das novas usinas, principalmente porque elas estão atreladas a rígidas e caras normas de segurança. Mas nesse caso há dúvidas de que o desempenho das velhas usinas seja satisfatório, seguro e economicamente viável (GOLDEMBERG; LUCON, 2011).

Quanto a futuras demandas de usinas, algumas questões não respondidas são: como os custos podem ser minimizados e controlados; e como os novos reatores poderão proteger seus mercados, caso os custos comecem a subir? Algumas esperanças residem fora do mercado, em subsídios e na taxação do carbono emitido por concorrentes (GOLDEMBERG; LUCON, 2011, p.97).

Um agravante dramático aos custos das usinas se deve à responsabilidade por acidentes:

A securitização da energia nuclear esbarra em pontos como: insuficiente capacidade do mercado de seguros; falta de extensão para períodos em que o operador não seria mais responsável; e abrangência da cobertura (por exemplo, contra atos terroristas). Como a falta de vontade de cobrir custos não significa que os riscos não existam, o ônus recai sobre governos e sobre a sociedade (GOLDEMBERG e LUCON, 2011, p97).

A questão da segurança nos remete a dois outros elementos já citados. Um deles é a contaminação ambiental, já que, embora a quantidade de resíduos produzidos em usinas nucleares seja menor se comparada à de outros combustíveis, os resíduos

nucleares são provavelmente os mais nocivos. O outro é a possibilidade de produção de armas, mesmo a partir de um programa nuclear civil (ROZENKRANZ, 2005).

No que se refere ao problema ambiental, a indústria nuclear deveria crescer 20 vezes o que ela é hoje para suprir as futuras necessidades deste século, atingindo, no século XXI, a produção de 8 mil a 10 mil gigawatts de energia.

Abrangendo muito países, unidos por uma dedicação comum aos mais elevados padrões profissionais, a indústria nuclear mundial tem hoje uma responsabilidade monumental – fazer uma contribuição vital para a vitória em uma corrida decisiva que vai determinar a sustentabilidade do futuro da humanidade. Para os profissionais da área nuclear, a história conferiu tanto uma obrigação solene quanto uma oportunidade estimulante (GUIMARÃES; MATTOS, 2011, p74).

Porém, como já comentado, gerar os investimentos necessários para que a indústria nuclear cresça 20 vezes o que ela é hoje não é tarefa assim tão simples. Para Goldemberg e Lucon (2011), os custos da energia nuclear parecem só aumentar, contrariando outras tecnologias que, ao passar do tempo, têm seus custos reduzidos devido ao maior conhecimento e ao domínio que se desenvolve sobre elas.

É relevante considerarmos que o grande investimento na área nuclear retarda o desenvolvimento das energias renováveis, como se observa na Tabela 2:

Tabela 2: Gastos (milhões de dólares) com pesquisa e desenvolvimento

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Conservação de Energia	333	955	725	510	1240	1497	1075
Combustíveis Fósseis	587	2564	1510	1793	1050	612	1007
Renováveis	208	1914	843	563	809	773	1113
Fissão Nuclear	4808	6794	6575	4199	3616	3406	3168
Fusão Nuclear	597	1221	1470	1055	1120	893	715
Total P&D energia	7563	15034	12186	9394	9483	9070	9586

Fonte: Goldemberg; Lucon, 2011.

A fusão nuclear é apontada como perspectiva futura para a produção de energia, pois ela tem um, como um dos grandes pontos a favor, a fonte praticamente inesgotável de combustível: a água do mar (GALETTI; LIMA, 2010, p.105).

Finalizando este capítulo apontamos um elemento considerado por Galetti e Lima (2010, p.100), que raramente é levado em consideração, ao se discutirem os padrões atuais de consumo de energia: a sua redução. Eles afirmam que diversos setores sociais seriam responsáveis pelo mau uso da energia disponível. Como exemplo, afirmam que a energia gasta para a produção de refrigerantes, até eles chegarem ao consumidor, é maior do que a energia que o refrigerante fornece ao consumidor.

A redução no consumo talvez seja a alternativa mais necessária, entretanto, por implicar mudanças profundas em nossa organização social, essencialmente consumista, ela é a mais difícil de ser implantada. Precisaria, realmente, o ser humano de 250.000 kcal/dia para viver?

III. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

a. Análise de Discurso

O referencial teórico e metodológico utilizado nessa pesquisa é a Análise de Discurso (AD) tal como desenvolvida no Brasil por Eni Orlandi, a partir daquela originada na França por Michel Pêcheux.

Ao trabalharmos com a AD, temos como pressuposto que a relação homem-mundo é mediada pela linguagem, considerada como não transparente, o que implica a ausência de relação biunívoca entre objetos reais e signos. Assim a linguagem é a mediação ideológica de produção de sentidos em um processo de transformação do objeto real em objeto discursivo.

Por esse tipo de estudo se pode conhecer melhor aquilo que faz o homem um ser especial com sua capacidade de significar e significar-se. A Análise de Discurso concebe a linguagem como mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social. Essa mediação, que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive. O trabalho simbólico do discurso está na base da produção da existência humana (ORLANDI, 2005, p.15).

Nesse sentido, compreendemos aqui os processos de ensino, que ocorrem desde o planejamento até a realização de atividades em sala de aula, como processos discursivos, nos quais os objetos reais são transformados em objetos do discurso e os indivíduos reais, que participam desse processo, são transformados em sujeitos do discurso (locutores e interlocutores).

O mecanismo, que não só permite, mas mais do que isso, é constitutivo dessa mediação é o mecanismo ideológico. Para compreendermos seu funcionamento, é esclarecedor entendermos a noção de ideologia:

Do lado do processo de produção, a ideologia é, escreve Pêcheux, um processo graças ao qual conceitos técnicos operatórios, tendo sua função primitiva no processo de trabalho, são destacados de sua sequência operatória e recombinaados em um processo original (HENRY, 1997, p.23).

É importante notarmos que a ideologia é aqui concebida como processo. Ela opera separando o “instrumento” de sua função fundadora/original para ser utilizado em outro contexto, de outra forma. É então um processo que transforma. Mas essa

transformação/mediação, como afirma Eni Orlandi na citação anterior (ORLANDI, 2005, p. 15), torna possível tanto a permanência quanto o deslocamento. O mundo real não é retratado pela linguagem.

O processo ideológico na AD está associado ao inconsciente e funciona por meio dos esquecimentos. Ele é inconsciente no sentido de que o indivíduo “aprende” a constituir-se sujeito do discurso ao produzir sentidos para o objeto discursivo, mas não tem acesso ao processo de produção desses sentidos, nem de sua própria produção como sujeito do discurso. O sujeito é familiar com as causas que o determinam, mas não as “conhece”. Esse esquecimento do sujeito das causas que o determinam é o esquecimento número 1 da AD,

[...] também chamado de esquecimento ideológico: ele é da instância do inconsciente e resulta do modo como somos afetados pela ideologia. Por esse esquecimento temos a ilusão de ser a origem do que dizemos quando, na realidade retomamos sentidos pré-existentes. Esse esquecimento reflete o sonho adâmico: o de estar na inicial absoluta da linguagem, ser o primeiro homem, dizendo as primeiras palavras que significariam apenas e exatamente o que queremos. Na realidade, embora se realizem em nós, os sentidos apenas se representam como originando-se em nós: eles são determinados pela maneira como nos inscrevemos na língua e na história e é por isso que significam e não pela nossa vontade (ORLANDI, 2005, p35).

O processo ideológico nos permite compreender porque estudantes de licenciatura, ao ingressarem em um curso de formação inicial, mesmo não tendo recebido um aprendizado explícito sobre ser professor, atribuem sentidos ao ensino, posicionando-se como professores. Eles assumem tais posições, mas não têm acesso a esse processo de atribuição de sentidos. O futuro professor é “ensinado” a ser professor mesmo sem tomar consciência disso. Em outras palavras, eles são interpelados a ocupar a posição de professor.

A modalidade particular do funcionamento da instância ideológica quanto à reprodução das relações de produção consiste no que se convencionou chamar de interpelação, ou assujeitamento do sujeito como sujeito ideológico, de tal modo que cada um seja conduzido, sem se dar conta, e tendo a impressão de estar exercendo sua livre vontade, a ocupar o seu lugar [...] (PÊCHEUX; FUCHS, 1997, p.165-166).

O que precisa ser compreendido é como os agentes deste sistema reconhecem eles próprios seu lugar sem ter recebido formalmente uma ordem, ou mesmo sem “saber” que têm um lugar definido no sistema de produção [...] O processo pelo qual os agentes são colocados em seu lugar é apagado (HENRY, 1997, p.26, grifo do autor)

Por outro lado o próprio mecanismo ideológico é construído discursivamente durante a história do indivíduo. Nesse sentido, podemos afirmar que, no caso específico dos processos de ensino de Ciências, as teorias pedagógicas subjacentes a esses processos vivenciados pelos estudantes de licenciatura durante suas histórias como alunos, ou os diversos pontos de vista sobre a Ciência e seu papel social, vão interferir na constituição do mecanismo ideológico, dentre outros fatores.

Além disso, como o próprio mecanismo ideológico se constitui em processos discursivos, a formação de professores pode possibilitar não apenas a veiculação de informações e a produção de sentidos, mas também as interferências no funcionamento desse mecanismo. Esse é um elemento importante a ser ressaltado no que se refere aos processos de ensino, já que as ações de um professor são diferenciadas se ele considera que o seu aluno/interlocutor está entrando em contato com algo “novo” (perspectiva da transparência da linguagem) ou se seu aluno/interlocutor está resignificando algo que “já conhece” (perspectiva da não transparência da linguagem), chegando, quem sabe, a deslocar também seu próprio posicionamento como sujeito.

Professores também estão sujeitos ao processo ideológico, no entanto, podem ocupar uma posição, denominada na AD, como função autor:

Sendo a autoria a função mais afetada pelo contato com o social e com as coerções, ela está mais submetida às regras das instituições e nela são mais visíveis os procedimentos disciplinares. Se o sujeito é opaco e o discurso não é transparente, no entanto o texto deve ser coerente, não-contraditório e seu autor deve ser visível, colocando-se na origem do seu dizer. É do autor que se exige: coerência, respeito às normas estabelecidas, explicitação, clareza, conhecimento das regras textuais, originalidade, relevância e, entre outras coisas, unidade, não-contradição, progressão e duração de seu discurso, ou melhor de seu texto (ORLANDI, 2005, p.75-76)

Ao discutir a autoria, é importante sublinhar o que Orlandi (2005) afirma sobre as repetições empírica, formal e histórica. Na repetição empírica, o sujeito simplesmente

reproduz um discurso com o qual entrou em contato anteriormente. Na repetição formal, o sujeito muda a forma de enunciar o discurso, realizando apenas um exercício gramatical. Já a repetição histórica, é aquela na qual há interpretação, o sujeito formula e constrói seu próprio enunciado no interior das repetições, de forma que seu discurso constitui-se de outros discursos, mas também de sua própria história.

E ainda, ao discutir a relação entre autor e sujeito, Orlandi (2005, p. 74) considera que:

Trata-se de considerar a unidade (imaginária) na dispersão (real): de um lado, a dispersão dos textos e do sujeito; de outro, a unidade do discurso e a identidade do autor. Assim, mesmo se o próprio do discurso e do sujeito é sua incompletude, sua dispersão, e que um texto seja heterogêneo, pois pode ser afetado por distintas formações discursivas, diferentes posições de sujeitos, ele é regido pela força do imaginário da unidade, estabelecendo-se uma relação de dominância de uma formação discursiva com as outras, na sua constituição. Esse é mais um efeito discursivo regido pelo imaginário, o que lhe dá uma direção ideológica, uma ancoragem política.

A formação discursiva, por sua vez,

[...] ainda que polêmica, é básica na Análise de Discurso, pois permite compreender o processo de produção dos sentidos, a sua relação com a ideologia e também dá ao analista a possibilidade de estabelecer regularidades no funcionamento do discurso. A formação discursiva se define como aquilo que numa formação ideológica dada – ou seja, a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio-histórica dada – determina o que pode e deve ser dito (ORLANDI, 2005, p.43).

Assim, o professor, ao ocupar a função autor, não elimina a incompletude, a dispersão, mas submete-se mais às regras da instituição, à busca da unidade, de forma que não se apagam as diversas formações discursivas, mas estabeleça-se uma relação de dominância de uma formação discursiva, ou daquilo que pode e deve ser dito.

É ocupando a função-autor que nesse trabalho elaboramos uma unidade de ensino que busca a delimitação daquilo que pode e deve ser dito sobre o objeto do discurso. Há na produção dessa unidade uma intencionalidade de fazer prevalecer algumas formações discursivas, dentre várias possíveis.

Tendo o ensino de Ciências como objeto, por exemplo, procuramos fazer prevalecer, na construção da unidade de ensino, formações discursivas específicas das quais os sentidos são derivados. Conforme afirma Orlandi (2005, p.43):

O discurso se constitui em seus sentidos porque aquilo que o sujeito diz se inscreve em uma formação discursiva e não outra para ter um sentido e não outro. Por aí podemos perceber que as palavras não têm um sentido nelas mesmas, elas derivam seus sentidos das formações discursivas em que se inscrevem. As formações discursivas, por sua vez, representam no discurso as formações ideológicas.

Outra noção importante, da qual nos fazemos valer nesse trabalho, é a de condições de produção que

[...] compreendem fundamentalmente os sujeitos e a situação. Também a memória faz parte da produção do discurso. A maneira como a memória “aciona”, faz valer as condições de produção é fundamental, como veremos a seguir. Podemos considerar as condições de produção em sentido estrito e temos as circunstâncias de enunciação: é o contexto imediato. E se a considerarmos em sentido amplo, as condições de produção incluem o contexto sócio-histórico, ideológico (ORLANDI, 2005, p.30, grifo do autor).

As situações em que se produz o dizer são importantes, já que em outras condições as produções de sentidos também podem ser outras. Nesse sentido, a estruturação da unidade implica a busca de delimitação de situações que permitam produções específicas de sentido. Mas são também relevantes como elementos na análise do processo discursivo, pois a análise de seu funcionamento acarreta relacionar a linguagem com a sua exterioridade.

De acordo com Pêcheux (1997, p. 82), também as formações imaginárias fazem parte das condições de produção. Sobre essas formações ele afirma que

[...] o que funciona nos processos discursivos é uma série de formações imaginárias que designam o lugar que A e B se atribuem cada um a *si* e ao *outro*, a imagem que eles se fazem de seu próprio lugar e do lugar do outro.

Na citação anterior, A e B seriam os interlocutores envolvidos na produção de sentidos.

Sobre a noção de imaginário, Orlandi (2005, p. 40) afirma que

Esse mecanismo produz imagens dos sujeitos, assim como do objeto do discurso, dentro de uma conjuntura sócio-histórica. Temos assim a imagem da posição sujeito locutor (quem sou eu para lhe falar assim?), mas também da posição de sujeito interlocutor (quem é ele para me falar assim, ou para que eu lhe fale assim?), e também a do objeto do discurso (do que estou lhe falando, do que ele me fala?). É pois todo um jogo imaginário que preside a troca de palavras. E se fazemos intervir a antecipação, este jogo fica ainda mais complexo pois incluirá: a imagem que o locutor faz da imagem que seu interlocutor faz dele, a imagem que o interlocutor faz da imagem que ele faz do objeto do discurso

Já no que diz respeito ao mecanismo de antecipação:

[...] segundo o mecanismo da antecipação, todo sujeito tem a capacidade de experimentar, ou melhor, de colocar-se no lugar em que seu interlocutor 'ouve' suas palavras. Ele antecipa-se assim a seu interlocutor quanto ao sentido que suas palavras produzem. Esse mecanismo regula a argumentação, de tal forma que o sujeito dirá de um modo, ou de outro, segundo o efeito que pensa produzir em seu ouvinte. Este espectro varia amplamente desde a previsão de um interlocutor que é seu cúmplice até aquele que, no outro extremo, ele prevê como adversário absoluto. Dessa maneira, esse mecanismo dirige o processo de argumentação visando seus efeitos sobre o interlocutor (ORLANDI, 2005, p.39).

Levando as noções de imaginário e a antecipação em consideração, afirmamos que uma maior intencionalidade na construção da unidade, aqui desenvolvida, ocorreu por meio da busca de um maior conhecimento sobre o interlocutor, ou seja, procuramos antecipar a escuta do interlocutor graças ao estudo do imaginário de estudantes de licenciatura em Física em situações anteriores à da pesquisa aqui desenvolvida.

Além disso, sobre as condições de produção, Orlandi (2005, p. 39) afirma:

As condições de produção, que constituem os discursos, funcionam de acordo com certos fatores. Um deles é o que chamamos de relação de sentidos. Segundo essa noção, não há discurso que não se relacione com outros. Em outras palavras, os sentidos resultam de relações: um discurso aponta para outros que o sustentam, assim como para dizeres futuros. Todo discurso é visto como um estado de um processo discursivo mais amplo, contínuo. Não há, desse modo, começo absoluto nem ponto final para o discurso. Um discurso tem relação com outros dizeres realizados, imaginados ou possíveis

É preciso ressaltar que as condições de produção implicam os discursos passados que são abarcados pela noção de interdiscurso. Quanto ao interdiscurso, Orlandi (2005, p. 31) explica que:

A memória, por sua vez, tem suas características, quando pensada em relação ao discurso. E, nessa perspectiva, ela é tratada como interdiscurso. Este é definido como aquilo que fala antes, em outro lugar, independentemente. Ou seja, é o que chamamos de memória discursiva: o saber discursivo que torna possível todo o dizer e que retorna sob a forma do pré-construído, o já-dito que está na base do dizível, sustentando cada tomada da palavra. O interdiscurso disponibiliza dizeres que afetam o modo como o sujeito significa em uma situação discursiva dada.

Nesse sentido as situações discursivas imediatas necessitam também de elementos sócio-históricos para serem compreendidas.

Nesta pesquisa, as condições de produção imediatas compreendem o contexto real no qual se desenrolou a unidade de ensino construída. As atividades desenvolvidas na disciplina são relevantes tanto para a atribuição de sentidos pelos interlocutores participantes da produção discursiva, quanto para a análise e para a compreensão do funcionamento da produção dos discursos. Assim, durante a elaboração da unidade nos preocupamos com a necessária coerência entre forma e conteúdo. Para exemplificar, podemos considerar que um ensino de Física comprometido com a prática social implica conteúdos e ações que sejam conectados com a prática social.

Finalizamos afirmando que nosso objeto de trabalho é o discurso: palavra em movimento, prática de linguagem.

A utilização da Análise de Discurso, nesta pesquisa, exige que o fenômeno educacional e a ciência não sejam considerados apenas em uma perspectiva interna à sala de aula, mas sim em uma perspectiva sócio-histórica. No próximo item, abordaremos alguns elementos associados às relações entre escola e sociedade, e ciência e sociedade.

b. Ciência, Tecnologia e Sociedade, Escola e seu Ensino

Fourez considera que a visão de mundo hegemônica na Idade Média estaria ligada à existência em aldeias autônomas, onde nos objetos estariam implicadas suas relações com os sujeitos:

Um repolho ou um par de sapatos não eram, como em nossa sociedade moderna, mercadorias impessoais, mas o repolho produzido por fulano ou os sapatos fabricados por beltrano [...] Dessa perspectiva, era praticamente impossível falar de um objeto “puramente material”, uma vez que a Natureza e o mundo como um todo estavam humanizados. Em um mundo assim era praticamente impossível imaginar o olhar “frio” de um observador científico. Esse olhar supõe com efeito uma certa distância, como se houvesse de um lado o observador e de outro, a Natureza que se vê. (FOUREZ, 1995, p. 156, grifo do autor)

Observamos que nesse momento histórico era natural que, na apreensão e na representação dos objetos pelos sujeitos, estariam presentes as características do próprio sujeito. A representação do objeto seria particular e abarcaria a história específica que o sujeito teria com o objeto.

Fourez (1995) também observa que, naquele momento, não havia uma concepção de tempo linear e, conseqüentemente, não ocorria uma concepção de produção de conhecimento progressivo e acumulativo, mas cíclico.

Há, no universo da Idade Média, uma relação harmônica do homem com a natureza da qual ele faz parte. Não há uma visão de natureza como o outro a ser dominado.

Essa visão de mundo se modifica concomitantemente às modificações histórico-sociais, em particular com a ascensão da burguesia:

Para compreender a profunda transformação ocorrida em poucos séculos, pode ser útil considerar a imagem do burguês comerciante [...]. Esse comerciante é em primeiro lugar um ser sem raízes. Vive uma boa parte de sua existência fora do universo humano no qual nasceu. Vê

coisas estranhas, desconhecidas, coisas que, aliás, ele tentará contar quando retornar a sua casa. Mas, onde é a “sua casa”? O universo aparece a seus olhos como um lugar cada vez mais neutro e com uma estrutura cada vez mais humana. Não se centra mais em torno da aldeia natal, onde tudo é marcado por objetos familiares, mas trata-se de um universo onde se pode caminhar em direção ao norte, ao sul, ao leste ou ao oeste, ou seja, a direções definidas de uma maneira bastante abstrata. É um mundo em que todos os lugares se equivalem, um mundo de pura extensão, de onde vai poder nascer a representação de espaço físico que conhecemos (cf. o conceito de extensão de Descartes). (FOUREZ, 1995, p.158, grifo do autor)

Associada com a forma de produção da vida burguesa, essa nova maneira de representar o mundo trata-o como neutro, inanimado, externo e alheio ao ser humano. O mundo é neutro no sentido de que o objeto não tem calcadas nele características humanas, sociais ou históricas. É nesse contexto histórico que se pode falar do conceito de objetividade pura, a ideia de possibilidade de representação de objetos independente de seus observadores:

Enquanto nas aldeias tudo estava sempre ligado à vida das pessoas, a seus projetos, a sua vida afetiva e prática, o comerciante começa a falar de eventos sem história, e que não existem unicamente para eles, em um mundo “desencantado”. Nasce um conceito, o de objetividade “pura”, isto é, daquilo que resta quando se despojou o mundo de tudo o que constitui sua particularidade, de seu vínculo com este ou aquele indivíduo, este ou aquele grupo, esta ou aquela história. É desse modo que, do ponto de vista da história, da objetividade, longe de representar um olhar absoluto sobre o mundo, aparece como uma maneira particular de construí-lo. É a cultura dos comerciantes burgueses que institui a visão de mundo em um agregado de *objetos* independentes dos observadores (FOUREZ, 1995, p.159, grifos do autor)

É importante ressaltar que, de acordo com Fourez (1995), a objetividade é produzida, é uma construção de uma cultura específica, a cultura burguesa.

Com essa introdução, percebemos que a ascensão da burguesia, sua forma de produção da vida, associa-se também com as formas de relacionar-se com o mundo e representá-lo. Há nessa mudança social uma mudança na forma hegemônica de visão e de relação com o mundo. Nessa nova relação, ressaltamos que há uma hegemonia da visão que privilegia: a neutralidade do mundo (um mundo totalmente alheio a características humanas, sociais ou históricas), a objetividade pura (é possível captar o objeto tal como ele é, sem que a história do sujeito que o apreende interfira nesse processo de apreensão)

e o projeto de dominação do outro, ou da natureza (em contraposição a uma visão de harmonia com o entorno). Esses são elementos que marcam também a produção da Ciência moderna e a forma de conceber como é essa produção.

Grande parte da população tem uma visão de Ciência, como sendo um conhecimento neutro, objetivo, cujo projeto é a dominação da natureza. Além disso, por longo tempo, foram ideias hegemônicas também na visão de cientistas e de filósofos da Ciência e, em épocas atuais, não são visões modificadas pela Filosofia, mas que passam a ser objeto de disputa nessa área.

Chalmers (1993, p. 24-25) aponta algumas ideias de senso comum e amplamente aceitas na atualidade sobre a Ciência e expõe algumas de suas origens:

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar, etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente. [...] Sugiro que afirmações semelhantes às anteriores resumam o que nos tempos modernos é uma concepção popular de conhecimento científico. Essa primeira visão tornou-se popular durante e como consequência da Revolução Científica que ocorreu principalmente durante o século XVII, levada a cabo por grandes cientistas pioneiros como Galileu e Newton. O filósofo Francis Bacon e muitos de seus contemporâneos sintetizaram a atitude científica da época ao insistirem que, se quisermos compreender a natureza, devemos consultar a natureza e não os escritos de Aristóteles. As forças progressivas do século XVII chegaram a ver como um erro a preocupação dos filósofos naturais medievais com as obras dos antigos – especialmente de Aristóteles – e também com a Bíblia, como as fontes do conhecimento científico. Estimulados pelos sucessos dos “grandes experimentadores”, como Galileu, eles começaram cada vez mais a ver a experiência como fonte de conhecimento. Isso tem apenas se intensificado desde então pelas realizações espetaculares da ciência experimental.

Essa ideia de que a Ciência é produzida a partir de dados e observações experimentais está presente em uma das correntes filosóficas consideradas por Chalmers (1994, p.14) como dentre aquelas que adotam uma estratégia positivista, o indutivismo. As ideias de neutralidade e objetividade pura são abarcadas pela forma de compreender o desenvolvimento e a produção do conhecimento científico do indutivismo.

Chalmers (1993, p. 23) aponta algumas características de um indutivismo extremado, que reproduzimos com o intuito de explorar algumas de suas particularidades associadas à ideia social que se tem da Ciência:

De acordo com o indutivista ingênuo, a ciência começa com a observação. O observador científico deve ter órgãos sensitivos normais e inalterados e deve registrar fielmente o que puder ver, ouvir etc. em relação ao que está observando, e deve fazê-lo sem preconceitos. Afirmar a respeito do estado do mundo, ou de alguma parte dele, podem ser justificadas ou estabelecidas como verdadeiras de maneira direta pelo uso dos sentidos do observador não-preconceituoso. As afirmações a que se chega (vou chamá-las de proposições de observação) formam então a base a partir da qual as leis e teorias que constituem o conhecimento científico devem ser derivadas.

Essas afirmações (proposições de observação), generalizadas a partir de um número finito e “grande” de observações e experimentos, têm na perspectiva indutivista um caráter universal, ou seja, são válidas em todos os lugares e em todos os tempos. De acordo com a visão indutivista, há um processo de raciocínio indutivo que permitiria a passagem do singular (observações) ao todo (afirmações universais). A Ciência assim produzida é uma ciência sem história, já que suas afirmações universais referir-se-iam à realidade tal como ela é e valeriam por toda a eternidade.

Quanto à forma de conceber o desenvolvimento da ciência na perspectiva indutivista, Chalmers (1993, p. 28) afirma que progressivamente o ser humano conheceria a realidade cada vez mais e melhor:

De acordo com o indutivista ingênuo, o corpo do conhecimento científico é construído pela indução a partir da base segura fornecida pela observação. Conforme cresce o número de dados estabelecidos pela observação e pelo experimento, e conforme os fatos se tornam mais refinados e esotéricos devido a aperfeiçoamentos em nossas capacidades de observação e experimentação, cada vez mais leis e teorias de maior generalidade e escopo são construídas por raciocínio indutivo cuidadoso. O crescimento da ciência é contínuo, para frente e para o alto, conforme o fundo de dados de observação aumenta.

A produção da ciência, na perspectiva indutiva, garante um poderoso status a ela, principalmente associada à ideia de objetividade pura que não só a constitui, mas é uma de suas noções principais:

A objetividade da ciência indutivista deriva do fato de que tanto a observação como o raciocínio indutivo são eles mesmos objetivos. Proposições de observação podem ser averiguadas por qualquer observador pelo uso normal dos sentidos. Não é permitida a intrusão de nenhum elemento pessoal, subjetivo. A validade das proposições de observação, quando corretamente alcançada, não vai depender do gosto, da opinião, das esperanças ou expectativas do observador. O mesmo vale para o raciocínio indutivo por meio do qual o conhecimento científico é derivado a partir das proposições de observação. As induções satisfazem ou não as condições prescritas. Não é uma questão subjetiva de opinião. [...] A confiabilidade da ciência acompanha as afirmações do indutivista sobre a observação e a indução. As proposições de observação que formam a base da ciência são seguras e confiáveis porque sua verdade pode ser averiguada pelo uso direto dos sentidos. Além disso, a confiabilidade das proposições de observação será transmitida às leis e teorias delas derivadas, desde que as condições para as induções legítimas estejam satisfeitas. Isso é garantido pelo princípio de indução que forma a base da ciência de acordo com o indutivista ingênuo. (CHALMERS, 1993, p.35)

Dentre as críticas a esse tipo de concepção sobre o desenvolvimento da Ciência, apontamos a dificuldade levantada por Chalmers (1993) de se determinar o número ideal de observações necessárias em situações “significativas” para que uma proposição observacional possa ser considerada universal, ou seja, válida em qualquer momento e lugar. Um exemplo interessante dessa dificuldade é apontado pelo autor e transcrito a seguir:

Para ilustrar, refiro-me à vigorosa reação pública contra as armas nucleares que se seguiu ao lançamento da primeira bomba atômica sobre Hiroshima perto do fim da II Guerra Mundial. Essa reação baseava-se na compreensão de que as bombas atômicas causavam morte e destruição em larga escala e extremo sofrimento humano. E, no entanto, esta crença generalizada baseava-se em apenas uma dramática observação. (CHALMERS, 1993, p.40)

Outra crítica ao indutivismo seria que as observações e as experimentações já implicam previamente a existência de uma teoria. Por exemplo, é necessário decidir quais situações experimentais dentre as muitas variações possíveis são significativas, ou ainda, dois observadores nem sempre enxergam a mesma coisa, mesmo se tratando da observação de um mesmo fenômeno. Assim observações e experimentações não são puramente objetivas no sentido de que envolvem a interpretação de um observador que ocorre mediante suas experiências, suas expectativas, seus conhecimentos.

Outro elemento que depõe contra as ideias indutivistas de desenvolvimento científico é que elas são reprovadas de acordo com o ponto de vista da História da Ciência.

Da visão indutivista deriva a consideração de que o conhecimento produzido pela Física possibilitar-nos-ia retratar a realidade e não apenas criar formas de compreender a realidade e de operar com ela. Ou seja, na visão indutivista, os conceitos nasceriam da observação, seriam a reprodução teórica de elementos existentes na realidade. Chalmers (1993) considera, no entanto, que as afirmações e os conceitos não correspondem a reproduções da realidade, mas a construções teóricas que são bem definidas, mais precisas, mais informativas, quanto mais bem estruturada estiver a teoria. O surgimento de novas teorias implica a criação de conceitos. De acordo com o autor, não é possível estabelecer um conceito a partir da observação:

Sugiro que a história típica de um conceito, seja ele “elemento químico”, “átomo”, “o inconsciente” ou qualquer outro, envolve uma aparição inicial do conceito como uma ideia vaga, seguido por seu esclarecimento gradual quando a teoria na qual ele desempenha um papel assume uma forma mais precisa e coerente. (CHALMERS, 1993, p.112, grifo do autor)

Essa ideia da construção do conceito, e também do próprio objeto da Ciência, associada à construção das teorias estão presentes na visão de ciência como estrutura complexa e organizada, como, por exemplo, na representação da produção científica tal como desenvolvida por Thomas Khun, a qual discutiremos adiante.

Além das inconsistências da visão indutivista sobre o desenvolvimento da Ciência já apresentadas, é importante ressaltarmos as suas implicações sociais. É necessário compreendermos de que forma uma ciência assim considerada relaciona-se com seu entorno social.

Algumas dessas implicações são descritas por Chalmers (1993, p. 18), na introdução do livro *O que é a Ciência afinal?*

Nos tempos modernos, a ciência é altamente considerada. Aparentemente há uma crença amplamente aceita de que há algo de especial a respeito da ciência e de seus métodos. A atribuição do termo “científico” a alguma afirmação, linha de raciocínio ou peça de pesquisa é feita de um modo que pretende implicar algum tipo de mérito ou um tipo especial de confiabilidade [...]. Há abundância de provas na vida cotidiana de que a ciência é tida em alta conta, a despeito de um certo

desencanto com ela, devido a consequências pelas quais alguns a consideram responsável, tais como bombas de hidrogênio e poluição. Anúncios frequentemente asseguram que um produto específico foi cientificamente comprovado como sendo mais branqueador, mais potente, mais sexualmente atraente ou de alguma maneira preferível aos produtos concorrentes. Assim fazendo, eles esperam insinuar que sua afirmação é particularmente bem fundamentada e talvez esteja além de contestação. Numa veia similar, um recente anúncio de jornal recomendando a Christian Science era intitulado: “A ciência fala e diz que a Bíblia Cristã é comprovadamente verdadeira”, e prosseguia nos dizendo que “até os próprios cientistas acreditam nisso atualmente”. Aqui temos um apelo direto à autoridade da ciência e dos cientistas. Poderíamos muito bem perguntar. “Qual é a base para tal autoridade?”. A alta estima pela ciência não está restrita à vida cotidiana e à mídia popular. É evidente no mundo escolar e acadêmico e em todas as partes da indústria do conhecimento. Muitas áreas de estudo são descritas como ciências por seus defensores, presumivelmente num esforço para demonstrar que os métodos usados são tão firmemente embasados e tão potencialmente frutíferos quanto os de uma ciência tradicional como a Física.

Assim podemos ampliar nossa consideração anterior de que a Ciência moderna associa-se a um projeto de dominação do mundo natural, englobando nesse projeto também a dominação do mundo social. A ideia generalizada de Ciência como neutra, puramente objetiva, universal, a-histórica é conveniente para um projeto de dominação do mundo, natural e social.

Chalmers (1994, p. 11)) retoma a citação anterior alguns anos depois de tê-la escrito pela primeira vez e afirma:

“Nos tempos modernos a ciência é muito respeitada”. Esta é a sentença que abre o livro do qual este é uma sequência [...]. Quinze anos dando aulas numa faculdade de artes, bem como a inclinação para algumas formas da Filosofia e da Sociologia contemporânea, me proporcionaram uma ideia da quantidade de ressalvas que essa afirmativa necessita. A ciência geralmente é considerada desumanizadora, dando um tratamento insatisfatório a povos, sociedades e a natureza, nela considerados objetos. A alegada neutralidade e isenção de valores da ciência é percebida por muita gente como não-autêntica, ideia estimulada pelo fenômeno, cada vez mais comum, do desacordo entre especialistas, em lados opostos de uma discussão politicamente suscetível acerca da substância do fato científico. A destruição e a ameaça de eliminação de nosso meio ambiente resultantes de avanços tecnológicos são em geral consideradas como algo que compromete a ciência.

Essa mudança de ênfases nos trechos de Chalmers nos remete às próprias condições históricas, associadas às relações entre ciência e sociedade, que nos permitem falar do surgimento, ou maior desenvolvimento, de uma forma crítica de compreensão da Ciência. No entanto, não somos tão otimistas quanto o autor ao considerar que a crítica à Ciência tornou-se socialmente generalizada. É fato que a visão indutivista associa-se com uma forma não crítica da relação entre ciência e sociedade e que, conforme discutiremos a seguir, surgem formas mais críticas de observar essa relação. Consideramos, no entanto, que a existência dessa crítica ainda não suplantou a visão hegemônica não crítica da Ciência.

Com relação ao surgimento da crítica à Ciência, Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001, p. 176) ressaltam a influência dos movimentos sociais da década de 1960, em especial nos EUA e na Europa. No caso norte-americano, os autores observam:

Os movimentos contraculturais a favor da tecnologia alternativa e diversas correntes ecologistas e pacifistas são apontadas [...], como alguns dos antecedentes do interesse, no cenário americano, por estudos das consequências sociais da inovação tecnológica e da defesa de maior controle social sobre a mesma.

Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001, p. 176) apontam as preocupações dos norte-americanos com: “[...] a tecnologia a serviço da indústria armamentista (inquietação derivada da impopularidade da bomba atômica e da guerra do Vietnã), a proliferação da energia nuclear, o risco de pesticidas químicos como o DDT”. Já no que diz respeito à Inglaterra

[...] o desenvolvimento do enfoque CTS na Inglaterra está vinculado aos movimentos sociais de reflexão sobre as consequências negativas do uso da ciência e tecnologia, que vão desde a poluição do meio ambiente às técnicas monstruosas de guerra e ao debate educacional [...]. A partir do final da década de 1960, notamos um crescente aumento dos movimentos sociais organizados na Inglaterra – como, por exemplo, a Associação Internacional contra Experiências Dolorosas em Animais (fundada em 1969) e a FRAME – Fundo para a Substituição de Animais em Experiências Médicas (surgida na Inglaterra em 1970) – que vão exercer forte pressão contra determinadas formas de aplicação da ciência. Com isso, resultados positivos vão aparecer, principalmente em relação à ecologia (poluição e meio ambiente). Um resultado positivo [...] foi alcançado pela *Britain’s Soil Association* que incansavelmente fazia advertência de que os modernos métodos agrícolas (uso intensivo de

fertilizantes inorgânicos e de maquinaria pesada) estavam destruindo a estrutura do solo. (SOUZA-CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2001, p.183)

Dessa forma, os próprios rumos tomados pelo desenvolvimento científico e suas implicações sociais geraram e/ou contribuíram para as críticas advindas de alguns grupos sociais.

Além disso, Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001, p. 171, grifo do autor) apontam o surgimento e as contribuições da nova Filosofia e da Sociologia da ciência para essa visão crítica:

Uma outra vertente, cuja influência deve ser mencionada, foi a da “Nova Filosofia da Ciência”, com sua crítica ao positivismo. Obras como *A Estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn e *Contra o Método* de Paul Feyerabend serviram para minar conceitos arraigados, como a segurança trazida pela existência de um método científico, a confiança em uma ciência neutra e objetiva, e a crença em uma comunidade científica não conservadora. Esses aspectos encontravam-se presentes na ideologia que perpassava os projetos que, nos anos 60, eram encarados como o caminho para uma nova era no ensino de ciências.

Tais projetos citados pelos autores eram projetos de ensino, vigentes na Inglaterra e nos EUA, na área de Ciências, que recebiam forte apoio e financiamento governamental e voltavam-se exclusivamente para a formação de cientistas. A preocupação principal desses países era não ficar atrás dos soviéticos na corrida científica e tecnológica que ocorrera durante a Guerra Fria.

Assim, conjuntamente com os movimentos de contestação da Ciência surgem formas alternativas às formas positivistas de compreensão de como a Ciência se desenvolve, dentre elas a concepção histórica como estrutura complexa, desenvolvida por Thomas Kuhn. Esse pesquisador argumenta que o indutivismo não resistiria aos testes da História da Ciência:

A teoria da ciência de Kuhn foi desenvolvida subsequentemente como uma tentativa de fornecer uma teoria mais corrente com a situação histórica tal como ele a via. Uma característica-chave de sua teoria é a ênfase dada ao caráter revolucionário do progresso científico, em que uma revolução implica o abandono de uma estrutura teórica e sua substituição por outra, incompatível. Um outro traço essencial é o importante papel desempenhado na teoria de Kuhn pelas características sociológicas das comunidades científicas. (CHALMERS, 1993, p.124)

Chalmers (1993, p. 125) apresenta um esquema de como se dá o desenvolvimento da Ciência, tal qual considerado por Thomas Kuhn:

A atividade desorganizada e diversa que precede a formação da ciência torna-se eventualmente estruturada e dirigida quando a comunidade científica atém-se a um único paradigma. Um paradigma é composto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica. Os que trabalham dentro de um paradigma [...] praticam aquilo que Kuhn chama de ciência normal. Os cientistas normais articularão e desenvolverão o paradigma em sua tentativa de explicar e de acomodar o comportamento de alguns aspectos relevantes do mundo real tais como relevados através dos resultados de experiências. Ao fazê-lo experimentarão, inevitavelmente, dificuldades e encontrarão falsificações aparentes. Se dificuldades deste tipo fugirem ao controle, um estado de crise se manifestará. Uma crise é resolvida quando surge um paradigma inteiramente novo que atrai a adesão de um número crescente de cientistas até que eventualmente o paradigma original, problemático, é abandonado. A mudança descontínua constitui uma revolução científica. O novo paradigma, cheio de promessas e aparentemente não assediado por dificuldades supostamente insuperáveis, orienta agora a nova atividade científica normal até que também encontre problemas sérios e o resultado seja uma outra revolução.

O paradigma estabelece quais leis, conceitos, formas de trabalho e considerações metodológicas estão disponíveis para o trabalho científico. A Ciência normal implica a busca de afinidade entre a teoria e a natureza, melhoria da correspondência entre o paradigma e o mundo natural, como uma espécie de *puzzle*, seus problemas são de natureza teórica e experimental.

É importante notar que o cientista normal nunca é crítico do paradigma com o qual ele trabalha. Na Ciência madura não há crítica, já na Ciência inicial há desacordo e debate constante sobre os seus próprios fundamentos.

Kuhn também se preocupa com a formação dos futuros cientistas em um paradigma por meio da educação científica:

Resolvendo problemas-padrão, desempenhando experiências-padrão e, eventualmente, fazendo pesquisa sob orientação de um supervisor que já é um praticante treinado dentro do paradigma, um aspirante a cientista fica conhecendo os métodos, as técnicas e os padrões daquele paradigma. Ele não será mais capaz de fazer um relato explícito dos métodos e habilidades que adquiriu, mas um mestre carpinteiro é capaz de descrever perfeitamente o que está por trás de suas habilidades.

Grande parte do conhecimento de um cientista normal será *tácita* [...] (CHALMERS, 1993, p.129, grifo do autor)

Assim ele critica a visão de que o cientista normal é um descobridor das verdades da natureza e de que o desenvolvimento da Ciência seria alicerçado em atividades criativas e sem preconceitos.

Quanto à “escolha” de paradigmas pelo cientista, Kuhn critica a visão de que a Ciência é desenvolvida com base em elementos puramente lógicos, reforça a visão de que ela não está isenta de preconceitos e que comporta elementos subjetivos:

A mudança de adesão por parte de cientistas individuais de um paradigma para uma alternativa incompatível é semelhante, segundo Kuhn, há uma “troca gestáltica” ou a uma “conversão religiosa”. Não haverá argumento puramente lógico que demonstre a superioridade de um paradigma sobre outro e que force, assim, um cientista racional a fazer a mudança. Uma das razões por que não é possível tal demonstração é o fato de estar envolvida uma variedade de fatores no julgamento que um cientista faz dos méritos de uma teoria científica. A decisão de um cientista individual dependerá da prioridade que ele dá a esses fatores. Eles incluirão coisas tais como simplicidade, a ligação com alguma necessidade social urgente, habilidade de resolver algum tipo de problema específico e assim por diante. (CHALMERS, 1993, p.132-133, grifos do autor)

Além disso, de acordo com Kuhn não há como avaliar a superioridade de um paradigma em detrimento de outro e a adesão a determinados paradigmas acarreta elementos psicológicos e sociológicos. Em síntese:

Há, então, um certo número de motivos inter-relacionados para que, quando um paradigma compete com outro, não haja um argumento logicamente convincente que faça com que um cientista racional abandone um pelo outro. Não há um critério único pelo qual um cientista deva julgar o mérito ou a promessa de um paradigma e, ainda mais, proponentes de programas competitivos aderirão a conjuntos diferentes de padrões e verão o mundo de formas diferentes e o descreverão numa linguagem também diferente. O objetivo de argumentos e de discussões entre os partidários de paradigmas rivais deve ser antes a persuasão que a compulsão. Imagino que neste parágrafo tenha resumido o que se encontra por detrás da afirmação de Kuhn de que os paradigmas rivais são “incomensuráveis”. (CHALMERS, 1993, p.134, grifo do autor)

Na perspectiva de Kuhn, a Ciência não se desenvolve de modo cumulativo como é o caso da visão indutivista, as diferentes teorias científicas referem-se ou associam-se a

momentos históricos, sendo influenciadas tanto por aspectos internos à Ciência, quanto por externos.

Além disso, podemos considerar que, na perspectiva de Kuhn, a Ciência não seria puramente objetiva, ela não é nem um retrato da realidade nem implica verdades universais. Uma visão possível de objetividade científica, na perspectiva de Kuhn, residiria na consideração de que o projeto científico é fiel ao paradigma, mas não um retrato da realidade.

Kuhn abarca, em sua visão da produção científica, as implicações sociais que condicionam esse tipo de trabalho (porém não reduzindo a produção científica a algo socialmente determinado) e nesse sentido a Ciência não seria considerada como uma produção neutra. Nessa perspectiva, a Ciência é construída por uma comunidade de sujeitos e, conseqüentemente, não pode ser neutra já que os sujeitos que fazem parte dessa comunidade são históricos e sociais⁵.

No que se refere especificamente à tecnologia, a análise realizada por Winner (1986) é bastante pertinente para o trabalho aqui desenvolvido e tem relações com a visão de Ciência aqui considerada. Segundo o autor:

Nenhuma ideia é mais provocativa no que diz respeito às controvérsias sobre tecnologia e sociedade do que a noção de que “coisas” técnicas têm qualidades políticas. Isso quer dizer que máquinas, estruturas e sistemas da moderna cultura material podem ser precisamente julgados não somente por suas contribuições em eficiência e produtividade e por seus efeitos positivos ou negativos ao meio ambiente, mas também pelos modos pelos quais eles podem incorporar formas específicas de poder e autoridade. Ideias como esta são incômodas e estão constantemente presentes nas discussões sobre o significado da tecnologia, e sendo assim merecem uma atenção explícita. (WINNER, 1986, p.19, grifo do autor.)

De acordo com o autor, a ideia de que há uma tecnologia inerentemente autoritária tem sido utilizada pelos críticos da industrialização e também figurou como base do discurso antienergia-nuclear e pró-energia-solar, na década de 1970:

⁵ Não entraremos em detalhes sobre a profundidade das implicações sociais sobre a ciência abarcadas pela Filosofia de Kuhn, no entanto apontamos que há posições como a de Alan Chalmers que o considera relativista, e posições como as de Gerard Fourez que considera que Kuhn não explora extensivamente aspectos sociais em sua construção teórica. Aqui nos basta admitir que a Ciência vista na Filosofia de Kuhn é construção histórica e social.

O aumento da implantação de instalações nucleares guia a sociedade em direção ao autoritarismo. De fato, a dependência segura mediante energia nuclear como principal fonte de energia só é possível em um estado totalitário. [...] fontes de energia solar, dispersadas, são mais compatíveis com a equidade social, liberdade e pluralismo cultural do que tecnologias centralizadas. (HAYES apud WINNER, 1986, p.9)

Winner (1986) aponta que, por outro lado, os apoiadores da grande Ciência (*Big Science*) e da grande indústria a consideram como o melhor meio de garantia de sociedades democráticas, baseadas na liberdade e na justiça social. Tais apoiadores costumam descrever o sistema fabril, o automóvel, o telefone, o rádio, a televisão, os programas espaciais e a energia nuclear como forças democratizantes e libertadoras, propagando cada nova invenção como a salvação da liberdade social. O autor cita David Lilienthal, um político de Tennessee, que, na época da depressão americana (1930-1945), considerava que os fertilizantes e a eletricidade levariam progresso para a área rural americana. Ele cita também Daniel Boorstin, um historiador que, em 1970, propagandeava que a TV teria o “poder de debandar exércitos, cassar presidentes, criar todo um novo mundo democrático”.

Winner (1986) afirma que, dentre aqueles que admitem a relação entre tecnologia e política, seu argumento mais comum é considerar que o sistema social e econômico no qual a tecnologia está inserida a determinam. Tal argumentação é interessante, pois não isenta a tecnologia de suas responsabilidades sociais, mas abarca apenas a dimensão do uso da tecnologia e não de sua produção e seu desenvolvimento. No escopo dessa concepção, bastaria explicar quem são os grupos que estão por trás da produção da tecnologia e como ocorrem os jogos de poder, e a análise tecnológica estaria realizada. Nesse sentido, o estudo da tecnologia não seria o estudo da tecnologia em si, mas sim, dos poderes sociais. Ou seja, o estudo da tecnologia não teria suas particularidades, ele seguiria a mesma lógica do estudo da política de bem-estar, dos impostos, dentre outros.

A visão, exposta no parágrafo anterior, é contraposta por Winner (1986) a outra que abarca a compreensão de que a produção tecnológica teria uma racionalidade

interna, independente de fatores humanos, e que uma vez produzida moldaria a sociedade.

Winner (1986) defende um terceiro ponto de vista o de que a tecnologia interfere na sociedade, mas também seria moldada por fatores sociais e econômicos. Para o autor, nem a tecnologia é isolada de fatores sociais nem é determinada por eles, ela teria seus elementos políticos específicos.

A teoria da política tecnológica dirige atenção para o os sistemas sociotécnicos de larga escala, para as respostas das sociedades modernas para certos imperativos tecnológicos e para os caminhos pelos quais os objetivos humanos são poderosamente transformados quando eles estão adaptados aos meios técnicos. (Winner, 1986, p.2)

Winner (1986, p.2) considera que há duas formas possíveis de incorporação de propriedades políticas na produção tecnológica:

Primeiro há instâncias nas quais a invenção, o design, ou o arranjo de um sistema ou dispositivo técnico específico torna-se um modo de resolver um problema em uma comunidade particular. Observados de maneira adequada, exemplos desse tipo são bastante simples e facilmente entendidos. Segundo, são os casos que podem ser chamados de 'tecnologias inerentemente políticas', sistemas artificiais que parecem requerer ou ser fortemente compatíveis com determinados tipos de relações políticas.

Associados ao primeiro caso, o autor apresenta diversos exemplos de desenvolvimento de projetos tecnológicos que visavam resolver "problemas" de grupos sociais específicos, como: a construção de rodovias que impedissem o acesso, via ônibus, de minorias a algumas praias americanas; ou as rodovias e as pontes em Nova York construídas especificamente para o acesso em automóveis privados; os projetos urbanos em Paris desenvolvidos de forma a dificultar manifestações; ou ainda as máquinas supostamente mais "eficientes", responsáveis pela demissão de trabalhadores sindicalizados; acessos públicos às pessoas com deficiências, dentre outros exemplos (WINNER, 1986, p. 3). Em todos esses exemplos, o arranjo precede o uso, ou seja, os artefatos técnicos são planejados e construídos para produzir consequências predeterminadas.

De acordo com o autor, há ainda a escolha sobre o *design* da tecnologia após a decisão de realmente criá-la:

Mesmo depois que uma companhia recebe permissão de criar uma grande linha de fornecimento de energia, restam uma série de importantes controvérsias a respeito da rota e do design das torres; mesmo depois que uma organização decide instituir um sistema de computadores, pode haver uma série de controvérsias sobre os tipos de componentes (Winner, 1986, p.5).

Já no segundo caso, para aquele que um determinado sistema técnico seria fortemente compatível com um determinado sistema político – centralizado ou descentralizado, igualitário ou desigual, repressivo ou libertário – a tecnologia não seria tão flexível.

O autor cita a bomba atômica como um exemplo de artefato inerentemente político. Ele considera que suas propriedades letais demandam que essa tecnologia seja controlada por uma corrente hierarquicamente rígida e centralizada, de forma a tornar seu funcionamento o mais previsível possível. Ele afirma que a bomba é um caso óbvio, mas há outros exemplos não tão óbvios, retirados da história da tecnologia moderna:

O livro de Alfred D. Chandler, *A Mão Visível*, um estudo monumental da empresa moderna, apresenta uma documentação impressionante que defende a hipótese de que a construção e a operação diária de muitos sistemas de produção, transporte e comunicação dos séculos dezenove e vinte requerem o desenvolvimento de uma forma social particular – uma organização em larga escala, centralizada e hierarquizada, administrada por gestores altamente qualificados. O raciocínio típico de Chandler é sua análise do crescimento das ferrovias. A tecnologia tornou possível o transporte rápido e em quaisquer condições climáticas; mas o movimento seguro, regular e confiável de passageiros e bens, assim como a manutenção contínua e reparo de locomotivas, pistas, estradas, estações e outros equipamentos requerem a criação de uma considerável organização administrativa. O que significa o emprego de um conjunto de gerentes para supervisionar essas atividades funcionais em uma grande área geográfica, e a nomeação de um comando administrativo de executivos de médio e grande porte para monitorar, avaliar e coordenar o trabalho dos gestores responsáveis pelas operações do dia a dia. Em seguida o autor usa o mesmo tipo de argumento para a produção e distribuição de eletricidade, químicos e outros bens que demandam essa forma de associação humana. (WINNER, 1986, p.8)

Winner (1986) fala que muitos dos questionamentos associados à tecnologia necessitariam da análise de questões morais comumente consideradas obsoletas, idealistas e irrelevantes:

Reivindicações em nome da liberdade, justiça ou igualdade podem ser imediatamente neutralizadas quando confrontadas com argumentos de efeito como “Tudo bem, mas isso não é maneira de construir uma estrada de ferro” (ou siderúrgica, ou linha aérea, sistema de comunicação, etc...) (WINNER, 1986, p9).

Winner (1986) considera que as decisões técnicas são usualmente pensadas como exclusivamente técnicas. Uma forma de perceber que a tecnologia é inerentemente política é observar que as decisões associadas a ela ressaltam determinadas razões de necessidade prática e apagam razões morais e políticas.

Para Winner (1986), a análise tecnológica exige a análise do contexto de sua criação e uso, envolvendo o estudo da própria tecnologia e de sua história. De acordo com o autor, a tecnologia pode ser vista como um elemento profundamente associado com nossas formas de viver:

As coisas que chamamos de "tecnologias" são formas de construir ordem em nosso mundo. Muitos dispositivos ou sistemas técnicos importantes na vida quotidiana contêm possibilidades de muitas maneiras diferentes de ordenar a atividade humana. Consciente ou inconscientemente, deliberadamente ou inadvertidamente, sociedades escolhem as estruturas tecnológicas que influenciam como as pessoas vão para o trabalho, se comunicam, viajam, consomem, e assim por diante, ao longo de um tempo muito longo. No processo pelo qual as decisões estruturantes são feitas, pessoas diferentes estão situadas de forma diferente e possuem diferentes graus de poder, bem como diferentes níveis de consciência. Há várias opções de escolha no que se refere aos instrumentos, sistemas ou técnicas. Porque as escolhas tornam-se fixas ao transformarem-se em equipamento material, em investimento econômico, em hábito social, a flexibilidade original desaparece [...]. Neste sentido, inovações tecnológicas são semelhantes aos atos legislativos ou ações políticas que estabelecem uma estrutura de ordem pública que pode durar por muitas gerações. Por essa razão, a mesma atenção cuidadosa que se dá para as regras, papéis e relações na política também devem ser dadas às coisas como a construção de rodovias, criação de sistemas de TV e a confecção de, aparentemente insignificantes, características das novas máquinas. O que une e separa as pessoas não são apenas as instituições e práticas políticas, mas também os arranjos de aço e concreto, fios e semicondutores, porcas e parafusos. (Winner, 1986, p. 5-6, grifo do autor)

Winner (1986, p. 4) nos alerta:

Se nossa linguagem moral e política para avaliar a tecnologia inclui apenas categorias que têm a ver com ferramentas e usos, se ela não inclui os significados dos sinais e arranjos de nossos artefatos, então nós estaremos cegos para muito do que é intelectualmente e praticamente crucial.

Iniciamos esse capítulo observando que, na Idade Média, os próprios objetos não eram considerados neutros, muito menos sua apreensão. Passamos pela transformação burguesa que neutraliza o objeto e, além disso, procura neutralizar e objetivar a sua apreensão. Criticamos uma teoria filosófica, o indutivismo, que se associa com uma visão de ciência puramente objetiva, neutra, cumulativa e sem história e apresentamos, alternativamente, uma visão mais crítica que compreende a apreensão dos objetos da realidade pela Ciência como um processo parcialmente objetivo, não neutro, histórico e social. Esses últimos elementos estão presentes tanto na Filosofia de Kuhn, quanto nas perspectivas da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, como apontado por Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001). Admitimos que a própria Ciência, ou seja, o conhecimento produzido pela comunidade científica, ao sofrer influências de aspectos sociais é também ela um produto não neutro. Finalizamos considerando que também a tecnologia é um elemento que tem características específicas, mas que se associa profundamente a elementos sociais, seja em sua produção, em seu desenvolvimento ou em sua aplicação, tendo então um caráter tão neutro quanto o da Ciência.

A Análise de Discurso nos sustenta, quando consideramos que as concepções de Ciência, ao constituírem o imaginário de futuros professores, interferem em suas atribuições de sentido aos elementos de ensino. Também é importante ressaltar que os futuros professores de Física vivenciaram processos de ensino embasados por teorias pedagógicas que não necessariamente são adequadas à concepção de Ciência não neutra da abordagem CTS, como é o caso, por exemplo, do tecnicismo.

Saviani (2008) considera que a radicalização com a preocupação associada os métodos pedagógicos abriu espaço para a articulação da pedagogia tecnicista. A base teórica do tecnicismo reside na neutralidade científica e nos princípios de racionalidade,

eficiência e produtividade, buscando um processo educativo objetivo e operacional, comparado ao trabalho fabril:

Com efeito, se no artesanato o trabalho era subjetivo, isto é, os instrumentos de trabalho eram dispostos em função do trabalhador e este dispunha deles segundo seus desígnios, na produção fabril essa relação é invertida. Aqui é o trabalhador que deve se adaptar ao processo de trabalho, já que este foi objetivado e organizado na forma parcelada. Nessas condições, o trabalhador ocupa seu posto na linha de montagem e executa determinada parcela do trabalho necessário para produzir determinados objetos. O produto é, pois, uma decorrência da forma como é organizado o processo. O concurso das ações de diferentes sujeitos produz assim um resultado com o qual nenhum dos sujeitos se identifica e que, ao contrário, lhes é estranho. (SAVIANI, 2008, p.10)

Assim a pedagogia tecnicista buscaria a eficiência, possibilitada pela minimização da subjetividade por meio de uma organização racional, mecanizada. Nesse tipo de ensino, alunos e professores seriam meros coadjuvantes do protagonista da ação educacional que seria o próprio processo. É o processo de ensino que definiria o que, quando e como, e não mais professores e alunos:

[...] processo cuja concepção, planejamento, coordenação e controle ficam a cargo de especialistas supostamente habilitados, neutros, objetivos, imparciais. A organização do processo converte-se na garantia da eficiência, compensando e corrigindo as deficiências do professor e maximizando os efeitos de sua intervenção. (SAVIANI, 2008, p.11)

No escopo da pedagogia tecnicista, o importante seria aprender a fazer. A equalização social proporcionada pela escola ocorreria por meio da formação de indivíduos socialmente eficientes e produtivos que garantiriam o equilíbrio e a manutenção do sistema. É ainda importante ressaltar o caráter fragmentário dessa pedagogia.

É interessante notar que a pedagogia tecnicista adéqua-se a uma concepção de Ciência neutra. Nessa concepção, considera-se que a Ciência estaria livre de fatores subjetivos e que sua produção consistiria em resultados verdadeiros sobre o mundo natural. De acordo com essa visão, a produção científica, sendo neutra e realizada por especialistas, não incorporaria elementos sociais. A Ciência só teria relações com a sociedade no que diz respeito a sua aplicação, usualmente considerada tecnológica. A

aplicação “tecnológica” da ciência garantiria, por sua vez, o bom funcionamento do sistema social.

Nesse sentido é importante que a formação de professores crie espaço para que os licenciandos possam refletir também sobre as relações entre escola e sociedade.

A pedagogia tecnicista insere-se no escopo de teorias pedagógicas que Saviani considera como não críticas (2008). As teorias não críticas tratam a escola como autônoma, sem condicionantes sociais e ainda atribuem a ela o papel decisivo de evitar a desagregação social e de construir uma sociedade igualitária, integrando aqueles que estão à sua margem. No escopo das teorias não críticas, é apenas a ação da educação sobre a sociedade sem que se considerem também as interferências sociais sobre o processo educativo. Na perspectiva não crítica, a sociedade é considerada harmoniosa e a educação tem a função de integração social dos indivíduos que interferem ou abalam essa harmonia, sendo assim um instrumento de equalização social.

Concordando com Teixeira (2003a), consideramos que a abordagem CTS se alinharia com teorias pedagógicas que admitem que haveria intensa influência da realidade social sobre a escola e, sendo assim, a escola deve ser pensada em seu contexto específico e, por outro lado, tais influências não tirariam da escola a possibilidade de ação sobre a sociedade. Com isso queremos dizer que não consideramos que haja uma pedagogia universal que seja adequada em qualquer sociedade ou em qualquer momento histórico, e sim, que toda teoria educacional deve considerar o momento social vigente, como base para reflexão ou em face aos objetivos a serem atingidos.

Diversas teorias permearam, ou ainda permeiam, o sistema de ensino brasileiro. Consideramos então que, ainda que os estudantes de licenciatura não tenham recebido um ensino formal de uma ou várias dessas teorias, tendo elas permeado o contexto educacional, podem influenciar o imaginário desses estudantes por vias diversas. Conforme aponta Almeida (2009, p. 98):

Dada a incontestável importância do professor quando pensamos no trabalho escolar em qualquer nível de ensino, da pré-escola à educação superior, parece justificar-se a imensa quantidade de recomendações que a ele têm sido dirigidas implícita ou explicitamente. Elas estão presentes na literatura sobre educação em diversos gêneros: jornais,

boletins, periódicos, guias para textos didáticos, etc. E, em alguns casos, essas recomendações deixam de ser simples conselhos ou advertências para se transformarem em verdadeiras prescrições. A prescrição é aqui entendida como: dizer ao professor o quê, como e quando trabalhar com seus alunos. O que lhe resta então? Ser animador de um auditório no qual ele expõe conhecimentos prescritos pelos especialistas no ato de ensinar. Eles encarregam-se de estabelecer a matéria que o professor deve passar aos alunos e também determinam como ele deve fazê-lo. Por sua divulgação como verdades inquestionáveis, as prescrições frequentemente fazem parte do imaginário tanto de quem as divulga quanto daqueles a quem elas se destinam, eliminando possibilidade de atuação autônoma destes últimos. (ALMEIDA, 2009, p.98)

Por fim, consideramos que o professor deve ser um profissional autônomo, não apenas um mero executor de práticas e técnicas e, sendo assim, encaramos a formação inicial como momento de oportunidade para que reflita e faça suas próprias escolhas em termos de concepções de Ciência e de ensino.

IV. ARTICULAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO

Tendo em vista a primeira questão de pesquisa, explicitamos nesse capítulo como a unidade de ensino foi articulada a partir da pressuposição de um interlocutor, da escolha de conteúdos sobre a Física Nuclear e da ênfase em determinados elementos da abordagem CTS, de forma a se adequarem também às condições de produção da disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”. Para isso descreveremos as aulas desenvolvidas na unidade e os elementos que interferiram em seu planejamento e em sua constituição.

O material que serve de base para a pressuposição de nosso interlocutor são trabalhos de pesquisa por nós desenvolvidos em momentos anteriores, em atuação na formação de professores na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas. Apesar de o imaginário do interlocutor aqui pressuposto não ser o mesmo daquele dos estudantes de licenciatura que participaram de fato do desenvolvimento desta unidade de ensino, essa antecipação foi realizada no sentido de buscarmos um maior diálogo entre a unidade de ensino e os estudantes de licenciatura. Além disso, consideramos que algumas das condições de produção das pesquisas já realizadas são semelhantes às condições atuais.

Já a construção do referente implicou pesquisa bibliográfica sobre a abordagem CTS e a Física Nuclear.

A revisão bibliográfica sobre a abordagem CTS foi realizada em artigos de pesquisa nacionais publicados entre os anos de 2006 e 2011 que tratavam exclusivamente dessa abordagem no ensino de Física. O foco dos artigos foi determinado por meio do título do trabalho, das palavras-chave e dos resumos. A base de dados acessada foi o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Os materiais que servem como fonte de conteúdos de Física Nuclear são publicações diversas (livros de divulgação científica, literatura, artigos de pesquisa e de jornais ou internet, relatórios, dentre outros), além de filmes e de documentários selecionados por compreender como foco central a Física Nuclear. Também foram selecionados materiais cujo foco associava-se com a problemática nuclear na atualidade,

como, por exemplo, com os temas: aquecimento global, produção de armas, produção de energia, dentre outros.

Grande parte das atividades desenvolvidas foi registrada em vídeo e algumas em áudio.

A Tabela 3 apresenta um quadro com a síntese das atividades realizadas na disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”, cujas aulas tinham duração de 100 minutos cada.

a. Quadro de síntese da disciplina

Tabela 3: síntese das atividades realizadas na disciplina. As aulas em vermelho foram gravadas em vídeo

Aula Data	Atividades Realizadas	Atividade Extraclasse
1ª 02ago	Questionário Inicial (Q1) ⁶ Apresentação da pesquisa e assinatura dos termos de participação	Tarefa 1 (T1): Leitura e trabalho escrito dos textos Almeida (2004); Almeida e Mozena (2000) e Goldsmith (2003)
2ª 09ago	Discussão das respostas 1-3 (Q1) Linguagens no Ensino de Física Apresentação e discussão dos textos lidos (T1)	Tarefa 2 (T2): Leitura e trabalho escrito dos textos Almeida (1996); Almeida et al (2001); Zanottello e Almeida (2007)
3ª 16ago	Discussão das respostas 4-5 (Q1) Linguagens no Ensino de Física Discussão de T1 Apresentação e discussão dos textos lidos (T2)	Tarefa 3 (T3): Leitura e trabalho escrito sobre os textos Robilotta (1988) e Peduzzi (2001)
4ª 23ago	Discussão das respostas 6-7 (Q1) Linguagens no Ensino de Física Discussão de T2 História da Ciência no Ensino de Física Apresentação e discussão dos textos lidos (T3)	Tarefa 4 (T4): Leitura e atividade escrita do texto Kuhn (1974)
5ª 30ago	Apresentação de sínteses da resposta 8 (Q1) Epistemologia da Ciência Apresentação e discussão do texto lido (T4) Trabalho escrito sobre o texto Kuhn (1974) CTS no Ensino de Física Apresentação de notícias da mídia e do documentário de HOME (2009)	Tarefa 5 (T5): Leitura e trabalho escrito do texto Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001)
6ª 06set	CTS no Ensino de Física Discussão das respostas 9-12 (Q1) Discussão dos textos de T5 Análise do caráter CTS de materiais (T6)	Tarefa 7 (T7): Leitura e trabalhos escritos dos textos Pena (2006); Souza-Cruz (1987) e Teixeira (2003a)
7ª 13set	CTS no Ensino de Física Discussão de T5 Discussão sobre os textos de T7 Comentários sobre T6 Continuidade da tarefa da aula anterior (T6)	
8ª 20set	Avaliação Escrita	
9ª 27set	Discussão da avaliação escrita Planejamentos da Unidade de Ensino: Esclarecimentos iniciais sobre planejamentos Planejamentos com questionário (Q2) ⁷	
10ª 04out	Planejamentos da Unidade de Ensino:	Tarefa 8 (T8): Trabalhos escritos sobre a

⁶ Tabela 3

⁷ Tabela 4

	Apresentação sobre Energia Nuclear	apresentação e as questões (Q3) ⁸
11ª 11out	<u>Planejamento da Unidade de Ensino:</u> Discussão sobre a apresentação da aula anterior Planejamentos com materiais	
12ª 18out	<u>Planejamento da Unidade de Ensino:</u> Discussão sobre planejamentos da unidade Questionário auxiliar CTS (Q4) ⁹ Continuidade dos planejamentos	
13ª 25out	<u>Planejamento da Unidade de Ensino</u>	
14ª 01nov	<u>Planejamento da Unidade de Ensino</u>	
15ª 08nov	<u>Apresentação das Unidades de Ensino</u>	
16ª 22nov	<u>Apresentação das Unidades de Ensino</u>	
17ª 29nov	<u>Apresentação das Unidades de Ensino</u>	

Fonte: elaborado pelo autor.

⁸ Tabela 5

⁹ Tabela 6

b. Disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”

A unidade de ensino foi desenvolvida na disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”, que corresponde a quatro meses de curso, com duas horas de aulas semanais, num total mínimo de 15 horas-aula. No entanto, não utilizamos o tempo integral da disciplina para a realização da unidade. Entre a primeira e a quinta aula da disciplina foram abordados os temas: linguagens no ensino de Ciências, história da Ciência e epistemologia da Ciência.

No primeiro dia de aula, 02 de agosto de 2011, foi aplicado um termo de consentimento de participação na pesquisa. O consentimento ou não consentimento não alterou as atividades que foram desenvolvidas por todos os estudantes. Dentre os que cursavam a disciplina, 14 deles aceitaram tomar parte.

No segundo dia de aula, 09 de agosto de 2011, o plano de curso foi apresentado e discutido com os estudantes de licenciatura e, nesse momento, eles souberam que uma das atividades previstas, e integrante da avaliação de curso, seria a elaboração de planos de ensino sobre energia nuclear e abordagem CTS, voltados para alunos do Ensino Médio.

Alguns elementos interferiram em nossa opção por desenvolvermos a unidade na disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”. Em algumas de nossas pesquisas anteriores, apontamos influências do próprio curso de formação de professores nas produções discursivas dos estudantes de licenciatura, dentre elas o reforço de determinadas concepções associadas a: relação entre forma e conteúdo (SORPRESO; ALMEIDA, 2009; ALMEIDA et al. 2009); consideração de que o ensino por meio de fórmulas matemáticas, de leis e de conceitos seria mais rigoroso e consistente (ALMEIDA et al, 2009; SORPRESO; ALMEIDA, 2010a); consideração de que elementos como História da Ciência e abordagem CTS não são pertinentes ao ensino de Física ou descaracterizariam essa disciplina (SORPRESO e ALMEIDA, 2010a); concepções não críticas sobre o que é a Ciência e como ela é produzida (SORPRESO; ALMEIDA, 2009), apresentadas por vários estudantes.

Ressaltamos ainda que alguns dos artigos revisados sobre a abordagem CTS também apontam as influências de determinados aspectos dos cursos de formação de

professores nas concepções dos estudantes. Pinheiro et al (2007) pensam que a formação disciplinar do professor seria um obstáculo para que ele futuramente realizasse uma prática CTS. Silveira e Bazzo (2009) observam que compreensões incipientes sobre ciência e tecnologia, apresentadas por indivíduos que atuam em áreas tecnológicas, poderiam estar associadas com suas formações universitárias. Silva e Carvalho (2009) também consideram as falhas na formação de professores no que diz respeito aos obstáculos para práticas CTS. Bernardo et al, (2007) acham que a formação de professores seria um dos momentos determinantes para a viabilização de práticas CTS em salas de aula.

Também nos apoiamos em Kuhn (1974) para argumentar que, usualmente, os cursos que formam cientistas priorizam o aprendizado de um determinado paradigma, a utilização de manuais didáticos e a exclusividade do aprendizado dos resultados matemáticos da Ciência. Nesse sentido, as disciplinas específicas da licenciatura, se realizadas nos mesmos padrões do bacharelado, poderiam veicular, ainda que de forma implícita, concepções de ciência: neutra, completamente objetiva, a-histórica, descobridora de verdades, dentre outras.

Nesse sentido, procuramos desenvolver a unidade de ensino em uma disciplina de início de curso, buscando diminuir as influências e os reforços do curso de formação. Também pretendíamos que, de forma complementar, a unidade pudesse proporcionar um outro olhar dos estudantes sobre as próprias disciplinas específicas.

Primeira aula

Na primeira aula da disciplina, 02 de agosto de 2011, os estudantes responderam a um questionário inicial. Pretendíamos assim investigar suas experiências anteriores, algumas de suas concepções quanto ao ensino, à Física, à abordagem CTS, dentre outros. As questões nos permitiriam um ensino dialógico, no sentido de que poderíamos melhor organizar e adaptar o planejamento com base nas respostas apresentadas. As respostas foram, inclusive, retomadas durante outras atividades da disciplina, o que, além de proporcionar o diálogo pretendido, pôde provocar reflexões dos estudantes sobre suas próprias ideias. A Tabela 4 reproduz o questionário aplicado.

Tabela 4: questionário Inicial da Disciplina (Q1)

<p style="text-align: center;">EL 285A Conhecimento Em Física Escolar I 2º Semestre 2011 Profa. Maria José P. M. de Almeida PED: Thirza Pavan Sorpreso OPINIÕES E INFORMAÇÕES INICIAIS</p> <p>Por favor, responda às questões em sequência. Leia completamente cada questão antes de iniciar a resposta. Procure colaborar para o planejamento desta disciplina, respondendo a todas as questões da maneira mais esclarecedora possível.</p> <p>Nome _____ RA _____ curso _____ email: _____</p> <p>Parte A</p> <p>1) Você trabalha? Em quê? 2) O que você pretende fazer profissionalmente quando estiver formado? 3) Você tem alguma experiência como docente? Se tiver, conte: quando, em que tipo de escola (pública regular, privada regular, aula particular, cursinho, etc.), e em que disciplina(s). Resuma também o(s) principal (is) problema (s) que enfrentou ou está enfrentando para lecionar. 4) No Ensino Fundamental e Médio, estudou em escola pública ou privada? Se tiver estudado nas duas, diga quais os cursos que fez numa e na outra. 5) Procure contar quais são suas melhores e suas piores lembranças do Ensino Fundamental e Médio, e, se lembrar, relate algum acontecimento, que considerou marcante, na sua vida como estudante de Ensino Médio. 6) Quais são os maiores problemas sociais da atualidade para você? 7) Você considera que os problemas sociais atuais têm alguma relação com o ensino de Física no nível médio? Explique. 8) Você já teve contato com os temas relatividade, Física quântica ou energia nuclear: a) no Ensino Superior? Qual? b) No Ensino Médio? Qual? c) Fora da escola ou universidade? Qual? 9) Já ouviu falar na abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)? Quando você ouviu falar? 10) O que você acharia se lhe fosse proposto abordar a Física no Ensino Médio por meio das relações dessa ciência com a tecnologia e a sociedade? Como você faria isso? 11) Você já ouviu falar na abordagem História da Ciência? Quando e o que você ouviu falar? 12) O que você acharia se lhe fosse proposto abordar a Física no Ensino Médio por meio da História da Ciência? Como você faria isso?</p>
--

Fonte: elaborado pelo autor.

Algumas das respostas nos permitiram saber se os estudantes já atuavam como professores, em qual estágio do curso eles se encontravam (já que alguns estudantes concluintes do bacharelado retomam seus estudos na licenciatura), se pretendiam atuar futuramente como professores e em qual área (já que nem todos são estudantes de licenciatura em Física, pois a disciplina também faz parte do currículo obrigatório dos estudantes que optam pela licenciatura em Matemática no período diurno).

Algumas questões foram elaboradas visando especificamente ao desenvolvimento da pesquisa. A questão seis, por exemplo, buscava explicitar quais são, para os estudantes, os temas sociais problemáticos da atualidade. Nosso intuito era verificar se os problemas citados iriam ao encontro daqueles que seriam tratados na disciplina. Já a questão sete procurava investigar se eles associavam alguns dos problemas citados com o ensino específico da Física. Com a formulação da questão oito, queríamos saber se os estudantes já teriam tido contato com conteúdos da Física Nuclear e de que

forma isso teria ocorrido. As questões nove e dez buscavam investigar se os estudantes já conheciam a abordagem CTS e quais seus imaginários sobre ela.

Quinta aula

Na quinta aula da disciplina, 30 de agosto de 2011, iniciou-se efetivamente o desenvolvimento da unidade de ensino. Nessa aula foram realizadas duas atividades: a apresentação e a discussão de notícias veiculadas na mídia, e a apresentação e a discussão de trechos de um documentário associado com questões ambientais (HOME, 2009).

As notícias da mídia – trechos de artigos de revista –, apresentadas por meio do *Power Point*, abordaram temas associados ao meio ambiente, à energia e ao acidente de Fukushima¹⁰. Em seguida, a pesquisadora questionou os estudantes de licenciatura sobre suas impressões e suas opiniões com relação aos assuntos levantados.

O documentário, intitulado “Home: o mundo é a nossa casa” (HOME, 2009), discute a relação entre os problemas ambientais da atualidade e suas relações com nossa organização social. Embora, para que pudesse ser exibido durante a disciplina, o documentário tenha sido editado, ele manteve o seu caráter global e alguns trechos foram enfatizados para associar a relação entre energia e alguns problemas sociais e ambientais. Após a apresentação do documentário, novamente os estudantes de licenciatura foram solicitados a explicitar suas impressões e suas opiniões¹¹.

Essencialmente esses recursos foram utilizados com o intuito de iniciarmos a unidade de ensino propiciando uma inserção em temas de relevância social.

c. Inserção de temas de relevância social

Diversos artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS discutem a necessidade da inserção de temas de relevância social no ensino da Física (AULER, 2007; BERNARDO et al, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; DIAS et al, 2006; FARIAS; FREITAS, 2007; LINSINGEN,I., 2007; MUENCHEN; AULER, 2007; PINHEIRO et al., 2007; RICARDO, 2007; SIQUEIRA-

¹⁰ As notícias apresentadas na unidade são as mesmas notícias apresentadas no capítulo “Energia Nuclear: um recorte do problema social” deste trabalho.

¹¹ Uma descrição mais detalhada do documentário é apresentada no item “Materiais de Ensino e Conteúdos” no capítulo “Articulação da Unidade” neste trabalho

BATISTA et al., 2010; SILVA; CARVALHO, 2007; SILVA; CARVALHO, 2009; WATANABE-CARAMELLO et al., 2010). Todos recomendam que os temas sejam atuais e estejam associados a problemáticas sociais ou a situações existenciais concretas, porém os pontos de vista dos autores do que seriam essas problemáticas e sobre a origem dos temas são diferenciados. Ricardo (2007) aponta que a escolha dos temas é um dos obstáculos da abordagem CTS.

Alguns dos trabalhos recomendam que os temas se originem de controvérsias sociais (SILVA e CARVALHO, 2009; SILVA e CARVALHO, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al, 2010).

Algumas das justificativas encontradas para a importância da abordagem dos temas sociais referem-se a fontes não exclusivamente escolares como: a mídia, os artigos científicos, a opinião de pesquisadores, o livro didático, a associação com o currículo vigente (DIAS et al, 2006; LINSINGEN, I., 2007; RICARDO, 2007; SIQUEIRA-BATISTA et al, 2010; SILVA ; CARVALHO, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al., 2010;).

Há autores que consideram que os temas devem ser extraídos exclusivamente dos interesses dos estudantes e das contradições vividas pela comunidade escolar, possibilitando o desenvolvimento dos alunos para a tomada de decisões e a reflexão e ação sobre problemas em sua própria comunidade (AULER, 2007; MUENCHEN; AULER, 2007; PINHEIRO et al, 2007). Alguns desses autores associam a extração de temas com as propostas de Paulo Freire e observam que, nessa perspectiva, as contradições sociais vividas pelos educandos servem como ponto de partida para o trabalho escolar em busca de uma visão global da sociedade.

Carletto e Pinheiro (2010), ao desenvolverem sua pesquisa, submeteram os alunos a uma sondagem inicial de suas percepções sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade para, com base nesse levantamento, problematizar as questões norteadoras de discussões e de atividades e, a partir daí, trabalhar com os temas escolhidos. Apesar de as autoras não partirem diretamente de problemas sociais da realidade dos alunos, elas procuraram abordar questões originadas nos discursos dos estudantes.

Auler (2007), realizando uma análise de materiais didáticos constituídos dentro de uma perspectiva CTS, observa que os temas presentes podem ser bastante específicos de uma comunidade particular, ou universais, podendo ser abordados em qualquer sala de aula. Segundo o autor, nos materiais analisados, os temas foram escolhidos por terem repercussão na mídia, por estarem associados a um conteúdo que os elaboradores do material consideram necessário de ser abordado, e por serem de interesse da comunidade escolar na qual a proposta seria trabalhada. No caso dos temas que não foram obtidos a partir da comunidade escolar, o autor julga que suas abrangências eram universais, o que possibilitou, em alguns casos, adaptá-los para contextos específicos.

Com respeito a como fazer a abordagem temática, alguns artigos recomendam que o tema seja a origem do ensino e que, a partir dele, sejam derivados e discutidos os conceitos e os elementos científicos. Em seguida, retoma-se o tema em uma nova análise com base nos conhecimentos adquiridos (AULER, 2007; RICARDO, 2007).

München e Auler (2007) dizem que o tema deve organizar o currículo de forma que a conceituação científica seja subordinada a ele. Os autores advertem que para isso é necessária a autonomia escolar, já que pressões externas e a consideração de que o currículo seria concebido como neutro e livre de conflitos e contradições locais seriam elementos que dificultariam a abordagem de temas polêmicos pela comunidade escolar. Os autores também argumentam que o trabalho com temas exige a busca de problematização das discussões e a superação de posturas dicotômicas do tipo “certo e errado” ou “deve e não deve”.

Sobre os temas efetivamente tratados nos artigos revisados, observamos que a problemática ambiental é recorrente (CARLETTO; PINHEIRO, 2010; FARIAS; FREITAS, 2007; SILVA; CARVALHO, 2007; SILVA; CARVALHO, 2009; VIEIRA; BAZZO, 2007). Um deles inclusive apresenta uma pesquisa teórica que investiga as tensões e as aproximações históricas entre o enfoque CTS e a educação ambiental (FARIAS; FREITAS, 2007).

Porém outros temas são explorados por meio dessa abordagem: Siqueira-Batista et al (2010) apresentam uma revisão bibliográfica em artigos científicos e em livros sobre temas de nanociência e nanotecnologia associados com questões éticas, políticas e

impactos sociais; Watanabe-Caramello et al (2010) exploram o ensino de conteúdos de Física Nuclear selecionados e organizados em visitas a laboratórios científicos; Dias et al (2006) apresentam um estudo comparativo sobre o uso da energia nos transportes particulares ou coletivos, abordando questões como a emissão de gases e o consumo de petróleo; e Bernardo et al. (2007) tratam da produção e do consumo de energia.

Sendo assim, nossa escolha por iniciar a unidade de ensino com a inserção de problemáticas sociais está de acordo com as recomendações dos artigos de pesquisa CTS. Particularmente concordamos com a importância de tais temas serem a origem do ensino e deles derivarmos os conteúdos específicos a serem trabalhados. O planejamento da unidade implicou então que, a partir dos temas inseridos, discutiríamos os conteúdos, tanto da abordagem CTS, quanto da Física Nuclear.

Além da concordância com os artigos de pesquisa, nossa escolha deveu-se também a algumas pressuposições sobre nossos interlocutores, os estudantes de licenciatura. Em pesquisa que desenvolvemos anteriormente, apontamos um obstáculo, observado nos discursos de estudantes de licenciatura em Física, para a utilização da abordagem CTS: a afirmação de que os objetivos dessa abordagem e as formas propostas de avaliação não seriam condizentes com um ensino voltado para o vestibular, ou para provas e exames de forma geral (SORPRESO e ALMEIDA, 2010a). A inclusão dos temas de relevância social buscou deslocar essa consideração de que o único objetivo do ensino, ou o mais importante, seria o vestibular, já que há questões sociais associadas à Física tão, ou mais, importantes do que apenas os exames e as avaliações.

A escolha dos temas foi realizada com base nos materiais pesquisados sobre a Física Nuclear e elementos associados. Identificamos a partir dessas fontes, três temas sociais relevantes associados com a Física Nuclear: escassez de energia, problemas ambientais e relações de poder. Escolhemos, para introduzir esses três temas sociais, inicialmente algumas notícias veiculadas na mídia e depois a exibição de um documentário. Posteriormente, restringimos o desenvolvimento da unidade para um único tema, escassez de energia, conforme será explicado.

Optamos por realizar essa introdução, valendo-nos de notícias apresentadas na mídia e do documentário, pois são materiais produzidos de forma a sensibilizar o espectador, aspecto que, além de outros fatores, justifica a sua influência sobre as concepções da população em geral. De acordo com Ricardo (2007), a mídia ou os discursos extraescolares representariam influência mais efetiva sobre os sujeitos do que a escola, influenciando inclusive a prática escolar e, muitas vezes, dificultando até o surgimento de uma ordem social mais democrática. Vieira e Bazzo (2007) apontam que essa interferência da mídia na abordagem de assuntos sociais controversos gera a necessidade de a escola discutir essa problemática.

Consideramos então que a utilização da mídia proporciona uma vinculação entre os tratamentos “escolares” e os temas que estão sendo discutidos fora da escola, ou seja, sua utilização facilitaria o diálogo entre assuntos escolares e extraescolares, estendendo os momentos de reflexão dos estudantes para além dos momentos em sala de aula. Porém ressaltamos que a própria abordagem CTS critica a abordagem da mídia para determinados assuntos e para as concepções veiculadas por ela sobre Ciência. Assim, a mídia foi utilizada nesta unidade não como base teórica, mas como um meio de trazer assuntos para uma discussão teórica que inclusive abarcou críticas à forma como os meios de comunicação de massa representam a Ciência e temas associados a ela. Ou seja, a mídia foi não somente utilizada, mas também, problematizada.

Sexta aula

No final da aula anterior, havia sido solicitado que os estudantes lessem, em casa, o texto de Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001) e realizassem uma atividade escrita que deveria ser entregue na aula seguinte, ou seja, na sexta aula da disciplina (06 de setembro de 2011). A atividade consistiu na escrita das dúvidas sobre o texto e na síntese das ideias principais. Além disso, foi-lhes pedido que respondessem à pergunta: *“Escolha um conteúdo da Física de sua preferência e explique como você faria uma abordagem CTS desse conteúdo”*.

A sexta aula foi iniciada com a apresentação de uma síntese das respostas dadas pelos estudantes de licenciatura para as questões 9 a 12 do questionário inicial e com uma discussão do texto lido *a priori* em casa.

Ainda durante essa aula, os estudantes de licenciatura iniciaram, em grupos, um trabalho de análise do caráter CTS de alguns trechos de livros diferenciados, mas que abordavam um mesmo tema. Essa atividade foi pensada para que pudéssemos avaliar a compreensão dos estudantes de licenciatura sobre elementos da abordagem CTS até então. Além disso, com essa atividade pretendíamos que eles tivessem uma experiência de análise de materiais e a possibilidade de adequação desses materiais em uma prática específica. Voltaremos à questão dos materiais de ensino mais adiante, quando discutiremos os planejamentos de ensino realizados pelos estudantes.

O texto de Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001) expõe os objetivos e as justificativas da abordagem CTS para o ensino de Ciências, apresenta como o movimento CTS desenvolveu-se na Inglaterra e nos EUA e aborda o contexto social desse desenvolvimento. O texto também enfoca a Física Nuclear, apresentando uma proposta de trabalho com esse tema e a Abordagem Centrada em Eventos, discutindo possíveis estratégias de trabalho em sala de aula que não se resumem à comum abordagem expositiva e a resoluções de exercícios.

A escolha do texto de Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001), como primeira aproximação dos estudantes com a abordagem CTS, ocorreu essencialmente por ele abarcar o contexto histórico de surgimento dessa abordagem.

d. Contextualização histórica da abordagem CTS

A escolha de um texto que contextualiza historicamente o surgimento do movimento CTS torna-se relevante, pois diversos artigos revisados sobre a abordagem CTS consideram a importância de discutir-se a origem desse movimento.

Essa origem mostra que o movimento CTS não se origina associado exclusivamente ao contexto escolar, mas ele é um movimento de crítica aos desenvolvimentos históricos da ciência e da tecnologia. Ele surge concomitante ao desenvolvimento de algumas abordagens educacionais que não consideram a escola um

espaço isolado, mas sim, um espaço social e historicamente localizado e, num momento histórico em que algumas reflexões oriundas das áreas de Filosofia e da epistemologia da ciência realizavam críticas a algumas visões de Ciência, dentre elas a teoria de Thomas Kuhn¹².

Assim, consideramos essencial a localização do movimento CTS em seu contexto histórico, já que, de acordo com essa abordagem, tanto a escola quanto a ciência são instituições socialmente localizadas e assim devem ser pensadas.

Observamos ainda que muitos dos objetivos da abordagem CTS no ensino mantêm-se associados à origem histórico-social do próprio movimento, por exemplo: seria um meio de transformação do ensino possibilitando uma visão crítica sobre os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade, além da atuação ética e democrática dos estudantes (CARLETTO e PINHEIRO, 2010); diminuiria o afastamento entre o conhecimento escolar e a realidade vivida pelos estudantes (MUENCHEN e AULER, 2007); englobaria a compreensão de problemáticas sociais (MUENCHEN e AULER, 2007); possibilitaria que o Ensino Médio deixasse de ser apenas uma formação prévia para o nível superior e passasse a englobar uma formação para o desenvolvimento pessoal e social dos estudantes, valorizando a formação humana, ética e o exercício da cidadania (PINHEIRO et al, 2007).

Além dos elementos considerados por pesquisadores da abordagem CTS, vemos, no que se refere ao nosso interlocutor, que usualmente os estudantes de licenciatura consideram que as diversas abordagens do ensino de Física, que se diferenciam da exposição de teorias e resolução de problemas, serviriam apenas como forma de motivação (ALMEIDA et al., 2009). Nesse sentido, a contextualização histórica do surgimento da abordagem permitiria deslocar esse sentido produzido pelos estudantes de licenciatura para a consideração de que essa abordagem implica uma forma crítica de visão da ciência e do papel do ensino de Ciências na sociedade.

Notamos ainda, em momentos anteriores, que muitos dos sentidos produzidos por estudantes de licenciatura sobre a abordagem CTS nem sempre se aproximam

¹² O surgimento de teorias filosóficas, que criticam a visão científica vigente, foi discutido no item: “Referencial teórico – metodológico”.

daqueles presentes na pesquisa. Para exemplificar, citamos que a atuação do aluno pretendida pela abordagem CTS às vezes é significada pelos licenciandos como a realização de experimentos (SORPRESO e ALMEIDA, 2010b); a relação entre Física e dia a dia ou o cotidiano é entendida como exemplificação de artefatos tecnológicos em sala de aula (ALMEIDA e SORPRESO, 2009); o cotidiano do aluno se restringiria às atividades que eles realizam rotineiramente (SORPRESO e ALMEIDA, 2010a; ALMEIDA e SORPRESO, 2009). Consideramos então que discutir como surge a abordagem e como isso está associado aos seus objetivos e suas práticas, ajuda-nos a restringir a produção de sentidos para alguns elementos da própria abordagem. Ou seja, com a introdução do surgimento do movimento CTS na unidade, procuramos circunscrever os sentidos produzidos pelos estudantes de licenciatura a uma formação discursiva indicando-lhes as “origens” desses discursos.

A introdução do contexto histórico, outrossim, permite-nos deslocar a primazia dos vestibulares como objetivo do ensino, elemento presente nos discursos dos estudantes de licenciatura (SORPRESO e ALMEIDA, 2010a), já que o próprio surgimento da abordagem está associado a questões extraescolares. Inclusive, o texto expõe que os projetos para o ensino de Ciências, vigentes antes do surgimento do movimento CTS, orientavam-se também para a realização de testes e exames. Quisemos, com essa introdução, novamente, diminuir a ênfase no interior da escola para aumentar o enfoque nas questões sociais que dão sentido ao surgimento do movimento e da abordagem CTS.

Ressaltamos ainda que as concepções dos estudantes de licenciatura sobre Ciência usualmente implicam considerá-la neutra, boa, uma verdade a ser descoberta (ALMEIDA e SORPRESO, 2009). A abordagem do surgimento histórico do movimento CTS possibilitaria fazer uma crítica ao rumo “real” que a Ciência estava tomando socialmente, e auxiliaria os estudantes a observarem os rumos educacionais “reais” do ensino de Física, favorecendo a construção de ideias mais críticas sobre a Ciência e o papel da escola na sociedade.

De forma geral, com essa introdução, pretendíamos que a atribuição de sentidos para elementos da abordagem ocorresse associada aos contextos sociais, históricos e

educacionais de surgimento do movimento CTS. Queríamos que as próprias discussões geradas a partir do texto servissem como forma de questionamento de algumas das concepções dos estudantes, possibilitando, assim, suas reflexões. Para reforçar essa análise dos estudantes de licenciatura sobre suas próprias concepções, apresentamos a síntese das respostas dos licenciandos para as questões 9 a 12 do questionário inicial, procurando contrastar suas ideias com os elementos do texto que seria discutido em seguida.

Sétima aula

Ao final da aula anterior, pedimos aos estudantes que lessem em casa os textos de Pena (2006); de Souza-Cruz (1987) e de Teixeira (2003a) e que entregassem por escrito, na aula seguinte – sétima aula – suas dúvidas e as ideias principais dos textos.

Na sétima aula da disciplina, 13 de setembro de 2011, foi realizada uma discussão com os estudantes de licenciatura sobre os trabalhos entregues na aula anterior, referentes ao texto de Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001). Além disso, foram discutidos os três textos recomendados para serem lidos em casa para esta aula.

Os estudantes de licenciatura terminaram ainda, nessa aula, a atividade de análise de materiais, iniciada na aula anterior. Nesse momento, a pesquisadora comentou com cada grupo o andamento da atividade, orientando a continuidade das análises.

O texto de Pena (2006) foi escolhido para ser analisado, pois ele aborda algumas justificativas apresentadas por pesquisadores da área de ensino de Ciências para a introdução da Física Moderna e Contemporânea e, assim, os estudantes poderiam compreender a necessidade e os objetivos dessa introdução. Foram ressaltados, no texto, os pontos de convergência com a abordagem CTS, por exemplo: a compreensão de aparelhos, artefatos e fenômenos cotidianos associados a conceitos estabelecidos após o século XX; o entendimento do mundo criado pelo homem atual; a compreensão da realidade social e a formação para a cidadania; o reconhecimento da Física como empreendimento humano e a diminuição de abordagens essencialmente formalistas.

Utilizamos o texto de Souza-Cruz (1987) como um exemplo de material didático que poderia ser utilizado em uma prática CTS. O texto foi escrito no ano em que ocorreu o

famoso acidente radioativo de Goiânia. O autor parte desse problema real vivido em 1987 para esclarecer a população sobre alguns conteúdos associados à radioatividade e pertinentes à compreensão do problema ocorrido naquela capital. São abordados conteúdos técnicos sobre a radioatividade, porém o autor deixa claro que o entendimento completo do problema merece outras discussões científicas e sociais¹³. Durante a discussão com os estudantes procuramos identificar e ressaltar características CTS presentes no texto.

Já o texto de Teixeira (2003a) explora algumas convergências entre a abordagem CTS e a pedagogia histórico-crítica desenvolvida por Demerval Saviani¹⁴. Nós o introduzimos na unidade de ensino para que pudéssemos explorar as relações entre escola/ensino de Física e sociedade, que passaremos a discutir a seguir.

e. Ensino de Física e Sociedade

Apesar de a preocupação com a abordagem CTS ter se acentuado em 1980 (SOUZA-CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001), ainda hoje ela não é uma prática comum em salas de aula (RICARDO, 2007). Ao apontar os obstáculos e os limites da abordagem CTS para o contexto educacional brasileiro, Ricardo (2007) considera que haveria grande distância entre as propostas CTS e as práticas efetivas em sala de aula, de forma que é possível observar a transferência da metáfora CTS para o ensino sem que ocorra real modificação das práticas escolares. O autor argumenta que haveria a reprodução de práticas escolares originadas nas vivências escolares e sociais dos professores e que elas estariam em desacordo com as ideias da abordagem CTS.

München e Auler (2007) acompanharam o desenvolvimento do trabalho CTS realizado por professores na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e procuraram identificar os desafios a serem enfrentados na abordagem de temas de relevância social sob o ponto de vista desses professores. No que se refere às vivências anteriores dos professores como obstáculos para o trabalho CTS, eles apontaram que haveria influência da tradição

¹³ Uma descrição mais detalhada deste texto (SOUZA-CRUZ, 1997) é feita no item “Materiais de Ensino e Conteúdos” a seguir, ainda neste mesmo capítulo (Articulação da Unidade de Ensino).

¹⁴ O resgate histórico sobre as teorias pedagógicas que fazem parte do contexto educacional brasileiro, dentre elas a pedagogia histórico-crítica, é utilizado como referencial teórico deste trabalho, exposto no capítulo “Referencial teórico – metodológico”.

curricular tecnicista nas suas práticas docentes. Essa influência estaria principalmente associada com a excessiva preocupação dos professores sobre “como fazer” em detrimento do “porque” e “o que fazer”. Os autores afirmam que a mudança desse olhar implicaria o aumento da autonomia dos professores.

Assim como Ricardo (2007), Silva e Carvalho (2009) afirmam que, apesar de os professores indicarem que são necessárias modificações em suas práticas, eles não as realizam, ou seja, embora alguns considerem as abordagens como a CTS essenciais ao ensino, eles não as efetivam.

Silva e Carvalho (2009), pesquisando as concepções de estudantes de licenciatura em Física sobre o ensino e os obstáculos que eles enfrentaram ao procurar abordar a temática ambiental em sala de aula, consideram que suas visões educacionais e de mundo interferem em suas concepções sobre a abordagem CTS. Esses autores também apontam algumas concepções equivocadas dos professores sobre o trabalho científico, como por exemplo, a consideração de que um ensino com abordagem CTS poderia ser um ensino menos exigente.

Não menos importantes para a efetivação de práticas CTS são os obstáculos associados a elementos estruturais, dentre eles: a desvalorização salarial e indisponibilidade de tempo do professor para preparação de atividades (MUENCHEN; AULER, 2007; SILVA; CARVALHO, 2009); a falta de empenho e união de governos e de comunidades escolares (PINHEIRO et al, 2007); a prática de importação de modelos curriculares sem a devida adaptação para o contexto nacional (PINHEIRO et al, 2007).

Assim, o distanciamento entre os elementos apontados como necessários pela abordagem CTS e o que é praticado em sala de aula nem sempre está relacionado com fatores exclusivos do ensino de Física, mas sim, às concepções educacionais de professores e às dificuldades estruturais reais vividas por esses profissionais em sala de aula.

Além disso, observamos que, usualmente, estudantes de licenciatura também se preocupam com elementos mais práticos do ensino em detrimento de reflexões

associadas à coordenação entre as práticas de ensino e os objetivos educacionais (ALMEIDA et al. 2009).

Também percebemos que as concepções dos estudantes de licenciatura sobre as relações entre escola e sociedade, de forma geral, e entre ensino de Física e sociedade, de forma particular, interferem nas suas produções de sentido associadas ao ensino de Física e suas práticas (SORPRESO e ALMEIDA, 2010b). Observamos ainda que problemas estruturais como escolas sem laboratórios, pouco tempo para o professor planejar e realizar seu trabalho, carência de materiais, dentre outros, são elementos considerados limitantes de práticas CTS, não apenas por pesquisas da área de ensino de Ciências, mas pelos estudantes de licenciatura em formação inicial (SORPRESO; ALMEIDA, 2010a).

No capítulo “Referencial teórico-metodológico”, apresentado neste trabalho, consideramos que o imaginário dos estudantes de licenciatura interfere nas suas atribuições de sentidos. Assim, muitos desses obstáculos para as práticas CTS associam-se com a forma como os estudantes de licenciatura compreendem a escola e o seu papel. Esse nosso embasamento teórico permeia toda a unidade de ensino constituída. No entanto, consideramos essencial discutir explicitamente com os estudantes elementos associados a questões educacionais mais gerais e como esses elementos poderiam conectar-se com o ensino de Física.

Em nosso referencial teórico, consideramos que a escola é socialmente localizada e tem seu papel nas mudanças sociais agindo sobre os sujeitos da prática. Nesse sentido, não procuramos minimizar as reais dificuldades encontradas por professores no contexto escolar, mas pensamos ser necessário que os educadores reflitam sobre os limites das transformações no espaço escolar e, principalmente, que compreendam que as próprias modificações escolares agem sobre a lógica social que condiciona o contexto escolar. Ressaltamos que não acreditamos que o professor pode lidar com os problemas estruturais da escola dentro da sala de aula e resolvê-los, mas ele pode olhar de forma crítica para a associação entre esses problemas estruturais da escola e a relação que eles têm com os conteúdos e as práticas desenvolvidas em sala de aula, sem considerá-los apenas como elementos limitantes. É importante que o professor entenda até que ponto

a escola é limitada e quais são as possibilidades de sua ação sobre a sociedade, inclusive buscando mudanças para a própria condição da escola e de seus profissionais.

Ainda em concordância com a própria abordagem CTS e nosso referencial teórico, reiteramos que a formação do professor deve objetivar um educador crítico e autônomo. Nesse sentido, ele deve ser capaz de associar o trabalho com conteúdos e práticas específicas em sua sala de aula com elementos educacionais mais gerais, ambos socialmente localizados. O próprio professor deve compreender sua prática como prática social.

Assim, o texto de Teixeira (2003a) foi um recurso valioso para incluir na unidade de ensino um momento de discussão e de reflexão sobre o papel da escola na sociedade, sobre o papel do ensino de Física e a ligação entre os objetivos dessa disciplina e teorias educacionais mais gerais.

Nona aula

Na aula anterior, 20 de setembro de 2011, os licenciandos haviam realizado uma avaliação escrita da disciplina.

Na nona aula, 27 de setembro de 2011, retomamos o plano de curso para explicar como seria o desenvolvimento dos planejamentos de ensino que os estudantes deveriam elaborar sobre a Física Nuclear com abordagem CTS. Foi-lhes informado que a unidade de ensino deveria contemplar assuntos relacionados ao tema Energia Nuclear, com abordagem CTS, preferencialmente. A redação do trabalho escrito sobre esse planejamento deveria compreender embasamento teórico proporcionado por, pelo menos, dois textos da bibliografia discutidos na disciplina. Também foi esclarecido que os estudantes de licenciatura não precisariam utilizar apenas a abordagem CTS. Os trabalhos seriam realizados em duplas para que eles discutissem a elaboração, mas a entrega e a apresentação das unidades seriam individuais.

Já nessa aula, os estudantes iniciaram os planejamentos com o auxílio de um questionário, cujas respostas deveriam ser discutidas em duplas e entregues por escrito no final da aula. Esse questionário, apresentado na Tabela 5, serviria para auxiliá-los na elaboração dos planejamentos e para nós avaliarmos a execução deles.

Com esse instrumento esperávamos que os licenciandos pudessem refletir sobre os elementos necessários à elaboração de planos de ensino, sua adequação à abordagem proposta e sobre suas próprias concepções a respeito da natureza da Ciência, da abordagem CTS, da Física Nuclear e do ensino de Física. Com a aplicação do questionário também pretendíamos orientar os licenciandos no que diz respeito a elementos práticos e sua relação com elementos teóricos, como por exemplo, a escolha de conteúdos, de materiais e de atividades de ensino. Também pretendíamos que, nesse momento, os licenciandos pudessem explicitar e sanar dúvidas sobre elementos discutidos na disciplina.

Tabela 5: questionário auxiliar para o planejamento das unidades (Q2)

Contribuições para Constituição da Unidade de Ensino
1.Grupo (nome dos integrantes do grupo)
2.Que concepções sobre Ciência, o grupo pretende ajudar os estudantes a construir?
3.Quais são as principais ideias sobre ensino e aprendizagem que sustentam o trabalho do grupo?
4.No que consiste a abordagem CTS? O que o grupo sabe (revisão bibliográfica) sobre como a estratégia escolhida vem sendo utilizada no ensino de Ciências em particular da Física?
5.O grupo pretende enfatizar algum (ou alguns) aspecto(s) específico(s) dessa abordagem? Qual (quais)? Por quê? Como o grupo pretende enfatizar esse(s) aspecto(s)?
6.Qual a importância das questões nucleares: a) na Física b) no ensino da Física em nível médio?
7. O grupo considera que a abordagem CTS seria adequada para tratar da questão nuclear com estudantes do Ensino Médio?Por quê?
8.Quais itens (subtítulos que serão desenvolvidos no seminário) sobre questões nucleares devem ser trabalhados com os estudantes de Ensino Médio? Justifiquem.
9.Quais materiais/recursos o grupo pretende utilizar?
10.Quais os objetivos que o grupo pretende atingir com a unidade de ensino elaborada?
11.Quais atividades serão desenvolvidas para que o grupo atinja os objetivos pretendidos?
12.Quais conteúdos serão mediados para que o grupo atinja os objetivos pretendidos?
13.Como o grupo pretende avaliar se os objetivos foram atingidos?
14.Quais as atuais dificuldades do grupo (ou que o grupo imagina que podem acontecer) na elaboração do planejamento e na execução da unidade?
15.Quais dúvidas o grupo gostaria de sanar antes de executar o planejamento e a unidade?

Fonte: elaborado pelo autor.

Décima aula

Na décima aula da disciplina, 04 de outubro de 2011, a pesquisadora realizou uma apresentação sobre o tema “Escassez de Energia: foco na densidade de energia nuclear” com enfoque CTS. Antes de iniciá-la, ela explicitou e discutiu com os licenciandos os fundamentos que a embasaram e os elementos que a constituíam: objetivos gerais; objetivos específicos; conteúdos abordados; premissas CTS enfatizadas; concepções de Ciência; concepções de ensino e metodologia. Essa explicitação inicial evidenciou alguns

elementos que já estavam sendo pensados pelos licenciandos para a elaboração dos planos de ensino, por meio do questionário realizado na aula anterior.

A apresentação realizada corresponde ao segundo capítulo deste trabalho, “Energia Nuclear”, que apresentamos aqui de forma sintética:

Iniciamos retomando com os estudantes a discussão das notícias da mídia e do documentário Home (evidenciados inicialmente na unidade de ensino). Procuramos enfatizar a relação entre as questões discutidas na mídia (problemas ambientais e energéticos) e a energia nuclear. Tentamos esclarecer que a energia nuclear poderia ser abordada a partir de diversos elementos expostos, mas que, naquele momento, seria abordada apenas uma dessas conexões, a densidade de energia nuclear.

Em seguida, foram levantadas algumas controvérsias sobre a escassez de combustíveis na atualidade, enfatizando o consumo de energia; a diminuição das reservas de petróleo; a associação entre desenvolvimento social e consumo de energia; as projeções de aumento populacional; e a participação de fontes no fornecimento de energia mundial atual.

A seguir, a pesquisadora questionou os licenciandos quanto à relação que eles estabeleciam sobre os elementos apresentados e o papel da energia nuclear. Em seguida, foram apresentadas algumas vantagens da energia nuclear como possível solução para o problema da escassez. Dentre elas, foi apresentado um quadro da densidade de energia de diversas fontes, a partir do qual pode ser observado que a densidade de energia nuclear é consideravelmente superior à de qualquer outra fonte de energia.

A pesquisadora justificou que a densidade de energia nuclear é superior às densidades de outras fontes, centralizando a argumentação na explicação da estrutura do átomo concentrando grande parte da massa no núcleo, na possibilidade de liberar essa energia obtida teoricamente, em 1905, por meio da equação $E=mc^2$ e na efetiva liberação de energia graças à fissão de materiais radioativos por meio da reação em cadeia.

Após a explanação das vantagens da utilização da energia nuclear, a pesquisadora elencou as suas desvantagens no que diz respeito à possibilidade de solução do problema da escassez de energia, centralizando a apresentação no alto custo e consumo de energia

para a extração de urânio, na construção de usinas, no acondicionamento e manutenção dos materiais radioativos e no descomissionamento das usinas. Também foram discutidos os problemas associados ao tempo gasto para construção e o tempo de funcionamento das usinas, os problemas e os custos associados aos acidentes nucleares e o fato de que os investimentos em energia nuclear retardam os investimentos em outras formas de energia.

Por fim, foram levantadas questões e propostas atividades que poderiam ser respondidas/realizadas por estudantes do Ensino Médio, e outras que deveriam ser respondidas pelos licenciandos. Uma das atividades, por exemplo, que poderia ser solicitada para os estudantes, foi a redação de uma carta para um colega contando sobre a apresentação. A pesquisadora pediu que os licenciandos realizassem essa atividade em casa e entregassem-na na aula seguinte. Também foi solicitado que os licenciandos entregassem por escrito, na aula seguinte, as respostas às questões do quadro reproduzido na Tabela 6.

Tabela 6: atividade de avaliação da apresentação sobre densidade de energia nuclear (Q3)

Questões sobre a apresentação
1. Quais as vantagens e as desvantagens de trabalhar energia nuclear dessa forma com estudantes do Ensino Médio?
2. Dúvidas, concordâncias e discordâncias.
3. Opiniões, críticas e sugestões.

Fonte: elaborado pelo autor.

O objetivo de realizar essa apresentação, além de explicitar elementos que devem ser pensados na constituição de um planejamento de ensino, foi proporcionar aos estudantes uma experiência com abordagem CTS. Além disso, pretendíamos reforçar três noções da abordagem CTS que consideramos muito importantes: Ciência e Tecnologia não devem ser tomadas como fornecedores privilegiados de critérios para a tomada de decisões; a não neutralidade da Ciência; e a interdisciplinaridade. Passaremos a discutir esses elementos a seguir.

f. Vivência de experiência CTS

A revisão bibliográfica sobre a abordagem CTS, anteriormente apontada nesse trabalho, levou-nos a constatar que os professores encontram dificuldades para efetivá-la na prática. Dentre outros fatores, essas dificuldades também estão associadas às vivências anteriores desses professores, as quais não se adequariam à prática CTS (MUENCHEN; AULER, 2007; RICARDO, 2007; SILVA e CARVALHO, 2009).

Observamos em trabalhos anteriores, que, na formação inicial de professores, a fragmentação entre forma e conteúdo realizada por estudantes de licenciatura apresenta-se como um obstáculo para a efetivação de práticas CTS. Assim como Ricardo (2007), percebemos que os futuros professores utilizam metáforas CTS, mas não efetivam essa prática. Eles reproduzem justificativas e objetivos teóricos dessa abordagem, mas, na concretização de trabalhos práticos com a abordagem, eles acabam por reproduzir um tipo de ensino que vivenciaram, que não se adequaria à abordagem (ALMEIDA et al, 2009; SORPRESO e ALMEIDA, 2009; SORPRESO, 2008).

Também notamos que os estudantes de licenciatura consideram que abordagens diferenciadas ao tipo de ensino que eles vivenciaram e conhecem são consideradas apenas como motivadoras e interessantes, porém eles não julgam que abordagens, como a CTS, comportam tipos de ensino específico sobre a Ciência (ALMEIDA et al, 2009; ALMEIDA et al, 2010; SORPRESO, 2008;).

Dentre os obstáculos apontados por eles, estão as dúvidas de como efetivar, na prática, a abordagem CTS (SORPRESO; ALMEIDA, 2010b), por exemplo, como proceder nas formas de avaliação (SORPRESO; ALMEIDA, 2010a) e com os materiais de ensino.

Dentre os materiais revisados nessa pesquisa, que se referiam à Física Nuclear, constatamos que alguns deles, mesmo que apresentem aspectos associados a elementos sociais, muitas vezes o fazem de forma fragmentada, ou seja, apresentam itens que se referem a conteúdos específicos de Física e a outros itens isolados que se referem às questões sociais. Essa fragmentação, se por um lado dificulta a efetivação prática da abordagem CTS pelo professor, já que não há materiais “prontos” para serem utilizados

nessa abordagem, por outro lado é positiva, pois obriga o professor a estruturar de forma mais autônoma seu próprio trabalho.

Assim, a proposta para que os estudantes vivenciassem uma prática CTS pretendia interferir em suas concepções, diminuindo a tendência à fragmentação entre forma e conteúdo e esclarecendo suas dúvidas sobre como realizar essa abordagem. Queríamos que fosse minimizada a tendência dos futuros professores a reproduzir práticas de ensino que haviam vivenciado anteriormente.

Além disso, desejávamos que essa experiência de ensino CTS delimitasse as produções de sentidos dos estudantes de licenciatura a respeito de algumas noções teóricas discutidas de forma mais abstrata, durante a disciplina, em especial as três noções, cujos significados e importância expomos a seguir.

g. Ciência, Tecnologia e a tomada de decisões.

A partir de revisão bibliográfica sobre a abordagem CTS, observamos que diversos trabalhos preocupam-se com o fato de que usualmente elementos advindos da Ciência e da Tecnologia são utilizados como critérios privilegiados para a tomada de decisão (AULER, 2007; DIAS et al., 2006; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al., 2010;).

Dois desses artigos afirmam que a ciência e a tecnologia são consideradas socialmente como mitos ou entidades divinas, fazendo com que a lógica científica seja prioritária na tomada de decisões em detrimento de valores mais humanos (SANTOS, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al., 2010). Watanabe-Caramello et al. (2010, p.3401-3402) criticam a consideração de que a ciência é “vista como detentora de um saber incontestável, eficaz, confiável e superior, somente ela tem o poder de dizer o que é justo e melhor para todos”.

Santos (2007) considera que a ênfase e a crença social nos aspectos técnicos científicos influenciaria nosso modo de vida de forma que utilizamos mais a lógica científica na tomada de decisões do que valores humanos, emocionais, afetivos, ou estéticos. Grande parte dos indivíduos de nossa sociedade crê que os problemas da modernidade podem ser resolvidos, apenas, por meio da Ciência e da Tecnologia.

Um dos artigos afirma ainda que essa crença serviria como ferramenta ideológica, consolidando interesses capitalistas e a tecnocracia (SANTOS, 2007). Esse aspecto também estaria associado a uma concepção de ciência neutra, que é criticada por Ricardo (2007), reforçando a tomada de decisões tecnocráticas.

Para lidar com a questão da (não) neutralidade da Ciência, Watanabe-Caramello et al. (2010) recomendam a análise do contexto da produção científica, pois, quando se observa seu desenvolvimento em face ao entorno econômico, cultural, social, etc. do qual ela herda valores, é possível perceber que a Ciência é uma construção social.

Alguns artigos ressaltam que os elementos oriundos das ciências exatas são importantes na abordagem de assuntos CTS, mas os elementos técnico-científicos não devem ser os únicos utilizados para que não sejam implicitamente tomados como privilegiados em detrimento dos elementos pertencentes às ciências humanas (DIAS et al, 2006; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007).

Auler (2007) recomenda a interdisciplinaridade na abordagem dos temas como forma de utilizar os pontos de vista específicos das diversas disciplinas nas análises, nas discussões e nas buscas de soluções para problemas sociais. Essa abordagem permitiria a integração entre ciências humanas e exatas, sem que qualquer um dos campos fosse priorizado.

Apesar de avanços significativos na busca de superação da fragmentação disciplinar, o estudo, a análise de temas, apenas do ponto de vista das assim chamadas ciências naturais, pode resultar numa recaída cientificista. Os alunos, analisando temas sociais marcados pela dimensão científico-tecnológica, unicamente a partir do ângulo das ciências naturais, poderão construir a compreensão de que tal campo é suficiente para compreender e buscar soluções para problemas sociais. Em outros termos, tentar resolver um problema, desvinculando-o das relações sociais em que se configura, de forma apenas técnica, via aumento de conhecimentos técnico-científicos, pode significar um retorno à tecnocracia. (Auler, 2007)

Dada a necessidade de rompimento com a confiança generalizada da população na tomada de decisões tecnocráticas, apontada por artigos de pesquisa da abordagem CTS, optamos por abarcar essa visão na apresentação sobre escassez de energia realizada na unidade de ensino.

Esse elemento foi apontado explicitamente durante a explanação, a qual foi estruturada de forma a deixar claro que os elementos técnicos da Física são relevantes para a tomada de decisões associadas às questões energéticas e ambientais, mas não são os únicos relevantes.

h. Não neutralidade da Ciência

A não neutralidade da Ciência, já citada no item anterior e no referencial teórico deste trabalho, também foi abordada em diversos dos artigos sobre a abordagem CTS revisados nesta pesquisa (AULER, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; LINSINGEN, I., 2007; PINHEIRO, 2010; PINHEIRO et al, 2007; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007; SILVA; CARVALHO, 2007; SILVEIRA; BAZZO, 2009; WATANABE-CARMELLO et al., 2010;).

Alguns deles afirmam que a concepção de Ciência neutra origina-se associada ao positivismo e à ideia de ciência como busca da verdade (RICARDO, 2007; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Socialmente essa visão teria sido reforçada por cientistas e por governos para obter financiamentos e legitimar atividades científicas, mesmo que ligadas a empreendimentos como a guerra, por exemplo. Um dos autores afirma que, ainda hoje, essa visão seria promovida por cientistas (LINSINGEN, I., 2007).

Silveira e Bazzo (2009, p. 685) apontam que as origens políticas da ideia de Ciência autônoma teriam raízes na Segunda Guerra Mundial:

[...] época em que havia intenso otimismo sobre as possibilidades da ciência/tecnologia e apoio incondicional à sua expansão. A elaboração doutrinária desse manifesto de autonomia em relação à sociedade deve sua origem a Vannevar Bush, um cientista norte-americano envolvido no Projeto Manhattan para a construção da primeira bomba atômica. Nesse mesmo período, o cientista também entrega ao então presidente Truman o relatório Science – The Endless Frontier (“Ciência: a fronteira infinita”). Nesse relatório, são definidas as linhas mestras da futura política científico-tecnológica norte-americana, destacando o modelo linear de desenvolvimento, ou seja, que o bem-estar nacional depende do financiamento da ciência básica e o desenvolvimento sem interferências da tecnologia, defendendo que, para que o modelo funcione, é necessário manter a autonomia da ciência.

As críticas à concepção de neutralidade, por sua vez, teriam surgido concomitantemente ao movimento CTS, enfatizando os impactos sociais e os desastres

associados à ciência, como, por exemplo, as bombas nucleares no contexto do projeto Manhattan e a destruição ambiental (AULER, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Dentre os artigos que discutem essa questão, todos atribuem à ciência, e alguns à tecnologia (AULER, 2007; RICARDO, 2007; SILVEIRA e BAZZO, 2009), o caráter de não neutralidade. A Ciência é considerada como produção social, de forma que estaria associada à estrutura na qual está imersa e refletiria interesses políticos, econômicos, éticos, profissionais e pessoais; ideologias; valores morais e convicções religiosas.

Já no caso específico da tecnologia, Silveira e Bazzo (2009) afirmam que a tecnologia moderna nasce quando o estudo da técnica alia-se à ciência a serviço do poder político e econômico, não podendo ser analisada fora do modo de produção, tal qual presente na obra de Karl Marx.

Alguns autores afirmam que ciência e tecnologia estariam associadas com lucros e interesses das classes dominantes (PINHEIRO et al, 2007; SILVEIRA; BAZZO, 2009;), relacionadas à estrutura social na qual estão inseridas (AULER, 2007), também seriam formas de organizar e de perpetuar tais estruturas (SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Essa visão da não neutralidade associa-se às ideias:

- de que ciência e tecnologia seriam os motores do progresso, assim seu desenvolvimento nos levaria inexoravelmente ao estado de bem-estar social (PINHEIRO et al., 2007; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007);
- de tecnologia, considerada como ciência aplicada, causadora de impactos sociais enquanto a ciência pura não (SILVEIRA ; BAZZO, 2009);
- de tecnocracia: o especialista é o indivíduo indicado para tomar decisões de modo eficiente e ideologicamente neutras (AULER, 2007; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007)

No ponto de vista de alguns autores, a crença social na neutralidade da ciência, aliada às comodidades diárias (muitas delas originadas por influência de aparatos cuja criação foi permitida também pela Ciência e Tecnologia), causaria um efeito paralisante na população e excluiria a possibilidade de redirecionamento da Ciência e da Tecnologia por valores mais humanos (AULER, 2007; PINHEIRO et al., 2007; RICARDO, 2007).

No que diz respeito ao ensino, um dos trabalhos afirma que a concepção de Ciência neutra estaria implícita nos currículos que buscam a formação de minicientistas valendo-se do treino do “método científico” (SANTOS, 2007).

Silva e Carvalho (2007) afirmam que o currículo CTS possibilita a compreensão da atividade científica como construção social, de forma que Ciência e Tecnologia passam a ser vistas como processos e/ou produtos sociais nos quais, além dos valores técnicos, há também os valores morais, as convicções religiosas, os interesses profissionais e pessoais, dentre outros.

Pinheiro et al (2007) consideram a necessidade de que a população conheça a Ciência e a Tecnologia, além de seus aspectos técnicos, para poder questioná-las e decidir de forma autônoma os seus rumos sociais. Para eles, isso implica que o ensino de Ciências aborde mais do que a mera repetição de leis e fenômenos, incluindo a reflexão sobre o uso político e social do conhecimento científico e tecnológico.

Alguns artigos apresentam materiais ou pesquisas considerando que práticas CTS permitem a abordagem da Ciência como construção social. Um deles recomenda a visita de estudantes aos laboratórios de pesquisas para que eles entrem em contato com sua produção (WATANABE-CARAMELLO, 2010). Outro aconselha a leitura de Mangás, considerando que esse recurso veicularia uma visão de aplicação social da ciência associada com aspectos éticos e morais (LINSINGEN, L., 2007). Outro apresenta resultados de que a prática CTS teria possibilitado o rompimento dos estudantes com a concepção de que a Ciência nos levaria invariavelmente ao bem-estar social e à superação de posicionamentos simplistas de que ciência e tecnologia seriam boas ou más (CARLETTO; PINHEIRO, 2010).

Dadas as implicações sociais da visão de que a Ciência e a Tecnologia seriam instituições desenvolvidas de forma neutra, apontadas pelos artigos revisados, consideramos necessário incluir esse aspecto na apresentação realizada sobre Energia Nuclear. Esse elemento esteve presente principalmente nas considerações associadas às atuais implicações sociais da Energia Nuclear e foi também considerada, porém de forma

menos evidente, no que se referiu à retomada histórica do desenvolvimento da Física Nuclear.

i. Interdisciplinaridade e conteúdos específicos

Diversos dos trabalhos CTS revisados, abordam a interdisciplinaridade, porém atribuem e ela significados diferenciados (AULER, 2007; BERNARDO et al., 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; DIAS et al., 2006; LINSINGEN, I., 2007; MUENCHEN; AULER, 2007; PINHEIRO et al; 2007; SIQUEIRA-BATISTA et al., 2010; WATANABE-CARAMELLO et al., 2010).

Dentre os artigos revisados, dois deles consideram que a interdisciplinaridade não é necessariamente constituinte da abordagem CTS (DIAS et al., 2006 SIQUEIRA-BATISTA et al., 2010;) e três consideram que deve ser necessariamente superada a fragmentação disciplinar nessa abordagem (AULER, 2007; LINSINGEN, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al. 2010). Outros dois afirmam que o próprio movimento CTS teria caráter, origem ou desenvolvimento interdisciplinar ao abordar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e utilizar elementos provenientes de diversas disciplinas em suas análises, dentre elas: Filosofia, Sociologia, Economia e Educação (LINSINGEN, I., 2007; PINHEIRO et al, 2007).

Alguns dos artigos associam a interdisciplinaridade com a abordagem temática, afirmando que as diversas disciplinas interagiriam ao redor dos temas, cada uma proporcionando seu ponto de vista específico (AULER, 2007; MUENCHEN; AULER; 2007). Outros consideram que determinados temas são intrinsecamente interdisciplinares, como, por exemplo, energia (BERNARDO et al, 2007; DIAS et al, 2006) e nanociência/tecnologia (SIQUEIRA-BATISTA et al., 2010).

Alguns dos trabalhos compreendem a interdisciplinaridade como contribuição de elementos de disciplinas diversas nas discussões desenvolvidas no âmbito de uma única disciplina, sem necessariamente considerar a interação entre disciplinas ou entre os professores de diversas disciplinas (LINSINGEN, I., 2007; PINHEIRO et al, 2007; WATANABE-CARAMELLO et al, 2010;). Dentre as disciplinas apontadas como fonte de elementos interdisciplinares estão: Filosofia e História da Ciência, Sociologia e Tecnologia.

Outros compreendem a interdisciplinaridade como trabalho conjunto de diversos professores (AULER, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; MUENCHEN; AULER, 2007). Auler (2007) cita Delizoicov e Zanetic afirmando que “Ao invés do professor polivalente, a interdisciplinaridade pressupõe a colaboração integrada de diferentes especialistas que trazem a sua contribuição para a análise de determinado tema”Sn.

Dois dos trabalhos que consideram a interdisciplinaridade como trabalho conjunto entre professores apresentaram resultados de pesquisas em que foram desenvolvidos trabalhos coletivos. Num deles, os professores entenderam essa prática como positiva e necessária (CARLETTO e PINHEIRO, 2010). De acordo com os autores, as disciplinas foram entrelaçadas na prática e os professores estiveram bastante dispostos a realizar esse tipo de trabalho, participando de reuniões pedagógicas escolares que viabilizaram a execução do projeto:

Responder às perguntas da pesquisa só foi viável pela cooperação que se firmou entre as disciplinas, que passaram a usar uma linguagem mais próxima, pela participação das diferentes áreas nas discussões e planejamento e pelo espaço de uma manhã semanal que a instituição determinava no horário de todos os professores para discussão, estudo e planejamento.

Noutro, desenvolvido no âmbito da Educação de Jovens e Adultos, eles consideraram que a integração da comunidade escolar é uma tarefa difícil (MUENCHEN, AULER, 2007, p. 430)). Os autores afirmam que:

[...] para a superação do excesso da fragmentação presente no processo educativo, a condição fundamental é o encontro, o diálogo, a interação entre pessoas de formações distintas. E este é um grande desafio. Como alcançar, viabilizar a postura coletiva, solidária, se vivemos em um momento histórico marcado pelo progressivo individualismo, pela competição desenfreada?

Alguns desses trabalhos consideram que não há a necessidade de criação de novas disciplinas, mas tão somente a integração de disciplinas já existentes no currículo (MUENCHEN; AULER, 2007; PINHEIRO et al., 2007).

Em um dos trabalhos é realizada a análise de materiais de ensino voltados para a abordagem CTS (AULER, 2007). O autor observa que as propostas variam na apresentação de temas que contemplam desde uma até diversas disciplinas. Ele observa ainda que

alguns dos materiais que contemplam diversas disciplinas se restringem às Ciências Naturais, conservando alguma fragmentação. Por outro lado, alguns dos materiais conseguem atingir um máximo de interdisciplinaridade ao romper com a fragmentação entre disciplinas exatas e humanas de forma que umas não sejam privilegiadas em detrimento de outras. No caso de materiais que são articulados ao redor de temas oriundos das contradições da comunidade escolar, os campos disciplinares interagem em função dos temas e o êxito do trabalho residiria em um trabalho coletivo na escola.

Também foi apontado que, embora a interdisciplinaridade proporcione ao estudante uma visão de mundo mais integrada e complexa (CARLETTO; PINHEIRO, 2010), a formação disciplinar de professores é um obstáculo para a prática interdisciplinar (PINHEIRO et al, 2007).

Alguns dos trabalhos apresentam grande conexão entre o trabalho interdisciplinar e a abordagem de temas de relevância social (AULER, 2007; MUENCHEN; AULER, 2007).

Assim consideramos importante, com base nesses artigos revisados, o tratamento dos pontos de vista de diversas disciplinas para a abordagem de um mesmo tema de relevância social. Aspecto que também está associado, conforme apontado anteriormente, à diminuição da ênfase da Ciência e da Tecnologia como critérios exclusivos para a tomada de decisões.

No entanto, reputamos necessário que, em um tratamento interdisciplinar, cada disciplina abarque suas especificidades. Essa consideração concorda com o referencial teórico que utilizamos no que se refere ao desenvolvimento das Ciências, em particular da Física. Conforme discutido no item “Ciência e Sociedade” do capítulo “Referencial teórico-metodológico” deste trabalho, consideramos que as Ciências “criam” e desenvolvem seus objetos de trabalho, e sendo assim, o ensino de Ciências deve implicar o tratamento da especificidade dos objetos de cada Ciência. Esse aspecto nos faz considerar que o tratamento interdisciplinar deve se constituir de trabalho conjunto entre professores, sendo que cada um abarcaria as especificidades de sua disciplina – sem lhe conferir

maiores privilégios – mas manteria o diálogo com as outras, no tratamento de problemáticas sociais.

Além disso, percebemos, na revisão bibliográfica realizada, que a formação disciplinar dos futuros professores é apontada como obstáculo para a abordagem interdisciplinar. Acrescentamos que a formação dos estudantes de licenciatura que participariam dessa pesquisa também é feita de forma fragmentada e privilegia aspectos técnicos e específicos da Física. Sendo assim, o trabalho interdisciplinar é dificultado pela própria formação de professores, que é desenvolvida nos mesmos padrões e com praticamente mesmos conteúdos que o curso de bacharelado em Física.

Assim, durante a apresentação realizada sobre a Energia Nuclear procuramos abordar aspectos mais específicos do ensino de Física, e apontar as ligações do assunto que estava sendo trabalhado com outras disciplinas e áreas do conhecimento. Durante a explanação, reiteramos a importância de os estudantes realizarem futuramente um trabalho conjunto com outros professores para o tratamento de temas de importância social de forma a diminuir os privilégios da Ciência e da Tecnologia nas tomadas de decisões. Sendo a formação voltada para aspectos específicos da Física, esse trabalho conjunto auxiliaria os estudantes a estabelecer ligações com outras áreas.

Além disso, fizemos questão de explicitar que, em uma abordagem CTS, devem ser tratados elementos técnicos e formais específicos da Física. Procuramos com isso romper com a consideração usual dos estudantes de licenciatura de que esse enfoque implicaria apenas o tratamento de elementos sociais, filosóficos ou contextuais; ou ainda, que a abordagem CTS não abarcaria elementos formais e aspectos matemáticos da Física, descaracterizando assim essa disciplina. A ideia de que elementos técnicos e formais não fariam parte da abordagem CTS, de acordo com a opinião de licenciandos em Física, foi evidenciada em trabalhos anteriores que desenvolvemos na formação inicial de professores de Física (SORPRESO; ALMEIDA, 2010a; SORPRESO; ALMEIDA, 2010b).

Décima primeira aula

Iniciamos a décima primeira aula, 11 de outubro de 2011, com uma discussão sobre a apresentação realizada na aula anterior. Em seguida, os estudantes deram

continuidade aos trabalhos de planejamento com auxílio do questionário já apresentado. Além disso, nessa aula foram disponibilizados diversos materiais sobre a Física Nuclear e temas relacionados, e foi distribuída para os grupos uma tabela que continha a síntese de alguns desses materiais, seus conteúdos e suas características CTS¹⁵.

j. Materiais de ensino e seus conteúdos

Os materiais oferecidos aos estudantes correspondem aos materiais que selecionamos como fonte de pesquisa sobre conteúdos de Física Nuclear para a elaboração da unidade de ensino.

Desde o início da pesquisa, passamos a selecionar materiais que tivessem relação direta ou indireta com a Física Nuclear. Com o termo relação direta queremos dizer que o foco central do material era a Física Nuclear; com o termo relação indireta queremos dizer que o foco não era a Física Nuclear, mas eram discutidos também elementos dessa Física, ou temas que podiam estar associados com a problemática nuclear na atualidade, por exemplo, aquecimento global. A seguir descrevemos esses materiais apresentando a síntese de cada um.

Seis dos materiais são notícias¹⁶ associadas à Física Nuclear ou questão ambiental e 21 são materiais cujo tema central é a Física Nuclear. Seis discutem a Física Nuclear, mas os focos centrais são: cientistas envolvidos com a produção dessa Física (dois); energia de forma geral (três); meio ambiente (um). Seis são materiais cujos focos não são a Física Nuclear, mas temas associados: matrizes energéticas (dois); ambiente (três); ciência e tecnologia (um).

Dentre os materiais, cujo tema central é a Física Nuclear, alguns estão diretamente relacionados com questões sociais e eles são apresentados, a seguir, em ordem decrescente de publicação: Souza-Cruz, 1987; Rádio, 1988; Gardiner, 1993; Rosenkranz, 2006; Bermman, 2006; Baitelo, 2007; Galetti e Lima, 2010; Veiga, 2011; Guimarães e Mattos, 2011; Goldemberg e Lucon, 2011; Guia do estudante, 2011.

¹⁵ A tabela apresentada aos estudantes corresponde às sínteses das descrições dos materiais apresentadas no item "Materiais de Ensino e Conteúdos".

¹⁶ Não retomaremos as notícias, pois elas já foram citadas no capítulo "Energia Nuclear" apresentado neste trabalho.

No texto organizado por Veiga (2011), a discussão central refere-se à polêmica sobre a produção de energia nuclear na atualidade, em especial, associada à questão do aquecimento global, porém não se restringindo aos elementos ambientais. São apresentados três artigos, o primeiro introduz a problemática; no segundo, os autores se posicionam a favor da energia nuclear; e no terceiro, os autores se posicionam contra.

No primeiro artigo, o organizador apresenta uma síntese das polêmicas atuais sobre a energia nuclear e alguns conceitos que considera básicos para o entendimento subsequente (VEIGA, 2011).

No segundo texto (GUIMARÃES e MATTOS, 2011) de dois autores que estão envolvidos com a pesquisa e a produção de energia nuclear, é apresentada uma argumentação a favor do empreendimento e do desenvolvimento da indústria nuclear no Brasil e no mundo. Para isso eles discutem inicialmente, alguns problemas da atualidade como escassez de energia, emissão de gases estufa, mudanças climáticas; a seguir a necessidade, as possibilidades e os desafios da geração de energia nuclear para lidar com os problemas apresentados; e por fim, apresentam uma síntese procurando contrapor argumentos contra a energia nuclear.

No terceiro artigo (GOLDEMBERG e LUCON, 2011), cujos autores têm trabalhos associados com a questão da energia e do meio ambiente, é apresentada uma argumentação contra o empreendimento e o desenvolvimento da indústria nuclear em especial no Brasil. Para isso, eles discutem, inicialmente, alguns problemas sociais como a escassez de energia, o aquecimento global e o ressurgimento da energia nuclear. Em seguida, apresentam dados sobre a produção energética de diversas fontes no mundo; discutem o contexto de renascimento da energia nuclear; procuram rebater alguns argumentos de dois defensores da energia nuclear, mundialmente reconhecidos (James Lovelock e Patrick Moore); e por fim defendem que a energia nuclear não seria uma alternativa tão positiva para minimizar o aquecimento global, além de não ser viável em termos estruturais, econômicos e de segurança.

Quanto aos conteúdos específicos contemplados em Veiga (2011) estão conceitos básicos sobre fissão, fusão, enriquecimento de urânio e funcionamento de

usinas nucleares; aquecimento global; escassez energética; fontes de energia no Brasil e no mundo; relações entre questões energéticas e indicadores sociais; questões econômicas associadas à indústria nuclear; ciclo do urânio; emissão de dióxido de carbono; polêmica ambiental; segurança de usinas; elementos burocráticos e administrativos associados à indústria nuclear; lixo nuclear; bombas nucleares; acidentes nucleares; proliferação de armas, dentre outros.

Quanto a elementos CTS, observamos que a abordagem no texto não é exclusivamente técnica e científica: a Ciência é tratada de forma não neutra, sendo associada a elementos econômicos, sociais, políticos e ambientais, dentre outros; o tema é abordado exclusivamente por tratar-se de uma polêmica da atualidade e busca a reflexão do leitor para possibilidades de tomada de decisão. No terceiro artigo, é ressaltada a necessidade de discutir o empreendimento no contexto nacional. Observamos ainda que não há uma fragmentação entre elementos técnicos e elementos sociais, a articulação entre tais elementos é realizada de forma coerente, com argumentos claros que visam à compreensão do leitor, de forma geral, sobre a problemática.

O Guia do Estudante da editora Abril, publicado em 2011 (GUIA DO ESTUDANTE, 2011) aborda atualidades e, dentre elas, a apostila traz um dossiê nuclear. Nele são discutidos o programa nuclear iraniano, o significado do Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP), são apresentados os maiores desastres nucleares da história mundial, a possibilidade de utilização da alternativa nuclear para geração de energia e alguns elementos sobre o programa nuclear brasileiro.

Alguns dos conteúdos específicos contemplados nesse dossiê são: relações de poder entre EUA, Irã e Oriente Médio; regulamentação nuclear após os lançamentos das bombas de Hiroshima e Nagasaki; Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP) e o posicionamento brasileiro; discussão sobre direitos de domínio do ciclo nuclear; Agência Internacional de Energia Atômica e fiscalizações dos ciclos nucleares em diversos países; níveis de enriquecimento de urânio para produção de armas, medicina e produção de energia; relações econômicas associadas ao ciclo nuclear; relações entre Segunda Guerra Mundial e a questão nuclear; mapa da produção nuclear no mundo; acidentes de

Chernobyl, *Three Mile Island* e Goiânia; renascimento da indústria nuclear no contexto do aquecimento global; investimentos brasileiros na indústria nuclear.

Quanto aos elementos CTS, que pudemos identificar nessa apostila, observamos que os artigos apresentam, de forma sintética, o contexto mundial dos desenvolvimentos dos ciclos nucleares, abordando um tema de interesse social e global e são ressaltados elementos que não se restringem às questões técnicas. De modo geral, os artigos nos ajudam a compreender e a nos posicionar em relação à atual polêmica mundial ao redor da questão nuclear.

Galetti e Lima (2010) procuram explicar os fenômenos de fusão e fissão, suas aplicações tecnológicas e associações com alguns elementos sociais, principalmente a produção de energia. Para isso, os autores partem de uma perspectiva histórica, na qual apresentam elementos associados ao surgimento e aos desenvolvimentos iniciais da Física Nuclear e, ao mesmo tempo, explicam diversos aspectos associados aos fenômenos de fusão e fissão. Em um segundo momento, eles explicam detalhadamente como ocorrem os processos de fissão e fusão, incluindo elementos de caráter mais tecnológico referentes às usinas nucleares e aos reatores de fusão. Em um terceiro momento, os autores discutem elementos sociais associados à energia, em especial: consumo, projeções e necessidades futuras, demandas e recursos, acidentes nucleares e armas. Por fim, focalizam a energia nuclear, fissão e fusão, como perspectiva promissora para o fornecimento de energia mundial, dentre outras possibilidades.

Com relação aos conteúdos mais específicos abordados por Galetti e Lima (2010), vemos em perspectiva histórica: constituição da matéria, descoberta do urânio e da radioatividade, desenvolvimento das teorias sobre estrutura atômica e nuclear, tipos de radiação, experimento de Rutherford, nêutrons e prótons, forças nucleares, estabilidade e instabilidade nuclear, equivalência entre massa-energia e elementos de Física Quântica. Já em uma perspectiva com maior ênfase na tecnologia são abordados: fissão, reação em cadeia, massa-crítica, urânio fissionável e não fissionável, plutônio, enriquecimento, funcionamento de reatores nucleares, diferentes reatores nucleares, bomba nuclear, diferentes e futuras gerações de reatores de fissão, projeto Manhattan. Também em uma

perspectiva tecnológica, os autores discutem o estado atual da fusão controlada e os desafios futuros para esse tipo de produção de energia. São abordados: estabilidade de elementos leves, o quarto estado da matéria, fusão nas estrelas, bomba de hidrogênio, bomba mista de fissão-fusão, formas de confinamento do combustível de fusão. Para finalizar o texto, os autores abordam elementos sociais, dentre eles: relação entre energia e indicadores sociais (IDH, PIB, aumento populacional); fontes de energia (fósseis e renováveis) e suas participações na geração mundial; necessidade de investimento em novas fontes e eficiência energética; acidentes nucleares; rejeitos radioativos.

Já no que se refere aos elementos CTS identificados em Galetti e Lima (2010), consideramos que, ao abordar a relação entre energia e indicadores sociais, os autores dão indício de que a questão nuclear não se restringe apenas aos aspectos técnicos, mas exige o exame de outros parâmetros como os econômicos, e o desenvolvimento social, político, dentre outros. A não neutralidade da ciência restringe-se à suas implicações sociais já que não está claro, no texto, se há condicionantes políticos, econômicos, sociais na própria produção científica. A estrutura geral do texto poderia reforçar uma concepção linear da relação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade, já que, no início, é dada uma maior ênfase para explicações teóricas, no meio o enfoque está nos elementos tecnológicos e, no final, são apresentados condicionantes e consequências sociais. Por outro lado, na parte do texto em que a ênfase é tecnológica, os autores abordam a dependência mútua do desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

O texto não é estruturado de forma a procurar resolver ou abordar um tema de interesse social, apesar de elementos sociais serem discutidos no final do livro. O foco central do texto é a explicação dos processos de fissão e fusão e a partir daí derivam-se temas sociais consequentes. Observamos ainda que o texto é apresentado de forma fragmentada: elementos científicos e tecnológicos no início e elementos sociais no final, e não há, no decorrer do livro, uma grande articulação, em conjunto, desses elementos.

Em seu texto, a jornalista Rosenkranz, (2006) enfoca acidentes nucleares e problemas militares atuais para defender seu argumento de que a energia nuclear não seria uma boa alternativa para frear o aquecimento global. Para isso, ela discute alguns

acidentes que não chegaram ao conhecimento público. Ela considera que a questão da segurança é crucial para a possibilidade de desenvolvimento da indústria nuclear. Discute as formas de ataques militares que podem ocorrer em países que produzem energia nuclear e argumenta que todo programa nuclear “pacífico” é intrinsecamente militar. A autora também discute alguns elementos econômicos associados à energia nuclear e considera que a opção por essa forma de energia contra o aquecimento global seria uma escolha ingênua. Vale notar que a autora considera que os defensores das usinas nucleares utilizam o problema do aquecimento global para atenuar questões econômicas e ambientais associadas à sua produção.

Com relação aos conteúdos mais específicos, Rosenkranz (2006) aborda os acidentes de Chernobyl, *Three Mile Island* e o acidente de Paks na Hungria; segurança nuclear; perspectivas sobre as diferentes gerações de usinas nucleares e da fusão nuclear e suas relações com novas tecnologias; extensão da licitação de velhas usinas; possibilidades de ataques militares contra usinas nucleares; Tratado de Não Proliferação Nuclear; pontos comuns entre programas nucleares militares e pacíficos; reatores de plutônio; rejeitos radioativos; problemas da mineração do urânio; impossibilidade estrutural e econômica das usinas nucleares diminuírem o aquecimento global; altos custos do investimento nuclear; alternativas para o aquecimento global (eficiência, gás natural, energias renováveis, captura e sequestro de carbono); matrizes energéticas centralizadas e descentralizadas; necessidade de subsídio governamental para empreendimentos nucleares.

No que diz respeito à identificação de elementos CTS abordados em Rosenkranz (2006), vimos que, além de o tema ser de relevância social atual, a autora ressalta a necessidade de debates e decisões públicas sobre a questão nuclear. Na introdução da publicação é ressaltada a necessidade de que a questão nuclear seja discutida em seus contextos locais, porque, critica ela, usualmente as discussões sobre usinas nucleares ficam restritas aos especialistas e, propositalmente, não são levadas ao público em geral, em especial nos casos de acidentes.

Bermman (2006) considera que, com o ressurgimento do debate sobre energia nuclear, no contexto do aquecimento global, deve haver maior participação pública nessas discussões. Dessa forma, o autor procura discutir elementos associados à criação e ao desenvolvimento do programa nuclear brasileiro.

No que diz respeito aos conteúdos específicos, Bermman (2006) foca o contexto brasileiro e apresenta um histórico das atividades nucleares nacionais e as negociações com outros países. Aborda também a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Explica o ciclo nacional do combustível nuclear. Também discute o desenvolvimento nacional da Biologia e medicina nuclear, a produção termoelétrica nas usinas de Angra e o projeto brasileiro de Aramar.

Com relação aos elementos CTS identificados no texto de Bermman (2006), percebemos que a questão da não neutralidade é ressaltada, já que, dentre outros, elementos, o autor se preocupa com o fato de que argumentos técnicos associados ao aquecimento global têm sido utilizados pelos empresários para reascender a indústria nuclear. O autor, conforme apontado anteriormente, preocupa-se com a questão da tomada de decisões pública sobre a energia nuclear. Ressaltamos que o tema é de relevância social atual e o autor enfatiza elementos do contexto brasileiro para uma discussão local.

Baitelo (2007) escreve para a organização não governamental *Greenpeace*, que é internacionalmente reconhecida por seu combate contra a produção de energia nuclear. Nessa apostila, o autor procura apresentar diversos elementos sobre o ciclo nuclear no mundo e, em especial, no contexto brasileiro, para sustentar seu argumento de que esse tipo de fonte não seria uma boa alternativa para a diminuição das emissões de dióxido de carbono.

Com relação aos conteúdos específicos, a apostila (BAITELO, 2007) aborda: as questões legais associadas à construção de Angra 3; os custos de Angra 3; as possibilidades para a diminuição da emissão de gases estufa no Brasil; a matriz energética brasileira; os estudos e as pesquisas sobre emissão de gases estufa de usinas nucleares; o

ciclo da energia nuclear; as reservas brasileiras de combustível nuclear; o funcionamento de reatores nucleares; o rendimento de usinas nucleares; o gerenciamento de resíduos da produção de energia e da medicina nuclear; o descomissionamento de usinas; o consumo de energia no ciclo nuclear; os riscos de acidentes no ciclo nuclear; a produção de armas nucleares; os impactos da mineração do urânio; os acidentes nucleares não divulgados; o acidente de Goiânia; o controle das atividades nucleares no Brasil; o papel da Comissão Nacional de Energia Nuclear; as alternativas à energia nuclear e suas vantagens; o planejamento energético; a apresentação da metodologia utilizada para o cálculo das emissões de dióxido de carbono do ciclo nuclear.

Quanto aos elementos CTS, notamos que a publicação do *Greenpeace* (BAITELO, 2007), ao abordar elementos que não são exclusivamente técnicos e científicos na discussão sobre as usinas nucleares, não privilegia a Ciência e a Tecnologia como elementos para a tomada de decisões, procurando, dessa forma, problematizá-las. A neutralidade da ciência e da tecnologia é questionada, por exemplo, quando os autores argumentam que o desenvolvimento do ciclo nuclear não é necessário, mas estratégico, no caso brasileiro. O tema é abordado por sua relevância social no contexto brasileiro e os autores ressaltam a necessidade de uma tomada de decisão por parte da população e não apenas por especialistas.

O texto de Gardiner (1993) assemelha-se a um livro de histórias infantis com muitos desenhos e textos curtos. O autor procura apresentar alguns elementos básicos para sensibilizar os jovens e ajudá-los a compreender os problemas futuros que podem ser ocasionados pelos rejeitos da produção de energia e armas nucleares.

No que diz respeito aos conteúdos específicos, por meio da apresentação de pequenos textos e desenhos, Gardiner (1993) aborda, de forma simples, elementos como: radiação, fissão do urânio, etapas da mineração do urânio e cuidados a tomar, como é o coração de um reator, como deve ocorrer o transporte de rejeitos nucleares, blindagem e resfriamento, separação e reutilização de plutônio e urânio, acondicionamento de lixo nuclear e possíveis problemas de vazamento e contaminação, lixo de baixa radioatividade. O autor cita ainda alguns acidentes ocorridos na história nuclear.

Quanto aos elementos CTS identificados, julgamos que, apesar de se tratar de uma publicação de 1993, o livro trata de um tema de interesse social bastante atual. A ciência e a tecnologia são abordadas, porém fica claro que elas não devem ser privilegiadas na tomada de decisão sobre a questão nuclear, já que o texto foca os elementos ambientais que devem ser considerados.

O documentário produzido por Stone (RÁDIO, 1988) descreve os testes realizados pelo governo americano durante a guerra fria para avaliar os efeitos nucleares em organismos vivos e frotas bélicas (operação *Crossroads*). O documentário é narrado por um soldado que participou dos testes e que morreu, devido aos efeitos da radiação semanas após a filmagem, e pelo chefe da tribo dos Bikinianos, que foram obrigados a abandonar a ilha e nunca mais puderam voltar devido à contaminação ambiental.

Com relação aos conteúdos contemplados pelo documentário de Stone (RÁDIO, 1988) estão: fim da segunda guerra mundial; repercussões das bombas de Hiroshima e Nagasaki nos EUA; contexto político da guerra fria; operação *Crossroads* e sua cobertura por meio de filmagens e rádio; envolvimento de cientistas, políticos e militares; efeitos da radiação no organismo; impactos e poder de destruição de bombas.

No que diz respeito aos elementos CTS, o tema central do filme de Stone (RÁDIO, 1988) enfoca a questão da não neutralidade da ciência ao levar-nos ao contexto político e militar de desenvolvimento e investimentos iniciais em Física Nuclear. Apesar de não ser uma problemática da atualidade, ela tem relevância social ao explicitar e ao nos convidar a refletir sobre alguns dos interesses usualmente ocultados que podem acompanhar os empreendimentos nucleares, evidenciando, principalmente, que nem sempre a população tem acesso aos reais perigos aos quais é submetida.

Souza-Cruz (1987) discute o acidente de Goiânia. Em setembro de 1987 foi encontrado um equipamento hospitalar contendo césio radioativo. O equipamento foi violado e diversas pessoas foram contaminadas e expostas à radiação. Nesse artigo, publicado três meses após o acidente, o autor procura esclarecer alguns elementos da Física Nuclear associados ao episódio. Devido ao pânico, e à desinformação da população, o autor procura explicar conceitos de Física Nuclear para não especialistas.

No que diz respeito aos conteúdos específicos, Souza-Cruz (1987) inicia o artigo explicando o que é o núcleo atômico, porque alguns núcleos são estáveis e outros não, as radiações que são emitidas por núcleos instáveis e a meia-vida de emissão. Ele explica particularidades do núcleo do césio, como a radiação age no corpo humano, diferenças entre contaminação e irradiação. O autor também discute formas de proteção contra a radiação, como barreiras de proteção e acondicionamento de lixo radioativo.

Com relação aos elementos CTS identificados, percebemos que o tema do artigo (SOUZA-CRUZ, 1987) é originado com base em sua relevância social então atual. É importante notar que são contemplados os conteúdos de Física necessários ao entendimento do acidente. O texto também enfatiza as implicações sociais da Ciência, mas não aborda questões associadas à influência de outras áreas no desenvolvimento científico. Finalizando, o autor esclarece que o acidente de Goiânia transcende a aspectos puramente científicos, de forma que aspectos políticos e sociais também devem ser motivos de reflexão.

A seguir descrevemos materiais que ainda têm como foco principal a Física Nuclear, porém os aspectos técnicos são elaborados sem preocupação com as questões sociais (CARDOSO ; IPS GROUP, 1975; MARTINS, 1990; PASSOS e SOUZA, 2010; WILLIAMS, 1991).

O livro produzido por Passos e Souza (2010) é dividido em três partes. A primeira apresenta alguns fatos históricos associados ao surgimento e ao desenvolvimento da Física Nuclear no qual são abordados pequenos trechos da biografia dos cientistas envolvidos. A segunda parte compreende elementos teóricos associados à Física Nuclear cuja apresentação se assemelha àquela presente em livros didáticos de Ensino Superior. A parte final apresenta aplicações da Física Nuclear como medicina nuclear, energia, datação e irradiação de alimentos. O livro apresenta uma série de exercícios e exemplos resolvidos sobre os temas abordados.

Passos e Souza (2010) apresentam uma vasta gama de conteúdos sobre Física Nuclear. Apontamos alguns dos elementos contemplados: participação de cientistas na criação da Física Nuclear; processos nucleares; constituição do núcleo atômico;

estabilidade e instabilidade nuclear; alguns modelos nucleares; tipos de radioatividade; leis da radioatividade; equivalência massa-energia; decaimento, séries radioativas, meia-vida e vida média; efeitos biológicos da radiação; datação radioativa; fontes de energia; energia nuclear no Brasil; fusão nuclear; medicina nuclear; irradiação de elementos; armamentos nucleares; diluição isotópica; papel do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

No que diz respeito aos elementos CTS identificados na publicação de Passos e Souza (2010), observamos que a parte final do livro trata das aplicações da Física Nuclear e apresenta textos complementares que compreendem elementos com maior apelo social, por exemplo, a discussão do Acidente de Goiânia. A forma de constituição do texto talvez reforce uma visão linear das relações entre C-T-S, já que o livro inicia com a formação da área, em seguida apresenta aspectos científicos e, por fim, elementos tecnológicos. Nessa forma de apresentação, o texto também ressalta a questão da não neutralidade da Ciência no que diz respeito à sua produção, já que as duas primeiras partes do texto são essencialmente técnicas. Por outro lado, a publicação sugere que as aplicações tecnológicas não seriam neutras, já que elementos políticos, econômicos, e outros são abordados na parte final, sobre as aplicações. O texto, também em sua parte final, contempla para determinados temas a contextualização no que se refere ao cenário nacional, por exemplo, ao abordar a produção de energia nuclear no País.

A produção de Williams (1991) corresponde a um livro didático de nível superior que busca apresentar os fundamentos básicos da Física Nuclear, apresentando teorias, exemplos e exercícios necessários para a formação do futuro pesquisador da área de Física.

Quanto aos conteúdos específicos abordados por Williams (1991), como todo o livro é dedicado à Física Nuclear, apontamos aqui sua estrutura a partir de seu índice: Introdução com elementos associados ao surgimento da Física Nuclear e de partículas; formalidades quantitativas; tamanho e forma do núcleo; massa do núcleo; instabilidade nuclear; decaimento alfa; colisões e reações nucleares; modelos nucleares; forças e

interações; *hadrons* e o modelo *quark-parton*; interações eletromagnéticas; interação fraca; partículas: síntese e perspectivas; astrofísica nuclear e de partículas.

Em Williams (1991) não identificamos elementos que estariam associados com a abordagem CTS.

No artigo de Martins (1990), o autor reconstrói a descoberta da radioatividade por meio da análise de documentos históricos e nos mostra que ela compreendeu um trabalho conjunto entre diversos cientistas e intenso diálogo da comunidade científica, contrapondo o ponto de vista, usualmente divulgado em livros didáticos, de que essa descoberta teria ocorrido por acaso e seu protagonista seria Becquerel. Observamos que, apesar de o texto não apresentar equações e desenvolvimento matemático, ele é desenvolvido em uma linguagem voltada para especialistas.

Quanto aos conteúdos contemplados no artigo de Martins (1990) observamos: radioatividade; raios-X; fluorescência e fosforescência; pequena biografia de Henri Becquerel; radiações; materiais radioativos; propriedades da radioatividade; estudos de Marie e Pierre Curie sobre a radioatividade; radiação alfa, beta e gama.

No que diz respeito aos elementos CTS identificados, as concepções de Ciência explicitadas pelo texto (MARTINS, 1990) estão em concordância com as concepções da abordagem CTS. Por exemplo, ao explicitar que expectativas teóricas podem influenciar as observações, o texto nos permite perceber o caráter não neutro da Ciência, no sentido de que ela não produz verdades a-históricas com base na observação de fenômenos e experimentação. O texto explora as relações mútuas entre ciência e tecnologia já que contempla de forma detalhada o processo de produção da Ciência. Podemos perceber alguns indícios da relação entre ciência e sociedade, porém o autor enfatiza elementos da produção da Ciência mais internos ao próprio desenvolvimento científico.

Um dos materiais selecionados (IPS GROUP, 1975) corresponde ao capítulo de um livro didático que, com uma abordagem essencialmente baseada na experimentação, com alguns elementos de evolução histórica da Ciência, aborda a descoberta da radioatividade e procura explicar o fenômeno.

Quando aos conteúdos contemplados em IPS GROUP (1975) estão: descoberta e características da radioatividade, com ênfase nos aspectos experimentais e conceituais. Não são apresentados conteúdos por meio de equações ou com ênfase matemática.

Quanto aos elementos CTS identificados no texto do IPS GROUP (1975), observamos que ele foi produzido no contexto dos projetos de ensino americanos que davam ênfase à formação de cientistas e que foram bastante criticados pelo movimento CTS nas décadas de 1970 e 1980. São abordados exclusivamente elementos técnicos associados à Ciência, dessa forma podendo ressaltar a supremacia da ciência e da tecnologia como critérios para tomada de decisão. Além disso, a concepção de Ciência subjacente ao texto está mais próxima de um empreendimento neutro. O único aspecto que aproximaria o texto de uma abordagem CTS seria que, ao ser estruturado com base em experimentação e elementos de evolução histórica, o texto facilita a compreensão de que há um diálogo entre ciência e tecnologia no desenvolvimento de ambas.

O texto da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CARDOSO) aborda de forma bastante simplificada alguns conceitos sobre a energia nuclear. Consideramos necessário ressaltar alguns elementos que não consideramos adequados para um texto educativo. A energia é definida como capacidade de realizar trabalho. O texto afirma que energia é mais bem sentida do que definida; que calor é energia térmica e que essa seria fácil de ser sentida; que a termelétrica funciona pela queima de carvão, óleo ou gás e não menciona que a usina nuclear é também uma termelétrica; que a massa do urânio não é 235 e sim o seu número de massa. O texto associa consumo de energia com conforto, melhores condições de vida e facilidade de trabalho; e calor com transformação da energia química em energia térmica.

Não há aspectos CTS contemplados no texto da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Finalizando os materiais, cujo tema central é a Física Nuclear, abordamos a seguir um conjunto de publicações que correspondem a ficções (BRUCE, 2002a; BRUCE, 2002b; GALDINO, 1994; MONTE; 1990; O INÍCIO, 1989).

No romance policial, produzido por Bruce (2002a), Sherlock Holmes recebe uma denúncia de que alguém pretende explodir o equivalente a cem mil toneladas de pólvora em Londres. Pela grande quantidade de pólvora necessária, o detetive conclui que não passa de uma brincadeira. No entanto, alguns fatos como: uma discussão com Watson sobre contaminações pandêmicas na área médica, a notícia de uma expedição trazendo a outra metade de um ídolo do Museu Britânico fabricado com um estranho metal denominado urânio e uma discussão com cientistas sobre a possibilidade de energia e massa serem equivalentes, acabam completando um quebra-cabeça que termina com uma explosão em forma de cogumelo em um porto londrino. O autor utiliza uma analogia entre pandemia e reação em cadeia, o conceito de massa-crítica na junção de duas metades de um objeto de urânio e a equivalência entre massa e energia para resolver o enigma: explodir uma bomba extremamente potente com pouquíssima quantidade de material. Em seu romance, Bruce (2002a) contempla alguns conteúdos específicos da Física nuclear: equivalência massa-energia; massa crítica, reação em cadeia.

Em outro capítulo da obra de Bruce (2002b), Sherlock Holmes recebe a visita de um astrônomo abalado por acreditar ser vítima de um grave crime científico: alguém estaria sabotando algumas chapas fotográficas que o cientista usaria em experimentos no Museu Britânico. O autor usa um episódio misterioso, análogo ao episódio vivido por Becquerel e que auxiliou a descoberta da radioatividade, para entreter o leitor e para explicar algumas propriedades da radiação que vão ajudando no esclarecimento do mistério. Nesse capítulo, o conteúdo contemplado são as propriedades da radiação.

Não foi possível perceber elementos CTS em nenhum dos dois capítulos descritos acima nas publicações de Bruce (2002a, 2002b).

O livro produzido por Galdino (1994) conta uma história sobre a instalação de um complexo nuclear sem o consentimento da comunidade, onde o fato se daria. Um grupo de jovens estudantes, percebendo os perigos iminentes, reúne-se numa campanha para esclarecer a população contra essa instalação, realizando, inclusive pesquisas, dentre elas obtendo informações sobre o acidente nuclear de Chernobyl, a fim de fortalecer os seus argumentos. Nesse ínterim, a comunidade passa a sofrer “atentados” misteriosos que os

jovens desconfiam serem eles causados por várias pessoas que teriam interesses econômicos e políticos na construção do complexo e que queriam calar os descontentes. Por fim, a comunidade compreende a necessidade de refletir sobre o complexo e o diretor da instalação é obrigado a comparecer em uma audiência pública para responder aos questionamentos da população.

Observamos que Galdino (1994) não aborda conteúdos específicos da Física Nuclear, nem é apresentado conteúdo por meio de equações ou com ênfase matemática.

Quanto aos elementos CTS identificados, percebemos que Galdino (1994), ao não abordar aspectos técnicos sobre a Física Nuclear, provavelmente ressalta que Ciência e Tecnologia não são critérios privilegiados para a tomada de decisão. O posicionamento do autor quanto à não neutralidade da Ciência está implícito no texto associado ao fato de que ele dá indícios de ser contra a instalação nuclear. No entanto, tal posicionamento se aproxima mais de uma escolha dicotômica (positivo ou negativo) do que de uma problematização da questão. O foco central do texto é a tomada de decisão. A construção do texto também parece ter se originado a partir de um tema de relevância social para o autor, já que há indícios de associação entre a instalação nuclear fictícia: o “Complexo de Azarar” e o Complexo de Aramar, instalação nuclear brasileira construída próxima à cidade natal do autor.

O filme *Sonhos*, dirigido por Kurosawa (MONTE, 1990), apresenta diversos contos. Num deles, Kurosawa nos transporta para um Japão em chamas e tomado pela contaminação radioativa após a explosão de usinas nucleares no país. Um diálogo é desenvolvido entre um empresário da indústria nuclear, uma mulher com duas crianças e um homem. Desesperados, eles procuram compreender o que os teria levado por esse caminho sem volta.

Quanto aos conteúdos contemplados, observamos que o conto faz referências a: usinas nucleares, tipos de radiação e seus efeitos no organismo. Ressaltamos que o filme contém alguns equívocos do ponto de vista científico, apresentando a explosão de usinas nucleares, quando na realidade o núcleo das usinas pode apenas derreter, mas não explodir; mostrando as diferentes radiações coloridas, quando na realidade um dos

maiores perigos das radiações é exatamente o fato de que elas não podem ser “observadas”. No entanto, consideramos que, com a mediação do professor, esses equívocos não impossibilitariam a utilização didática do filme.

Quanto aos elementos CTS abordados por Kurosawa (MONTE, 1990), notamos que o filme trata de um tema de interesse social atual e nos convida a refletir sobre as consequências futuras de nossas decisões atuais. O filme também explicita as relações entre a indústria nuclear e os interesses econômicos que usualmente se sobrepõem aos interesses e à segurança social e que, ao privilegiar o imediatismo e individualismo, não comporta as necessidades das gerações futuras ou do futuro do planeta. É importante ressaltar que os japoneses têm uma relação próxima e muito triste com a Física Nuclear devido às bombas de Hiroshima e Nagasaki. Nesse sentido, o filme corresponde a um interesse social particular do povo japonês. Kurosawa consegue, com esse filme, transportar-nos para um contexto ainda não vivido e nos convida a pensar sobre suas possibilidades.

No filme *O Início* (1989), é reconstruída a história do projeto Manhattan, no qual foram desenvolvidas as duas primeiras bombas nucleares da história da humanidade, lançadas em Hiroshima e Nagasaki. É apresentado o dia a dia dos cientistas e suas famílias, confinados com militares no deserto de Los Alamos – Novo México, com o objetivo de desenvolver as bombas antes que os alemães o fizessem.

Dentre os conteúdos mais específicos abordados pelo filme (*O INÍCIO*, 1989) estão: massa-crítica; desenvolvimento de bombas de urânio e de plutônio; Segunda Guerra Mundial e seu contexto político; projeto Manhattan; efeitos da radiação.

Com relação aos elementos CTS, o filme *O INÍCIO* (1989) questiona a ideia de neutralidade da Ciência ao apresentar as relações entre ciência, política e guerra.

Passamos a apresentar os 12 materiais bibliográficos que discutem a Física Nuclear sem que ela seja tema central do recurso.

Um primeiro conjunto de materiais tem como foco os cientistas que estiveram de alguma forma envolvidos com o desenvolvimento da Física Nuclear e suas produções científicas (GOLDSMITH, 2003; GOLDSMITH, 2007).

O livro de Goldsmith (2003) apresenta uma biografia de Albert Einstein, mostrando elementos pessoais da vida do cientista, além de suas teorias e o contexto histórico, social e científico no qual foram desenvolvidas. O texto é direcionado para jovens e sua linguagem é descontraída, incluindo imagens e histórias em quadrinhos.

Com relação aos conteúdos contemplados, em um dos capítulos que trata da famosa equação $E=mc^2$ e da relação do cientista com a construção da primeira bomba atômica, observamos que, além de elementos sobre a vida de Albert Einstein, são trabalhados conceitos como: equivalência entre massa e energia; reação em cadeia; construção da bomba nuclear; contexto histórico e social do desenvolvimento das teorias de Einstein. Apesar de contemplar equações e formalismo matemático, esse tipo de abordagem não é exclusivo e, além disso, o autor afirma que “pular a parte matemática” não prejudicaria a leitura global do texto.

Quanto aos elementos CTS identificados na produção de Goldsmith (2003), constatamos que é ressaltada a não neutralidade da Ciência, principalmente quando o autor associa a criação da bomba atômica, com a Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento da Física Nuclear. O texto também deixa claro o envolvimento dos cientistas com a política. Em alguns dos trechos, o autor explicita o reconhecimento por parte dos cientistas da necessidade de envolvimento dos cidadãos nas tomadas de decisões associadas à produção de bombas. Também são ressaltados os seguintes aspectos das relações entre ciência, tecnologia e sociedade: impactos sociais da ciência; relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade ocorrem mediadas pela organização social; ciência e tecnologia estão associadas a questões de poder; ciência e tecnologia abarcam dimensões éticas, sociais, econômicas, políticas e culturais. A forma como está estruturado o texto facilita sua utilização em uma abordagem interdisciplinar.

Dentre diversas biografias de cientistas, o livro de Goldsmith (2007) aborda em um de seus capítulos a vida de Marie Curie, contando momentos de sua infância, as dificuldades vividas na juventude na Polônia, dentre elas os esforços para poder estudar, a viagem e os obstáculos para conseguir sobreviver e pesquisar Física em Paris, o casamento e os estudos desenvolvidos junto com seu marido Pierre Curie e a morte causada pelo

intenso contato com elementos radioativos. O texto é direcionado para jovens e sua linguagem é descontraída, incluindo imagens e histórias em quadrinhos.

No que se refere aos conteúdos específicos, Goldsmith (2007), ao abordar a vida de Marie Curie, contempla a fase inicial do surgimento da Física Nuclear desde a descoberta dos raios-X, a descoberta de estranhos raios que emanavam do urânio por Becquerel e que mais tarde foram denominados de radiação por Marie, a busca da cientista por outros elementos radioativos culminando na descoberta do polônio e do rádio, que passa a ser intensamente estudado pelo casal Curie. O texto também discute alguns elementos da Física Nuclear, como a estrutura do núcleo, tipos de radiação e interação com a matéria e com organismos vivos. A história mostra o início das relações entre a radioatividade e a medicina por intermédio da cientista que foi a primeira mulher a receber o prêmio Nobel em uma época em que a pesquisa científica era predominantemente dominada por homens.

No que diz respeito aos elementos CTS identificados em Goldsmith (2007) notamos que, ao privilegiar uma abordagem contextualizada historicamente, o texto contempla elementos associados à não neutralidade da Ciência, dentre eles as dificuldades sociais de uma mulher polonesa para iniciar, concluir e desenvolver seus estudos; ou ainda, o desenvolvimento das pesquisas em Física Nuclear, em especial na medicina, no contexto da Guerra. A forma como está estruturado o texto facilita sua utilização em uma abordagem interdisciplinar.

Um segundo conjunto de artigos que não tem como foco central a Física Nuclear, refere-se à energia (BURATTINI, 2008; OS CAMINHOS, 2011; UM FUTURO, 2010;) e ao meio ambiente (KLOETZEL, 1994).

Num relatório sobre energia publicado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (UM FUTURO, 2010), diversos pesquisadores, em face do problema da necessidade atual de energia limpa, realizam um balanço da situação energética mundial atual para, em seguida, discutir as necessidades de mudanças e as alternativas energéticas, finalizando com a sinalização de medidas de caráter imediato. Essas medidas se referem: à melhoria da eficiência energética dos sistemas de produção e consumo de

energia; à redução de emissão de dióxido de carbono; à taxaço nas emissões de dióxido de carbono; ao desenvolvimento de tecnologias de captura e sequestro de carbono; ao investimento nas energias renováveis; à igualdade social na distribuição de energia. Vale ressaltar que o texto, apesar de discutir a situação da energia de forma global, preocupa-se com as questões associadas aos contextos específicos dos diversos países, suas situações econômicas e sociais.

Quanto aos conteúdos específicos contemplados pelo relatório sobre energia publicado pela FAPESP (UM FUTURO, 2010), verificamos: energia sustentável; energia associada aos problemas sociais; escassez, custos e poluição dos combustíveis fósseis; emissões de carbono; análises de indicadores sociais e relação com produção e consumo de energia; eficiência energética; panorama atual das fontes energéticas; matrizes energéticas mistas; energias renováveis; ações governamentais, científicas e tecnológicas; elementos econômicos e geopolíticos; biocombustíveis; necessidade de análise em contextos específicos; fatores econômicos. No que se refere especificamente à energia nuclear o relatório contempla: a necessidade de resolução de problemas antes da implementação e o desenvolvimento de programas nucleares; a necessidade de discussão pública; as vantagens dessa energia (volume do combustível, emissão de carbono, abundância de combustível, intermitência) e suas desvantagens (custos, resíduos, armas nucleares, segurança, opinião pública contrária à sua utilização); as ações necessárias (renovação de reatores antigos, projetos padronizados, desativação de plantas inseguras, armazenamento de resíduos e segurança; educação do público e elaboradores de políticas); a participação mundial da fonte; a fusão nuclear; os acidentes nucleares e os programas civis e militares.

No que diz respeito aos elementos CTS identificados, comprovamos que, apesar de ser elaborado por especialistas em energia, o texto ressalta que a questão energética, por ser de interesse público, deve incluir a opinião pública, sendo que uma das ações necessárias e imediatas apontadas é a necessidade de educar a população sobre o assunto. As relações entre ciência, tecnologia e sociedade são consideradas em suas múltiplas interações e estão presentes em todo o texto.

No entanto, vale ressaltar que, apesar de o texto contemplar os elementos CTS descritos acima, o prólogo do relatório apresenta alguns elementos que não estariam em concordância com uma abordagem CTS. Dentre eles, ressaltamos que os elementos científicos e tecnológicos são considerados como baseados em evidências e análises objetivas e que ciência e engenharia ofereceriam princípios de orientação críticos para atingir um futuro sustentável, elementos que indicam uma consideração de superioridade da ciência e tecnologia para a tomada de decisões. Esse aspecto é exemplificado na seguinte citação “Muitos líderes políticos reconhecem o valor de basear suas decisões nos melhores conselhos científicos e tecnológicos [...]” (p.7). Por outro lado, reiteramos que o restante do texto, ao considerar elementos ambientais, econômicos, políticos e sociais, e, ao sublinhar a necessidade de participação pública no futuro energético, distancia-se das concepções indicadas no prólogo.

Burattini (2008) procura construir o conceito de energia a partir de pontos de vista específicos de diversas disciplinas: Biologia, explicando a importância da energia e seus processos de transformação para os organismos naturais; História, expondo essencialmente como a humanidade se desenvolve ligada a uma concepção de dominação e exploração da natureza; Ciência e Tecnologia, enfatizando o surgimento da eletricidade e os processos de transformação de outras formas de energia em energia elétrica; Ecologia, centrando na necessidade de equilíbrio ambiental e, de acordo com a autora, na fragilidade do planeta. A autora reserva um capítulo à parte para a energia solar e busca, por fim, os pontos de vista da Física e da Filosofia para uma visão conclusiva e global sobre o tema.

No livro escrito por Burattini, (2008) são contemplados os seguintes conteúdos: fontes de energia (sol, vento, água, biomassa); fotossíntese; evolução histórica das fontes de energia (combustíveis fósseis, solar, biomassa, eólica e hidroelétrica); revolução industrial e a relação com produção e consumo de energia; eletricidade; funcionamento de usinas termoelétricas e hidroelétricas; impacto das atividades industriais no meio ambiente; vantagens e desvantagens ambientais de fontes de energia (hidroelétrica, petróleo, carvão natural, gás e energia nuclear); relação entre soluções ambientais,

consumo energético e fontes alternativas (biomassa, pequenas hidrelétricas, energia eólica, energia dos oceanos, energia geotérmica e hidrogênio); energia solar; origens do conceito de energia; formas de energia e conservação de energia na Física. Especificamente associado à energia nuclear são abordados os seguintes elementos: construção e funcionamento de usinas; fissão nuclear; panorama atual da energia nuclear no mundo; extração do urânio; acidentes históricos e riscos de acidentes; órgãos e tratados de proteção ambiental.

No que se refere à identificação de elementos CTS, ao abordar diferentes pontos de vista sobre o tema energia, Burattini, (2008) não enfatiza nenhum deles, nem privilegia o ponto de vista da Física. A Ciência é apresentada de forma não neutra, já que a autora conecta a produção científica com diversos elementos, em especial no capítulo reservado à história, no qual há referência clara às relações entre Ciência e desenvolvimento industrial. O livro trata do tema energia, que é de extrema relevância social, e o faz em uma perspectiva que facilita a observação dessa relevância. O texto aborda as relações entre ciência-tecnologia-sociedade, principalmente no capítulo reservado à história, o qual expõe como as transformações nas forças produtivas ocorrem conjuntamente implicando mudanças sociais, científicas, tecnológicas, econômicas, etc.. de forma simultânea e associada.

O documentário divulgado pela Companhia Paulista de Força e Luz e narrado por Amyr Klink (OS CAMINHOS, 2011) aponta a necessidade da energia para diversas de nossas atividades e procura discutir as ações necessárias para que se possa atingir um equilíbrio entre consumo, produção energética e sustentabilidade. Dividido em dez episódios, cada um tratando de um tema associado à energia, o documentário expõe o depoimento de pesquisadores, estudiosos, políticos, empresários, donas de casa e diversas outras pessoas sobre os usos, a produção e outros elementos relacionados com a energia. Os dois primeiros episódios discutem a presença da energia em diversas atividades, quando o ser humano passa a utilizar a energia para fins além da alimentação e as transformações que sofre o uso da energia além de um panorama mundial das fontes e matrizes energéticas. No terceiro episódio, são discutidas as mudanças sociais

ocasionadas pela primeira revolução industrial, e o uso do carvão. Já no quarto episódio, o tema central é o petróleo. Os dois episódios seguintes, quinto e sexto, tratam da energia elétrica e das hidroelétricas, respectivamente. A energia nuclear é abordada no sétimo episódio junto com outras fontes termoelétricas. No oitavo episódio, são discutidas as energias renováveis e, no nono, as possibilidades de desenvolvimento energético em termos de eficiência na produção e no consumo. No último episódio são apontadas as perspectivas do futuro energético.

Quanto aos conteúdos contemplados no documentário (OS CAMINHOS, 2011), observamos que, no episódio sete, que contempla a energia nuclear, são abordados os seguintes elementos: termoelétricas; descoberta da radioatividade; emissão de gases estufa; utilização de energia nuclear em barcos e submarinos; polêmica nuclear; resíduos radioativos; acidentes de Chernobyl e *Three Mile Island*; usinas de Angra; reservas brasileiras de urânio; reservas de urânio de baixo e alto teor; biomassa; biogás proveniente de lixo urbano; usinas de pequeno porte; matrizes energéticas mistas.

Quanto aos elementos CTS, constatamos que o filme facilita a discussão do tema energia em uma abordagem interdisciplinar. O tema escolhido e a forma como é trabalhado são de extrema relevância social. Ressaltamos ainda que a questão energética é discutida com maior ênfase no contexto brasileiro.

Kloetzel (1994), preocupado com os problemas ambientais, procura abordar de forma simples, em um texto voltado para o não especialista, o que seria meio ambiente. Para isso ele discute noções de ecologia e ecossistemas e como o homem tem alterado o equilíbrio ambiental, principalmente com a extração de elementos naturais, com a poluição e com outras interferências na cadeia biológica. O autor ainda confere atenção especial para temas como chuva ácida, efeito estufa e ciclo do CO₂ e se preocupa em como conciliar preservação ambiental e desenvolvimento a partir da ideia de desenvolvimento sustentável.

No que se refere aos conteúdos específicos, Kloetzel (1994) aborda a teoria de Gaia desenvolvida por Lovelock; ciclo do carbono; Amazônia e leis de desmatamento; extração de elementos naturais; poluição do ar, água e solo; alterações topográficas;

escassez de água; relações entre clima e desmatamento; planejamento na ocupação do espaço; chuva ácida; efeito estufa; camada de Ozônio; biodiversidade; desenvolvimento sustentável; ECO-92 (ou Rio-92). No que diz respeito especificamente à Energia Nuclear, o autor aponta o perigo das usinas para o meio ambiente; escassez de combustíveis; lixo atômico; luta dos ambientalistas contra as usinas nucleares; acidente de Goiânia.

Quanto à identificação de elementos CTS, observamos que, apesar de o livro ter sido produzido em 1994, o tema refere-se a uma problemática social atual e o autor procura expor o ponto de vista da ecologia para essa questão de forma que outros elementos como Ciência, Tecnologia ou mesmo Sociedade não são profundamente explorados. O livro conta episódios da luta dos ambientalistas que também estão associados ao surgimento e a reivindicações do movimento social CTS, como por exemplo, a publicação do livro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson.

É interessante notar que, apesar de ser contra a energia nuclear, o autor recorre à teoria de Gaia, desenvolvida por um dos grandes defensores da energia nuclear na atualidade (LOVELOCK). No entanto, devemos ressaltar que o livro foi publicado em 1994 e Lovelock passa a defender a energia nuclear em 2004. Isso nos ajuda a perceber que os posicionamentos quanto à ciência e à tecnologia não são permanentes, mas dependem de momentos históricos.

Nove dos materiais selecionados não enfocam a Física Nuclear nem a discutem, mas estão associados a temas associados. Esses temas são matrizes energéticas (DEMANBORO et al, 2006; LOVINS, 2009); ambiente (HOME, 2009; PARKER, 1995; SILVA et al, 2000); ciência e tecnologia (ASIMOV, 1972).

Em um artigo jornalístico, Lovins (2009) procura expor a necessidade da descentralização das matrizes energéticas. Ele compara as matrizes energéticas com outros sistemas como os de informática e de telefonia celular para sustentar seu ponto de vista de que a descentralização de sistemas é consequência da evolução tecnológica. Além disso, ele analisa o atual estado científico e tecnológico das fontes e dos sistemas para sustentar a ideia de que a descentralização é o caminho mais lógico em termos econômicos, ambientais e democráticos. Ressaltamos que o autor considera que as

grandes plantas nucleares, intrinsecamente centralizadoras, são péssimas alternativas para os investidores em energia.

Quanto aos conteúdos contemplados na nota de Lovins (2009) estão: distribuição centralizada de energia e comparação de custos e estruturas entre matrizes centralizadas e descentralizadas.

No que diz respeito à identificação de elementos CTS, percebemos que o tema abordado é de interesse social atual. O autor foca a questão econômica associando o desenvolvimento e o emprego de ciência e tecnologia com elementos que não são exclusivamente técnicos. O autor constrói o texto com base em uma perspectiva que considera o diálogo ao longo da história entre desenvolvimento científico, tecnológico, social, econômico e político, ou seja, as escolhas e os investimentos em ciência e tecnologia dependem do momento histórico-social.

Em seu artigo, Demanboro et al. (2006) procuram questionar os sistemas energéticos centralizados considerando que eles não se alinhariam com sustentabilidade, democracia, proteção ambiental, dentre outros. As usinas hidrelétricas de grande porte são criticadas pelos autores e eles recomendam a utilização de matrizes energéticas diversificadas, descentralizadas e que sejam constituídas com pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica, fotovoltaica e hidrogênio. Os autores discutem essas alternativas para a geração de energia no Brasil.

Quando aos conteúdos específicos contemplados por Demanboro et al, (2006) apontamos: pequenas centrais hidrelétricas, seu baixo impacto ambiental, fornecimento de energia, custos e perspectivas futuras; energia eólica, cenário mundial dessa fonte, vantagens de utilização, adequação à proteção ambiental, custos, estudos no Brasil, possibilidades de instalação (em especial no nordeste); energia solar fotovoltaica, conceitos básicos, potencial de fornecimento de energia, vantagens de utilização, possibilidades de instalação, utilização e manutenção; hidrogênio, conceitos básicos sobre formas de utilização dessa fonte, consumo mundial, utilização no Brasil, meios de obtenção do hidrogênio, benefícios.

No que se refere à identificação de elementos CTS, evidenciamos que a introdução do artigo contempla um bom panorama geral dos problemas associados à energia e às possibilidades de solução. Os autores ressaltam que, quando consideramos fatores como democracia, distribuição de poder e desenvolvimento social, a forma como analisamos as opções científicas e tecnológicas são diferenciadas daquelas quando é utilizada apenas a racionalidade técnica. O tema do artigo se refere a uma problemática social atual e o contexto considerado para o desenvolvimento do texto é exclusivamente nacional. De acordo com o artigo, opções, escolhas e a própria ciência e tecnologia não são neutras, pelo contrário, contêm em si elementos políticos, principalmente se considerarmos que, de acordo com os autores, matrizes energéticas centralizadas e, conseqüentemente, ciência e tecnologia associadas a elas são intrinsecamente não democráticas. Os autores ressaltam que o cálculo de custos das diversas fontes de energia deve contemplar também os valores associados à degradação ambiental.

Silva et al (2000) procuram discutir elementos da Física de forma associada aos fenômenos ambientais. O texto tem uma linguagem fácil e acessível e aborda notícias de jornal, poemas, ilustrações, trechos de músicas e outras formas de linguagem. Também apresenta questões abertas e fechadas sobre os assuntos tratados, além de convidar o leitor a pesquisar mais sobre os elementos elencados.

No que se refere aos conteúdos específicos, Silva et al (2000) abordam: relação entre luz solar e fenômenos terrestres como clima, fotossíntese e alimentação; como funciona o efeito estufa e a sua necessidade para a vida na Terra, fenômenos óticos (espalhamento, reflexão e absorção), gases estufa e poluentes, emissão natural e artificial de gases estufa; polêmicas associadas ao aquecimento global; camada de ozônio, camadas atmosféricas, diferentes comprimentos de onda da luz, conseqüências biológicas da exposição à radiação; El niño, ventos e correntes atmosféricas e marítimas, previsão do tempo, chuvas e queimadas; poluição do ar, da água, do solo, sonora e luminosa, inversão térmica, chuva ácida; Impactos ambientais. O texto não apresenta equações nem aborda a Física por meio de formalização matemática.

Quanto à identificação de elementos CTS, percebemos que, no encarte produzido por Silva et al (2000), os temas discutidos derivam de problemas de interesse ambiental. O texto é estruturado de forma a convidar uma participação mais ativa do leitor no que diz respeito à realização de pesquisas, reflexões e questionamentos, nesse último caso, principalmente voltados às notícias divulgadas pela mídia. O texto facilita uma abordagem interdisciplinar.

No livro publicado por Parker (1995), por meio de experimentos de baixo custo, o autor procura auxiliar os estudantes a compreender elementos associados ao clima discutindo conceitos como atmosfera, pressão, ventos, fases da matéria, luz, dentre outros. O autor também aborda alguns elementos associados com as mudanças climáticas e a intervenção dos seres humanos.

Parker (1995) discute os seguintes conteúdos específicos: efeito estufa; chuva ácida; aquecimento global; camada de ozônio; relação dos animais e plantas com tempo e clima; correntes atmosféricas e oceânicas; erosão; previsão do tempo; formação do arco-íris; trovões e raios; fases da matéria; ciclo da água; furacões; ventos; estações do ano; calor e temperatura.

Quanto aos elementos CTS presentes na produção de Parker (1995), notamos apenas que o livro permite uma abordagem interdisciplinar e que alguns dos conteúdos trabalhados, no livro, são associados ou permitiriam a compreensão de problemáticas ambientais de relevância social atual.

No documentário *Home*, o ambientalista Yann Arthus-Bertrand (HOME, 2009), reconstrói a relação da humanidade com a natureza desde o surgimento do homem, passando por momentos de revoluções, como o surgimento da agricultura e a revolução industrial, até chegar ao momento atual marcado pelo consumismo, pela desigualdade social e pela intensa exploração e degradação do meio ambiente.

Alguns dos elementos contemplados por *HOME* (2009) são: equilíbrio planetário; interferências das ações humanas no meio ambiente; escassez de recursos naturais; pobreza e desigualdade social; energia; poluição; consumismo; críticas ao sistema econômico baseado no consumismo; globalização; domínio cultural norte-americano;

aumento populacional; emissão de carbono na atmosfera; aquecimento global e suas consequências; economia; investimentos militares; desmatamento; dentre outros.

No que se refere a elementos CTS, percebemos que o filme aborda diversos temas de interesse social e busca a tomada de decisões e ações por parte da população associada com problemas ambientais.

No clássico da ficção científica, escrito por Asimov (1972), o enredo se passa em três cenários diferentes: a Terra, a Lua e um Universo Paralelo. A história se desenrola a partir da invenção de um tipo de bomba energética que permite um fluxo de energia entre nosso universo e o universo paralelo. Após a criação da bomba, as personagens descobrem que ela poderia causar uma catástrofe ambiental, a explosão do Sol. Alguns cientistas e seres do Universo Paralelo lutam para parar o funcionamento da bomba, enquanto outros, por diversos motivos, são contra essa suspensão. É interessante notar que o autor tinha sido professor de bioquímica, trabalhara em uma estação da Marinha como civil durante a Segunda Guerra Mundial e após a guerra atuara, por nove meses, como militar, tendo, nessa época, quase participado dos testes nucleares no atol de Bikini.

Quanto aos conteúdos contemplados por Asimov (1972), observamos que são abordados alguns elementos técnicos sobre a Física Nuclear e outros sobre a Física em geral, como por exemplo: as condições de vida e gravidade na Terra e na Lua; como seriam os seres em universos com leis Físicas diferenciadas; a questão do surgimento de novas teorias e as negociações políticas e científicas associadas. Vale ressaltar que diversos desses elementos são fictícios, não correspondendo às teorias científicas, como, por exemplo, o texto cita o plutônio 186, elemento que não existe em nosso universo. O livro ajuda a refletir sobre nossos limites, o futuro, a necessidade de energia e a complexidade das decisões sobre ciência e tecnologia.

Quanto aos elementos CTS, identificamos que o livro dá indícios de valorização da Ciência e Tecnologia como elementos privilegiados para a tomada de decisões e apresenta elementos que se associam a uma concepção salvacionista da Ciência em uma perspectiva de que é por meio da produção de mais ciência e tecnologia que os problemas ambientais ou os problemas da humanidade seriam resolvidos. Com relação à não neutralidade da

Ciência, o livro divulga uma visão de que fatores políticos, econômicos, ambientais e disputas de poder são elementos que fazem parte da produção científica. No que diz respeito às relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, há indícios de interações mútuas entre ciência e tecnologia.

Os materiais acima relacionados foram oferecidos aos estudantes de licenciatura durante as aulas de planejamento de suas unidades de ensino. Ressaltamos que, apesar de esses materiais estarem disponíveis, eles poderiam escolher seus próprios recursos e temas.

Décima segunda aula

Na décima segunda aula da disciplina, em 18 de outubro de 2011, os estudantes de licenciatura prosseguiram com os planejamentos em grupos. Nessa aula, foi distribuído um pequeno questionário que visava orientá-los no que diz respeito à reflexão sobre algumas características da abordagem CTS nos materiais distribuídos e nos próprios planejamentos que estavam sendo executados. A Tabela 7 apresenta esse questionário.

Tabela 7: questões auxiliares para análise de aspectos CTS nos materiais e unidades de ensino (Q4)

Algumas questões para análise de caráter CTS dos materiais selecionados e/ou da unidade que está sendo elaborada	
1)	No recurso didático analisado, Ciência e Tecnologia são critérios privilegiados para a tomada de decisões?
2)	No recurso didático analisado, a Ciência é tratada como neutra?
3)	A utilização do recurso didático analisado pode contribuir com a interdisciplinaridade? Como?
4)	O recurso utilizado pode contribuir para a viabilização da tomada de decisões? Quais? Como?
5)	Os temas abordados no recurso didático têm relevância social? Explique.
6)	O recurso didático analisado contempla as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade? Como são essas relações?
7)	O recurso didático analisado realiza contextualização? Explique.

Fonte: elaborado pelo autor.

Sentimos a necessidade de realizar esse questionamento, pois verificamos, durante o desenvolvimento da atividade de análise de materiais (realizada na 6ª aula, em 06 de setembro e na 7ª aula, em 13 de setembro), que os critérios utilizados pelos estudantes de licenciatura para verificar a adequação dos materiais de ensino a uma abordagem CTS eram restritos. Também percebemos poucas reflexões teóricas sobre a

abordagem CTS durante os planejamentos das unidades. Assim, procuramos orientá-los na análise CTS dos materiais e de suas unidades de ensino.

Últimas aulas

Na décima terceira e décima quarta aulas da disciplina, 25 de outubro e 01 de novembro de 2011, houve a continuidade na elaboração dos planejamentos.

Entre a décima quinta e décima sétima aula da disciplina (08, 22 e 29 de novembro de 2011), os estudantes apresentaram individualmente seus planejamentos de ensino para toda a turma e as apresentações foram discutidas coletivamente.

Os estudantes também entregaram os trabalhos finais individuais por escrito, descrevendo suas unidades de ensino planejadas e o embasamento teórico.

Na penúltima aula da disciplina, pedimos que os licenciandos escrevessem sua autoavaliação e fizessem uma avaliação da disciplina.

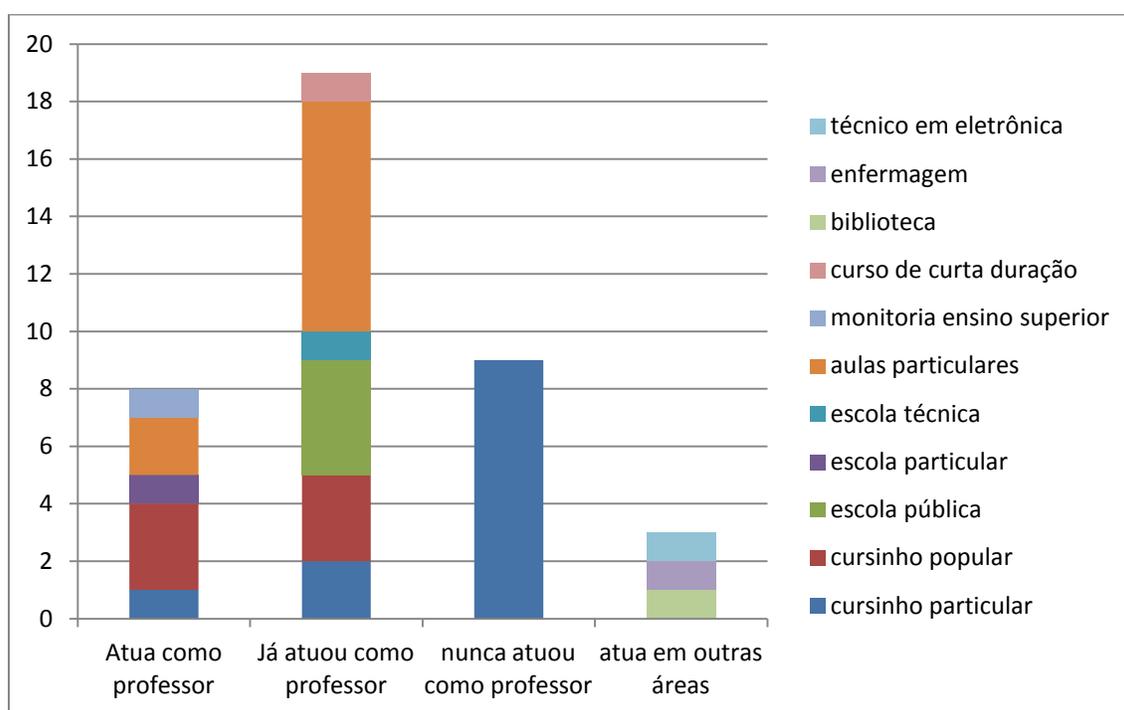
V. ANÁLISES¹⁷

¹⁷ Dentre os estudantes matriculados na disciplina, apenas 14 consentiram em participar da pesquisa. Reproduzimos as falas e redações dos 14 estudantes e utilizamos apenas dados numéricos do restante dos matriculados.

Questionário inicial

Dos 22 licenciandos que responderam ao questionário inicial, 13 afirmaram que não exerciam nenhuma atividade profissional. Dentre os nove que exerciam atividade, apenas três não atuavam em área educacional. Nove licenciandos declararam não ter nenhuma experiência docente. Os demais (13) atuaram como professores particulares de Física e/ou Matemática (7), em instituições públicas, privadas ou populares (6). O gráfico da Figura 7 auxilia na visualização desses dados.

Figura 7: atividades profissionais citadas pelos licenciandos e desenvolvidas no momento do curso ou momentos anteriores.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os professores, quando em experiência docente, assinalaram alguns problemas encontrados. Percebemos que, em primeiro lugar, - apontados por 13 licenciandos- aparecerem aqueles relacionados ao aluno do Ensino Médio; em segundo lugar, aqueles associados ao próprio conhecimento e formação do licenciando; e em menor quantidade, aqueles referentes a uma questão de processo de ensino, o tempo.

Dos problemas relacionados com os alunos, três licenciandos apontaram a falta de interesse deles e outros quatro associaram a isso os objetivos do ensino (vestibular e/ou falta de utilidade da Física para os estudantes). Dois licenciandos apontaram a falta

de conhecimento em conteúdos básicos ou em Matemática. Três viram na indisciplina dos estudantes o principal problema e um no excesso de timidez. Quanto aos problemas associados ao próprio licenciando e ao processo, três encontraram dificuldades por não saber como ensinar, dois responsabilizaram a falta de tempo em preparar, em ministrar aulas ou a falta de tempo de estudo dos alunos.

Reproduzimos a seguir alguns depoimentos dos licenciandos que apontaram dificuldades próprias em ensinar:

Em todas essas experiências a principal preocupação era me fazer claro diante dos alunos uma vez que estamos acostumados com os jargões da academia que são muitas vezes estranhos aos alunos.

Meu maior problema é achar exemplos diferentes e não triviais.

[...] senti necessidade de buscar teorias de ensino e novos métodos de explicar e passar adiante o conhecimento.

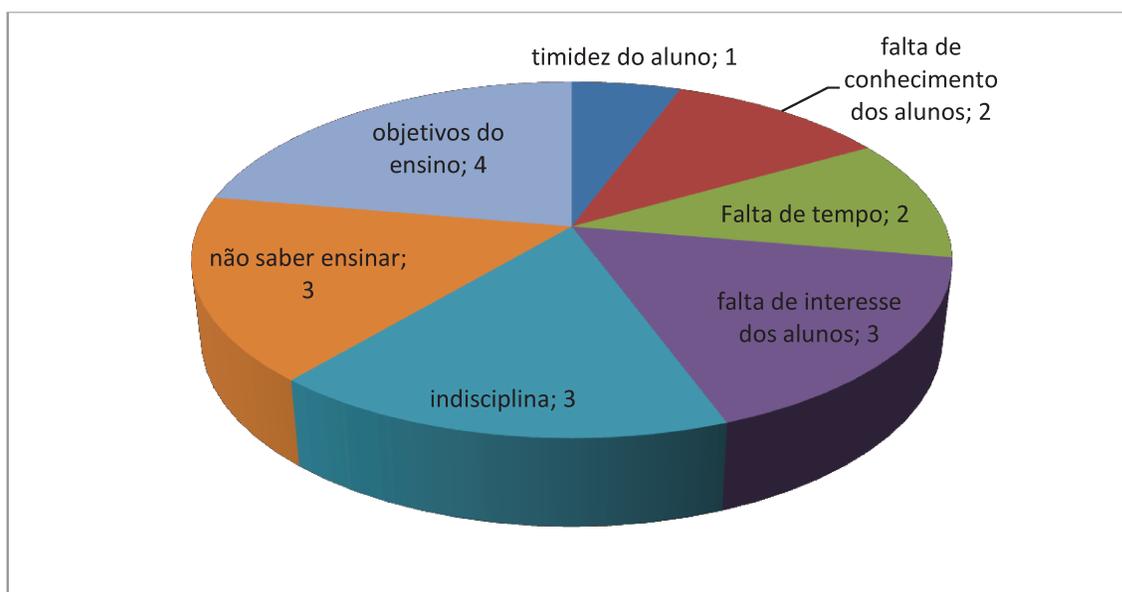
Mostramos, a seguir, dois depoimentos que centram os problemas de ensino nos estudantes, mas que dão indícios de reflexão e busca de soluções:

[...] uma das dificuldades que encontro é ensinar uma matéria que depende de conhecimentos prévios do aluno e geralmente eles apresentam muito déficit em matérias básicas o que mostra que sua aprovação em anos anteriores foi insatisfatória. Além disso, muitos não querem que eu os ensine a matéria, mas que apenas os faça compreender o que cairá em provas de recuperação ou no vestibular. O que mostra falha em todo o sistema educacional. Eles querem passar de ano, ou em provas e não pensam em aprender de fato. A falta de interesse é o que mais atrapalha.

Nos cursinhos populares os maiores problemas são, por parte dos alunos, a falta de base e a pouca disponibilidade para estudar, pois são em sua maioria trabalhadores. Por parte minha, no começo, foi justamente de entender a proposta de educação popular e da importância de partir da realidade do educando. No fim a suposta falta de 'base' só é um problema se o educador não conseguir reconhecer na história e na vivência de cada educando as ferramentas que o ajudarão a motivá-los a aprender. Porém há ainda o problema de tempo, uma vez que um trabalho sério de educação popular não acompanha o calendário dos vestibulares, o que gera evasão por parte dos educandos e desespero por parte dos educadores. No ensino privado a dificuldade é atrair o aluno para a matéria, fazê-lo entender a importância dela. As distrações tecnológicas são muitas e a sala de aula é a mesma há décadas. No mundo em que o aluno se vê inserido, conhecimento escolar e cultura geral não são pré-requisitos para uma vida de sucesso. A disciplina se dá em parte por causa disso: 'não vou usar isso na minha vida'. No meu estágio no colégio da rede estadual, o maior entrave era a infraestrutura da escola, mas o interesse dos alunos era grande.

O gráfico, da Figura 8, ilustra as dificuldades encontradas por esses licenciandos quando em atuação docente:

Figura 8: dificuldades encontradas pelos licenciandos no exercício da docência.

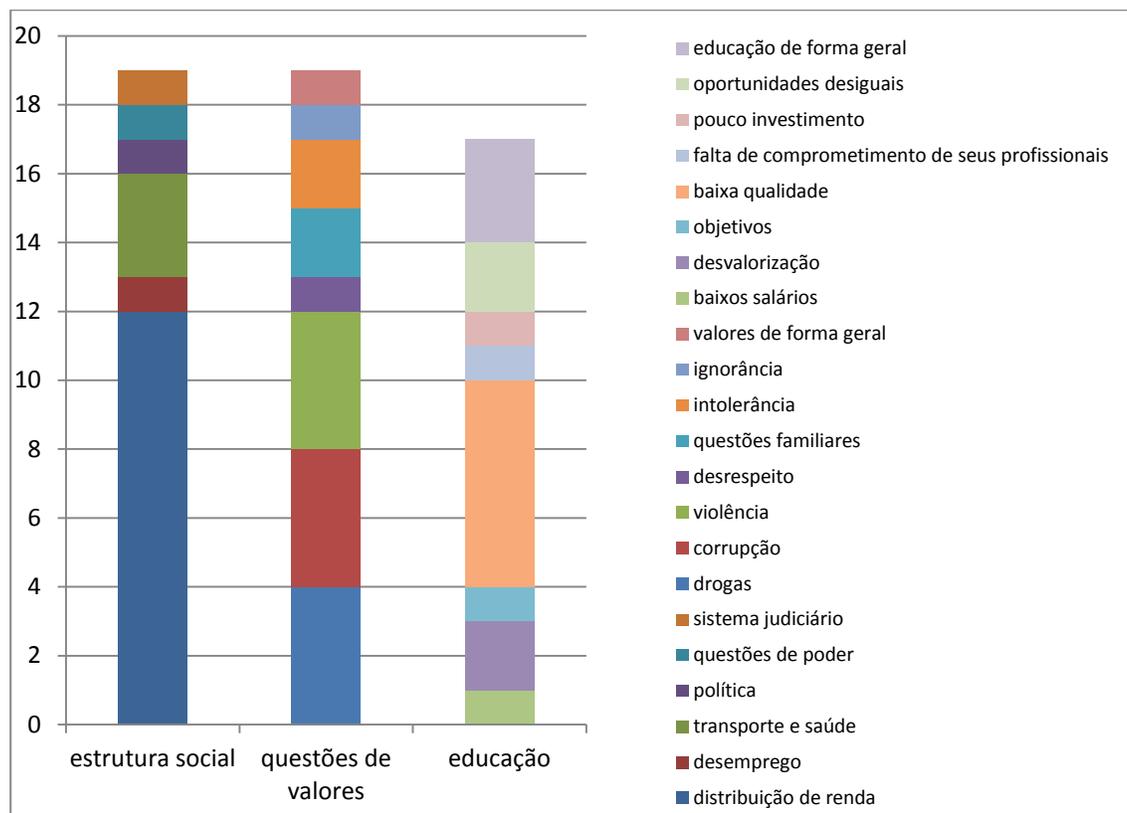


Fonte: elaborado pelo autor.

Quando questionados sobre os principais problemas sociais da atualidade, de 22 depoimentos, observamos que 17 consideraram aqueles associados à estrutura social brasileira, por exemplo: distribuição de renda, desemprego, sistema de transporte e saúde precários, problemas políticos, questões de poder e morosidade do sistema judiciário. Dez licenciandos elencaram problemas sociais associados a questões de valores, por exemplo: uso de drogas, corrupção, violência, desrespeito com o próximo, questões familiares, intolerância e ignorância. Dos 22 depoimentos, 13 licenciandos citaram a educação, apontando como problemas os baixos salários dos professores, a não valorização da educação, os objetivos da educação, a educação de baixa qualidade, a falta de comprometimento dos profissionais da educação, o pouco investimento e as oportunidades desiguais para os estudantes.

O gráfico da Figura 9 sintetiza os problemas sociais apontados pelos licenciandos:

Figura 9: problemas sociais citados pelos licenciandos nos questionários iniciais



Fonte: elaborado pelo autor.

Dentre os 13 depoimentos associados à educação, observamos que cinco conferiram à educação um papel fundamental para as mudanças sociais. A sua ausência gera, agrava ou perpetua as situações de conflito da sociedade. Apenas um dos licenciandos disse que a educação seria reflexo da sociedade, ou seja, que a própria sociedade influenciaria o sistema de ensino.

A seguir, apresentamos alguns dos depoimentos dos licenciandos que consideraram a educação como elemento central para mudanças sociais:

O grande problema de nossa sociedade hoje é justamente a não valorização da educação tanto pelos órgãos que controlam isso quanto pelos próprios alunos, professores mal pagos entre outras coisas causam esse problema.

A falta de pensamento crítico de grande parcela da população, que se deve, em grande parte, a uma educação precária.

Acredito que os maiores problemas são a desigualdade social gritante, a violência, e a perda de valores, e ainda que tudo isso tem como base a

educação, logo, penso que o maior problema social é a educação de baixa qualidade que o país tem.

O maior problema, que ainda não resolvemos, ou seja, a educação. O sistema que está posto não oferece as mesmas oportunidades para todos. As nossas escolas acabam perpetuando todos os outros problemas sociais.

Dos 22 alunos que responderam ao questionário inicial, 13 ponderam que não haveria ligação entre os problemas sociais e o ensino da Física especificamente, e sim, entre os problemas sociais e a educação de forma geral. Dentre esses alunos, alguns disseram que os problemas seriam: os objetivos da educação (voltada essencialmente para o exame de ingresso ao Ensino Superior), a formação para o trabalho ou a falta de ensino mais crítico. Outros licenciandos declararam que os problemas da educação estariam associados a questões internas à escola ou ao sistema de ensino de forma geral, citando, por exemplo, a motivação de professores e alunos, a formação continuada, a estrutura, a falta de investimentos e a didática. Um aluno considerou que não há relação entre os problemas sociais e o Ensino de Física e um afirmou que não conseguiria estabelecer relação.

Sete alunos explicitaram que há relação entre os problemas sociais e o ensino específico da Física, sendo que as relações estabelecidas associam-se a problemas ambientais, à compreensão do mundo ao redor, à necessidade de ensino prático e experimental mais próximo da realidade do aluno, à associação com desenvolvimento científico e tecnológico do País, à compreensão do funcionamento da natureza, à inclusão tecnológica e digital. Dentre esses depoimentos, reproduzimos, a seguir, alguns que têm um caráter mais próximo de questões pertinentes à abordagem CTS.

Os primeiros depoimentos evidenciam uma visão mais complexa sobre as relações CTS, considerando o potencial do ensino de Física para problematizar questões sociais:

Nossos problemas têm relação com o ensino de Física sim, pois o ensino ineficiente de Física hoje causa um desconhecimento de pessoas sobre a natureza, abrangendo nossos problemas ambientais. Além da educação completa, mesmo que básica de todas as disciplinas é muito importante para formar indivíduos, cabeças pensantes.

A fragilidade de certos setores tecnológicos nos países subdesenvolvidos é fruto dos baixos investimentos em ciência e tecnologia, além do escasso incentivo da difusão da ciência nas séries iniciais.

No caso do ensino de Física, se ele fosse levado mais a sério os jovens se interessariam mais pelas coisas que os cercam pois entenderiam o seu funcionamento e sentiriam mais vontade de transformar, mudar a realidade, que as vezes não é tão boa para muitos.

Já os depoimentos, a seguir, evidenciam uma visão mais linear sobre as relações CTS, considerando os elementos científicos e tecnológicos como a salvação para os problemas sociais, ao invés de relacionar o ensino como fonte de reflexão para tais problemas:

[...] penso que as pessoas não se sentem parte do universo, que existem por acaso e que acham que o mais importante são as relações pessoais. E a Física, como uma ciência que 'explica' a natureza, pode ajudar essas pessoas a verem que a vida faz sentido, muito mais além do que simples preocupações com a beleza, fama e dinheiro.

De um modo geral, o currículo de Física é defasado (basicamente contempla apenas a Física dos séculos XVII e XVIII), não dá conta, por exemplo, das novas tecnologias hoje possíveis e, portanto, não colabora ou não promove a inclusão tecnológica/digital de uma parcela significativa da população.

Novamente observamos alguns depoimentos nos quais os licenciandos consideraram a educação como elemento básico para a solução de problemas sociais. Os depoimentos a seguir deixam claro que os problemas sociais foram associados com questões educacionais gerais e não específicos da Física:

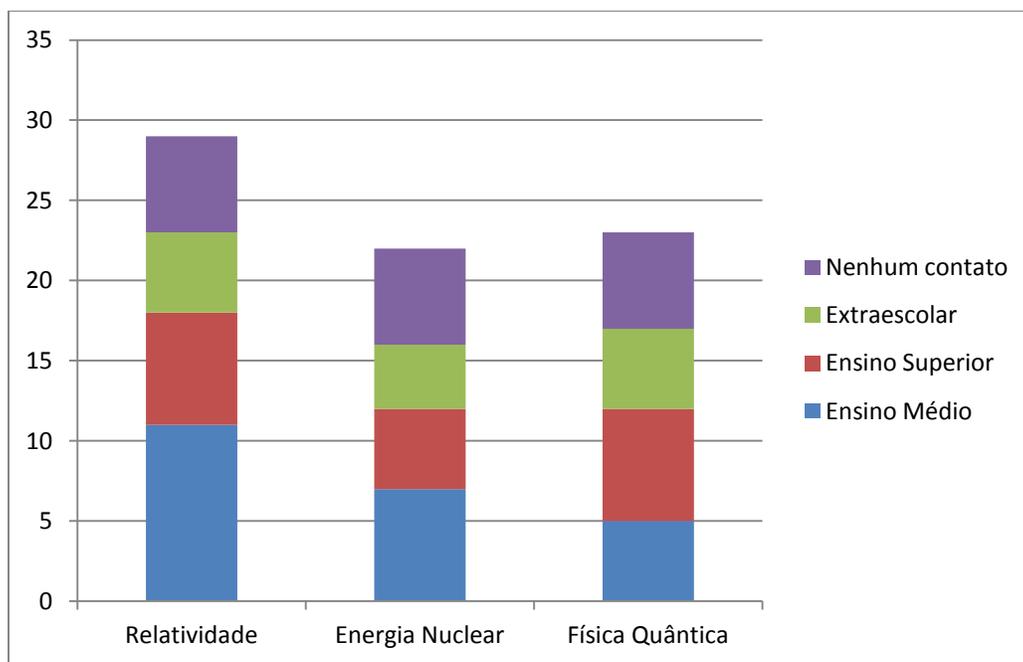
[...] falta de valorização do ensino está sim vinculado à forma como não só a Física, mas as outras matérias são passadas. Os alunos estão cada vez mais se bitolando a querer apenas aprender para passar, isso quando existe a intenção de seguir com o estudo superior. Nós, que gostamos da matéria, devemos apresentá-la de outras maneiras para que o interesse surja e esse interesse possa fazer com que aquele aluno encontre na educação um meio de mudar sua vida.

Com o ensino de Física especificamente não, e sim com a educação de uma forma genérica, pois o desenvolvimento de uma sociedade está intimamente conectado com a educação da população, o nível de escolaridade e mão de obra qualificada.

Quanto a seus contatos anteriores com temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC), observamos que, dos 22 respondentes, seis afirmaram não ter tido contato com essa Física. Dentre os restantes, 12 disseram ter tido algum contato com

FMC no Ensino Médio, nove no Ensino Superior, e oito fora da escola ou universidade. O gráfico da Figura 8 sintetiza o contato anterior desses licenciandos com a Física Moderna e Contemporânea:

Figura 10: contato dos licenciandos com Física Moderna e Contemporânea



Fonte: elaborado pelo autor.

Percebemos que os temas mais abordados no Ensino Superior desses estudantes foram Relatividade e Física Quântica (citados por 7 licenciandos). A Energia Nuclear foi citada por 5 licenciandos. Um deles afirmou ter participado de palestras sobre FMC e outro ter visto “apenas pinceladas” e alguns exemplos.

Já, quando estavam no Ensino Médio, o tema mais abordado foi Relatividade, citada por 11 licenciandos. Sete afirmaram ter tido contato com Energia Nuclear e cinco com Física Quântica. Muitos dos contatos com esses temas ocorreram em situações extraordinárias e não regulares de ensino, como mostram os depoimentos:

Já tive contato com relatividade, Física quântica e energia nuclear apenas no Ensino Médio, através de palestras e aulas “extras”.

[...] alguns professores falaram brevemente sobre relatividade e Física Quântica.

No Ensino Médio os professores falavam superficialmente [...] mais como curiosidade [...] liamos alguns textos de divulgação [...].

[...] o professor apenas citava algo para nos estimular, nos interessar pela Física.

Relatividade e Física Quântica tiveram o mesmo número de ocorrência nos depoimentos no caso de situações extraescolares (cinco) e Energia Nuclear quase o mesmo número de ocorrência que as anteriores (quatro).

Quanto às situações nas quais ocorreram esses contatos, exemplificamos nos depoimentos a seguir que essencialmente foram por meio de documentários e de leituras:

[...] gosto do tema e costumo ler, principalmente quando se relaciona ao tema astronomia.

Contato superficial com todos os temas citados por meio de documentários.

Sim, em documentários que são transmitidos pela TV.

Dos 22 alunos que responderam ao questionário inicial, 17 declararam nunca ter ouvido falar da abordagem CTS e cinco deles afirmaram já ter ouvido falar sobre a abordagem, conforme os relatos a seguir:

Ouvi falar sobre o tema CTS aqui na Unicamp mesmo, através de palestras de incentivo à pesquisa básica para o desenvolvimento social.

Sim, através de colegas que cursaram EL285 em semestres anteriores. Geralmente falavam de forma jocosa, o que é comum na relação alunos de exatas - E. Fís. Mas não tenho embasamento para opinar sobre.

Sim, mas apenas dos assuntos de forma não correlacionados.

Sim, mas bem superficialmente, quando procurei sobre o mestrado em ensino de Ciências e Matemática, fiquei interessando justamente na linha de CTSA.

Quando questionados sobre o que achariam se lhes fosse proposto que abordassem a Física por meio de suas relações com a Tecnologia e Sociedade no Ensino Médio, dos 21 alunos que responderam essa questão, 10 apontaram como incorporariam tal abordagem. Dentre esses 10 estudantes, observamos que, no caso de quatro licenciandos, há um imaginário sobre a abordagem CTS que os faz associar o ensino de Física com o cotidiano ou o dia a dia do aluno:

Acharia uma ótima ideia, e para aplicá-la, tentaria sempre trazer ao aluno exemplo, de preferência de seu cotidiano, de desenvolvimento de novas tecnologias, como estas foram incorporadas pela sociedade e que mudanças causaram.

Acho uma ideia muito interessante, porém não saberia como fazer. Acho que eu buscaria relacionar Física com as coisas do cotidiano, trazendo ideias e soluções práticas no desenvolvimento e melhoramento da vida em sociedade.

Acharia interessante essa proposta. Tentaria relacionar a matéria da Física com coisas do cotidiano, que a maioria das pessoas utilizam e sabem do que se trata.

Acho que nesse caso a ideia seria contextualizar a ciência, no caso a Física, tentando relacioná-la com o dia-a-dia do aluno. Tentar mostrar a ele de como a Física está presente em sua vida, nas suas atividades mais rotineiras.

Dentre os seis estudantes restantes, três associaram a abordagem CTS à diminuição na ênfase usualmente dada à Matemática, aos exercícios e às fórmulas; um deles afirmou que utilizaria experimentação; dois consideraram que nessa abordagem deveria ser respeitada a opinião do estudante e seus conhecimentos prévios; um disse que deveriam ser criadas situações para que os estudantes compreendessem as relações CTS por si mesmos. Percebemos tais elementos nos depoimentos a seguir:

*Eu acharia interessante e tentaria mostrar como é essa relação, de modo que **os próprios alunos ‘descobrissem’ isso em aula.***

*Acharia interessante por que talvez mostrasse para os alunos que **não é só ‘um monte de fórmulas’**, mas ainda não sei como, teria que pesquisar, apresentar onde a Física é aplicada etc.*

*Acho muito interessante, pois as novas gerações estão cada vez mais ligadas em tecnologia. **Buscaria analisar qual o conhecimento que eles têm** e qual o seu contato com a tecnologia e apresentaria para eles as várias aplicações da Física nessa área, por exemplo, como a Física colaborou para se alcançar uma nova tecnologia e complementaria dizendo como essa tecnologia alterou a sociedade.*

*Acharia bom e difícil. Para fazer isso **não daria muita ênfase em fórmulas e cálculos, explicaria a ciência através de observações e experimentos** até os alunos realmente entenderem o que acontece na natureza, no universo.*

*Seria muito bem aplicado e creio que desmistificaria bastante a visão dos alunos sobre o que é a Física. De certo modo tentaria aplicar esse conceito em minhas aulas levando experimento para os alunos e **mostrando onde existem várias aplicações de conceitos que eles veem em aula e acham que só serve para fazer exercícios.***

Alguns estudantes não explicitaram como fariam a abordagem CTS, mas citaram possíveis objetivos dessa abordagem ou tópicos específicos que poderiam ser trabalhados.

Um deles afirmou que a utilização da abordagem serviria para desenvolver o caráter dos estudantes e outro citou o tema “Fontes alternativas de energia”:

Essa é uma ótima ideia desde que priorize o desenvolvimento do caráter, não apenas portar ‘know-how’. A melhor maneira é ter apoio de profissionais da ciência da área pura e aplicada, para fundir o amor incondicional e a utilidade do conhecimento.

Considero esse tipo de abordagem extremamente interessante. A aplicação em sala de aula de conceitos como fontes alternativas de energia tem um forte apelo das necessidades do homem, além de integrar um importante assunto do currículo em Física de forma inovadora.

Dos 21 estudantes que explicitaram como utilizariam a abordagem, quatro apresentaram uma visão linear das relações CTS, enfatizando que a Ciência teria um caráter benéfico para a sociedade:

Acho uma ideia muito interessante, porém não saberia como fazer. Acho que eu buscaria relacionar Física com as coisas do cotidiano, trazendo ideias e soluções práticas no desenvolvimento e melhoramento da vida em sociedade.

Seria algo para pensar. Provavelmente eu (~~relacionaria com a tecnologia~~) mostraria que a sociedade só se desenvolveu quando a tecnologia passou pelo mesmo processo, e que, para isso, foi necessário um amplo conhecimento de Física.

Outros dois deram indícios de visões mais complexas sobre essas relações, conforme observamos em um de seus depoimentos a seguir:

Uma boa proposta, pois mostra aos alunos a intrínseca relação entre ciência, tecnologia e como isso afeta o desenvolvimento de uma sociedade. Poderia fazê-lo através de palestras, experimentos em sala de aula, visita à indústria, etc.

Temas de relevância social e contextualização histórica da abordagem CTS

Na aula de 30 de agosto de 2011, foi iniciada a unidade de ensino com uma discussão sobre trechos de revistas e trechos do documentário *HOME*. A seguir foi solicitado que os licenciandos lessem um texto sobre o contexto histórico da abordagem CTS; redigissem suas dúvidas, concordâncias e discordâncias; escrevessem se utilizariam uma proposta CTS em aulas de Física no Ensino Médio; escolhessem um tema da Física de sua preferência; e explicassem como fariam uma abordagem CTS desse tema.

Dos 11 alunos que entregaram a tarefa, nenhum apresentou dúvidas ou discordâncias quanto à leitura do texto, dois escreveram concordâncias, 10 disseram se utilizariam ou não uma proposta CTS e oito apresentaram formas de abordagem CTS de um tema da Física que escolheram.

Reproduzimos, na sequência, os dois relatos dos licenciandos que apresentaram concordâncias com relação ao texto lido:

Eu concordo plenamente com o texto nos pontos positivos levantados sobre a aplicação da tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade [...] Digo isto como um aluno que recentemente deixou o Ensino Médio e vejo que meu aprendizado foi mais intenso quando relacionado a eventos cotidianos e a própria sociedade como um todo.

Constatamos nessas falas que há novamente associação entre a abordagem CTS e o cotidiano do aluno, mas, além disso, há a associação com questões sociais. É importante notar que o licenciando acessa sua memória discursiva, coloca-se no lugar de estudante e reflete sobre a sua formação recebida, como é o caso do licenciando, cujo depoimento nos esclarece:

Esse foi meu primeiro contato com a abordagem CTS, e devo dizer que simpatizo muito com ela. Quando eu era estudante do Ensino Médio, o assunto que estava em alta eram os transgênicos, e geralmente esse tipo de discussão era deixada para a aula de humanidades, analisando os aspectos econômicos e sociais envolvidos na questão. Mas não havia um tópico do programa de Biologia [...]. O que quero dizer é que dividir os conteúdos da maneira tradicional talvez não seja a mais ideal para que o aprendizado se dê de forma satisfatória. Tenho certeza de que seria muito mais interessante, para mim e os meus colegas que o assunto Transgênicos fosse ensinado com mais profundidade do que os genes alelos dos coelhos – assunto “clichê” cobrado em vestibulares. Talvez, se entendêssemos melhor o que está por trás, biologicamente, dos transgênicos, teríamos mais bagagem para entendermos as discussões nas aulas de Humanidades.

O relato desse licenciando enfatiza a necessidade de conhecimentos específicos das disciplinas para que se compreendam as questões sociais. Além disso, ele critica a fragmentação entre conteúdos e áreas e o ensino voltado, quase exclusivamente, para os exames vestibulares.

Dentre os 10 licenciandos que responderam se utilizariam ou não a abordagem CTS no Ensino Médio, vemos que oito concordaram com essa utilização.

Os depoimentos, a seguir, foram redigidos pelos dois estudantes que apresentaram restrições à utilização da abordagem. Ressaltamos que, no primeiro deles, o licenciando se posicionou como professor e o segundo licenciando se posicionou como aluno. Ambos citam as condições de produção do ensino brasileiro para elaborar suas argumentações:

Bom, aí entra a diferença entre o que gostaríamos de fazer e o que é possível. Sem dúvidas, teria bastante interesse, e tentaria aplicar sim, mas tendo consciência de que estaria deixando de lado o programa previsto pelo material (as apostilas na rede particular e o material do Estado que está recebendo cada vez mais adesão das escolas, devido ao Saresp), o que acabaria gerando cobrança ou por parte da coordenação do colégio, ou por parte de mim mesmo. Sou professor de Matemática com material apostilado e vivo correndo contra o tempo para cumprir o conteúdo. Agora, nas “condições ideais” de trabalho, em que eu possuísse total autonomia sobre minha aula, utilizaria sim, pelos motivos com que justifiquei minha simpatia com a CTS nos primeiros parágrafos. A sensação que tenho conversando com professores de Física, é que muitas vezes está se dando “murro em ponta de faca”, tentando empurrar ao aluno um conteúdo que nada lhe diz. Claro que não podemos fazer apenas uma aula do tipo “documentário”, em que se explica tudo se aprofundando em quase nada. Mas uma aula como essa pode ser o ponto de partida para ser criado o interesse pelo conteúdo, digamos, mais formal, da Física.

A abordagem CTS é muito interessante e eficiente para a construção do pensamento científico. Porém, minha formação atual não me oferece tanta capacidade para abordar a relação da ciência com áreas muito diversas da minha. [...] No texto é argumentado que a CTS não deve ser encarada como um ramo da ciência, mas sim como uma forma de se reformular todo o ensino da mesma, fato esse que considero inviável em nosso atual sistema de ensino, pois de fato eu gostaria de realizar algumas atividades de enfoque CTS com meus alunos, apesar de eu querer ser professora de Matemática, e não Física. Porém, tais atividades não serão regra em meu plano de aula, pois terei conteúdos e programas para seguir, principalmente em escolas privadas que são totalmente voltadas para o ensino baseado em número de aprovações. [...] concordo plenamente que a abordagem de problemas associados à realidade contribui para chamar a atenção dos alunos, porém a proposta de não ter aulas exploratórias que abordem o assunto e acreditar que os alunos absorveriam tudo o que precisam saber das conclusões tiradas do problema analisado para mim é ideal demais, pois eu particularmente ficaria um pouco perdida aprendendo apenas com um problema. Consideraria fundamental uma abordagem mais profunda do professor que permeasse essas conclusões.

Dentre as restrições apresentadas, ressaltamos: a necessidade de cumprir um programa ou a abordagem de conteúdos que o licenciando considerou como os necessários, a falta de formação para trabalhar com uma abordagem como essa, a impossibilidade de reformular o ensino devido ao sistema que está posto, o vestibular. Outra restrição apontada seria a suposta impossibilidade de abordagem mais aprofundada por meio do enfoque CTS, o que seria uma produção de sentido particular do licenciando, já que, de fato, a abordagem CTS não implica a diluição de conteúdos, e sim, seu tratamento contextualizado.

No primeiro depoimento acima, o licenciando criticou uma abordagem centralizada na utilização de documentários, talvez essa produção do licenciando se justifique pelas condições de produção imediatas da disciplina, já que, na aula anterior, havia sido reproduzido e brevemente discutido um documentário sem que assuntos específicos da Física tivessem sido aprofundados.

Na sequência reproduzimos alguns depoimentos dos estudantes que afirmaram que utilizariam uma abordagem CTS:

[...] é interessante e provavelmente chamaria a atenção dos alunos, já que aborda temas diretamente ligados ao cotidiano das pessoas e ao desenvolvimento tecnológico moderno. Além disso, [...] permite explorar temas que fazem com que os estudantes reflitam sobre as questões que os cercam, abrindo suas mentes para o importante papel desempenhado por essas áreas do conhecimento, não apenas como ferramentas para solucionar exercícios.

Creio que a abordagem CTS é uma boa proposta para aplicar aos alunos de Ensino Médio, pode sair bastante do esquema teoria+exercício+prova, e isso pode ajudar os alunos a perceber que há uma implicação social dos conhecimentos adquiridos na escola. [...].

Eu utilizaria uma proposta CTS para a Física no Ensino Médio, pois acredito que assim podemos educar e criar cidadãos capazes de entender ciência e utilizá-la da melhor maneira possível, dando um futuro mais promissor para o nosso planeta.

A partir dos depoimentos dos licenciandos, verificamos que, dentre as vantagens de utilização da abordagem, foi citado que a conexão com elementos do cotidiano ou com desenvolvimento tecnológico moderno motiva os alunos; proporciona reflexões sobre questões sociais e/ou atuais; diminui a ênfase nos exercícios, provas e vestibulares; situa e

auxilia os alunos quanto aos objetivos, às necessidades e à utilidade do aprendizado escolar; facilita o aprendizado.

Apesar de novamente haver referências à conexão com o cotidiano do aluno, há indícios de que esse cotidiano é significado aqui não apenas como exemplificações de fenômenos científicos do dia a dia, ou referência a elementos tecnológicos de uso diário. Nesse sentido, há indícios de que o imaginário dos estudantes sobre a abordagem CTS amplia-se ao abarcar também as questões sociais e/ou atuais que foram citadas em praticamente todos os depoimentos.

Dentre os nove licenciandos que explicitaram como fariam uma abordagem CTS de um conteúdo de Física, percebemos que há clara necessidade de conexão entre os conteúdos de Física e os problemas sociais. A unidade de ensino agiu de forma a provocar deslocamentos com relação a esse aspecto, já que, no questionário inicial, foram poucos os licenciandos que estabeleceram tais conexões. Observamos que, além da leitura do texto, provavelmente o documentário *HOME* e a discussão das notícias da mídia foram condições de produção importantes para esses deslocamentos, já que o desenvolvimento dessas atividades focou questões energéticas e ambientais. De nove depoimentos, seis se referiam às questões ambientais e sete à energia, conforme exemplificamos com as transcrições a seguir:

Um assunto que, em minha opinião, poderia ser utilizado na abordagem CTS seria envolvendo o fenômeno do efeito estufa, envolvendo conceitos físicos de emissão, absorção de energia, reflexão, entre outros conceitos [...] Pois com esse tópico podemos atingir vários conceitos físicos trazendo eles para problemas sociais, envolvendo a realidade, dando condições aos estudantes entenderem sobre o aquecimento global, um dos grandes problemas de nossa sociedade.

Um conteúdo que utilizaria é a Física Nuclear, mais precisamente enfocando a energia nuclear, seu modo de produção, impactos socioeconômicos e como tudo isso influencia o contexto geopolítico. Para tal, penso que seria interessante dividir os alunos [...] incitar um debate entre eles, como o professor apenas sendo um mediador.

Por exemplo: sempre tive muita dificuldade com Eletricidade e Magnetismo. Sentia-me incomodado, na escola, calculando resistências equivalentes sem nenhum propósito claro. Quando montei meu primeiro circuito, na faculdade, vi que ele era muito diferente daquele esquema que desenhávamos no caderno. Nunca havia visto, até então, um resistor em minha frente. Então, um tema como a construção de novas usinas

hidrelétricas no Brasil pode ser uma motivação para esse estudo. Para realizar uma atividade assim, primeiro eu deixaria os alunos, caso eles não estivessem, a par de toda a polêmica que envolva a construção da Usina de Belo Monte. [...]

Escolheria para trabalhar o conteúdo de Termologia. Dentro de termologia aprendemos o conceito de calor, as formas de troca de calor, o conceito de temperatura, dilatação térmica, chegando à teoria dos gases. Penso que uma forma de tratar esse assunto com abordagem CTS seria discutir e trabalhar sobre os aquecedores solares como fonte alternativa de energia, pois a discussão sairia das formulas geralmente apresentadas, a teoria mostraria como é possível utilizar o Sol como fonte de calor, e portanto, de energia, chamando a atenção para um desafio que enfrentamos hoje na sociedade, que é a busca de novas alternativas de energia, devido aos problemas que se agravam com a intensa queima de combustíveis fósseis. Partindo daí, os alunos poderiam se sentir convidados a pensar por que não temos fontes mais limpas, veriam a possibilidade de uma fonte assim, e poderiam fazer pontes desse assunto com assuntos tratados em outras disciplinas, com Geografia, por exemplo, descaracterizando a Física como conhecimento isolado, neutro.

Sentimos uma preocupação recorrente, em vários desses depoimentos, de conectar os assuntos da Física com outras áreas de conhecimento, ou conectar vários conceitos da própria Física entre si, porém os licenciandos reafirmam, a todo o momento, a necessidade de abordagem de conteúdos específicos da Física. Um deles disse ser preciso abordar a história dos conceitos citados.

Quanto às formas de ensino, vimos que foram citadas: discussões e debates; atividades que implicam a tomada de decisões, inclusive na própria escola visando uma posterior atuação social; atividades que gerem questionamentos e reflexões; investigação do que os estudantes já conhecem sobre os temas abordados; trabalhos em grupos; incentivo à participação dos estudantes; exposição de conteúdos.

Quanto aos tópicos específicos de Física foram citados: óptica; absorção, reflexão e emissão de luz; Física e Energia Nuclear; Eletricidade e Magnetismo; Energia de forma geral e/ou sua conservação; Termologia; Ondulatória; Mecânica.

É significativo percebermos que um dos licenciandos escolheu um tema para a abordagem CTS com o qual teve dificuldades de aprendizado, ao invés de escolher um tema da Física que gostava, como foi solicitado na questão.

Prescinde observar que, em alguns dos depoimentos, houve indícios da ideia da abordagem CTS como ensino concreto de conceitos por meio de exemplos práticos ou cotidianos. A fala, a seguir, exemplifica um caso em que a abordagem CTS não estaria associada à prática de problematizar as questões sociais:

[...] explicaria aos alunos os conceitos básicos de ondas: o que são, quais os tipos, como se propagam. [...] mostraria a eles exemplos de como as ondas estão presentes em nossa vida cotidiana, seja no rádio, nas televisões, na internet, no micro-ondas. Citando o rádio, por exemplo, introduziria o conceito de frequência. E encontraria um exemplo real da utilidade de ondas no cotidiano para cada novo conceito. [...] fazer com que os estudantes percebessem como os avanços nessa parte da ciência melhoraram a tecnologia nos dias atuais, melhorando e influenciando a vida de toda a sociedade. Faria exercícios para exemplificar a aplicações das fórmulas (que nesse caso não são muitas)[...]

Também constatamos alguns indícios de uma visão linear das relações CTS, na qual foram enfatizadas as contribuições da ciência para a produção tecnológica, considerada, por sua vez, como benefício e fonte de desenvolvimento social.

Ensino de Física e Sociedade

Na aula de 13 de setembro, foi realizada uma discussão inicial sobre a leitura de um texto que visava sensibilizar os licenciandos para a importância entre o ensino de Física e as questões sociais (Teixeira, 2003) e um texto com caráter CTS que abordava conteúdos da Física Nuclear (Souza Cruz, 1987). Também foi solicitado que os licenciandos escrevessem suas dúvidas e as ideias principais extraídas dos textos lidos.

Com relação ao texto de Teixeira (2003), os licenciandos apresentaram as seguintes dúvidas e discordâncias associadas com a abordagem CTS:

Como é o desenvolvimento CTS na parte da Matemática? Pois pelo que percebo é muito mais simples encontrar-se práticas CTS na área de Física ou Química. O que é um educador de orientação progressista?

Nas considerações finais do texto são apontados alguns motivos pelos quais não se desenvolve esse tipo de ensino, ou porque ele ainda não é feito de maneira correta. Mas o maior foco está relacionado à formação do professor. Achei a forma como ele expõe essa ideia muito crítica e desvinculada do resto do texto. Penso que a formação dos pedagogos pode sim ser um problema, mas não que seja o maior. O texto todo aponta para inúmeros outros problemas e termina focando no professor. Fica muito forçado pensar assim, e põe em dúvida se a formação que os futuros professores de Física estão recebendo hoje está voltada para a

resolução desses problemas, danificando, portanto, a imagem das universidades em geral.

O primeiro depoimento deixa claro uma boa relação do licenciando com a abordagem CTS, já que o futuro professor dá indícios de que teria intenção de conectar o ensino da Matemática com questões sociais.

Já no segundo, percebemos que o licenciando assumiu a posição de professor ao considerar que o texto, em sua opinião, atribuiria grande parte da responsabilidade das mudanças do ensino aos docentes e suas formações, elemento que causou incômodo ao futuro professor.

Com relação ao texto de Souza Cruz (1987), os licenciandos fizeram comentários sobre a estrutura do texto, a forma de escrita do autor e considerações sobre o acidente e sua relação com o ensino. Provavelmente essas observações tenham surgido a partir do posicionamento desses licenciandos como professores, analisando um possível material de ensino (talvez por influência da análise que estavam realizando de materiais de ensino) e do tema que os sensibilizou:

O texto tem por objetivo esclarecer alguns aspectos a respeito da radiação ionizante, e o faz em linguagem simples, próxima à coloquial, de maneira acessível, para que, assim, o conhecimento acerca do que é abordado seja mais facilmente espalhado. [...] Alguns conceitos, por muitas vezes, são bastante simplificados, sem preocupação com o rigor científico, como aquele referente ao pósitron, que, segundo o texto, 'é um elétron de carga positiva'. Também são feitas algumas analogias, a fim de se facilitar o entendimento por parte do leitor, como, por exemplo, ao se comparar o núcleo radioativo a garrafas de champanhe.

O texto me fez pensar mais sobre o porquê essas questões ficaram pendentes, talvez, se esses assuntos já fossem trabalhados anteriormente, se a população tivesse mais conhecimento acerca disso, o número de pessoas contaminadas seria menor, o medo seria menor, podendo a tragédia, portanto, tomar menores proporções.

É pressuposto que já se tenha um conhecimento mínimo do que são átomos, suas composições, etc.. [...] Infelizmente o acidente radioativo de Goiânia causou problemas, mas, tentando pensar de maneira positiva, com ele pudemos inserir na sociedade alguns conceitos de Física moderna que não são explorados em salas de aula e nem discutidos no cotidiano, aumentando assim a cultura geral dos cidadãos e seus conhecimentos científicos.

Ressaltamos que, em um dos depoimentos, o licenciando considerou que o texto não seria meio de ensinar Física já que que o estudante já deveria conhecer o assunto antes de sua leitura. Em outro, um dos licenciandos considerou que o texto não teria o que ele chamou de “rigor científico”. Provavelmente esses elementos estão associados a um imaginário forjado em um ensino fragmentado, que considera que a ligação de conteúdos com elementos sociais não faria parte do ensino de Física.

A segunda atividade da aula de 13 de setembro de 2011 foi a análise realizada pelos licenciandos sobre o caráter CTS de alguns materiais de ensino, quando pudemos observar como os estudantes estavam significando a abordagem CTS.

No funcionamento do imaginário dos licenciandos, a produção da ciência e sua história foram incluídas como elementos que tornariam o material adequado à abordagem CTS, conforme observamos nos depoimentos a seguir:

[...] Se encaixa no CTS se fosse explorado juntamente com a Física citada, como uma forma de transmitir a motivação que o cientista teve na época para realizar tais estudos [...].

Mostra como diferentes cientistas tinham diferentes explicações para um mesmo problema.

No prefácio, Newton apresenta a questão com que se deparou, o contexto social da época e as dificuldades em elaborar suas teorias, se desconsiderasse os aspectos matemáticos do problema. As definições são apresentadas de uma forma bem direta e um breve exemplo. Consideramos que para uma abordagem CTS o prefácio seria mais interessantes do que as definições em si [...] apresenta a História da Ciência e faz questionamentos sobre o empirismo.

[...] Parece que os textos que melhor se adaptam a uma abordagem CTS ficaram para o final. Novamente um texto que mescla história da ciência e elementos retirados do cotidiano do aluno. Um texto que humaniza e contextualiza a ciência.

Em um dos depoimentos, no qual o licenciando evidenciou a produção da ciência como elemento pertinente à abordagem CTS, notamos que essa adequação se referiu ao tratamento da Ciência como não neutra, aspecto bastante associado à abordagem CTS:

[...] esse texto poderia ser usado numa abordagem CTS porque, apesar de não partir de problemas sociais da atualidade, faz referências a problemas da sociedade em que Newton vivia, ilustra como ele se portou tentando resolver tais problemas e mostra, inclusive, dificuldades encontradas por ele, descaracterizando a ciência como algo neutro. Para

ser utilizado em sala de aula reportaríamos o aluno para aquela época fazendo-os pensar como eles próprios lidariam com tais problemas.

Os licenciandos também valorizaram a tomada de decisões a partir do aprendizado científico, salientando que a abordagem da produção científica possibilitaria ao estudante colocar-se no papel do cientista.

A tomada de decisão também foi associada à abordagem CTS nos depoimentos a seguir. No primeiro depoimento, os estudantes ponderam que a linguagem do texto induziria a um posicionamento ativo e, no segundo, associam a tomada de decisões ao conhecimento e à informação:

[...] Já de início as figuras demonstram tratar-se de um método mais contextualizado e mais atrativo, o qual pode ser incluso em uma abordagem CTS. O próprio uso da primeira pessoa do plural já estimula o leitor a buscar um papel mais ativo.

Trata-se de mais um texto de cunho teórico, porém podemos trabalhar um trecho do texto no qual o autor fala que pessoas sem conhecimento de Física atual defendiam Aristóteles e não Newton. Assim poderíamos levar para a sala de aula uma abordagem que trate do despreparo da sociedade para receber algumas informações, podendo ser facilmente influenciados ou interpretar de maneira errônea um fato.

Outro elemento mais uma vez intensamente associado à abordagem CTS foi a relação estabelecida entre a Física e o cotidiano. Naquele momento, o cotidiano foi significado, em alguns depoimentos, como aplicações da Ciência na realidade, visando diminuir a abstração, ao invés de ser considerado com problemática social, conforme observamos nos depoimentos a seguir:

Trata-se de um texto mais contextualizado que o anterior (por contextualização entendemos uma tentativa de trazer a Física ao nosso cotidiano, ou seja, torná-la mais 'concreta', mais 'real', mais próxima do dia-a-dia). Entretanto, não é, ou não parece ser, muito atrativo a um aluno com menos interesse em Física. Não seria passível de uso mediante abordagem CTS.

O texto mostra a evolução da ciência, trazendo história e mostrando como o conhecimento chegou ao que temos hoje. Em uma abordagem CTS podemos relacionar a lei descrita com assuntos atuais (foguetes, viagens no espaço).

[...] É possível trabalhar a abordagem CTS neste texto uma vez que é possível levantar questões do cotidiano e também expandir as ideias para situações problemáticas como batidas de carro, etc...

[...] a partir da leitura do texto notamos que se trata apenas de conceitos teóricos e não de 'problemas sociais ou tecnológicos'. Porém é possível

otimizar questões práticas da sociedade, como “diminuir atrito entre asfalto e pneu”, entre outros.

Em outros depoimentos, vemos que há associações entre a abordagem e as problemáticas sociais:

[...] A linguagem deste texto parece ser mais formal – a linguagem Matemática é prova disso, não há, além disso, uma abordagem da problemática social, a qual é característica do enfoque CTS. Logo, não é um livro adequado.

Para um estudo específico de Física, o texto é válido, porém a problematização dele dentro de um contexto de práticas sociais seria de difícil abordagem.

[...] continua fechado em seu próprio assunto, não fazendo ligações com problemáticas sociais, por isso não usaríamos em um trabalho CTS.

Dentro da CTS é possível trabalhar este texto desde que previamente seja tratada alguma prática social da qual os conceitos de Física [...] estejam sendo tratados.

Apesar da associação entre Física e problemáticas sociais nos depoimentos anteriores, essas problemáticas foram citadas de forma genérica sem que possamos compreender como os licenciandos as estariam entendendo.

No último depoimento, verificamos que os licenciandos citaram a importância das questões sociais, entretanto está implícita uma visão fragmentada, na qual a problemática social está descolada dos conceitos ou conteúdos específicos da Física. Essa fragmentação já tinha ocorrido em outros depoimentos, nos quais o enfoque CTS não é indicado como meio de se abordar o conteúdo científico:

Não se encaixaria em CTS, pois requer um conhecimento específico.

Apesar de conter referências históricas sobre o processo de formulação das leis de Newton, não utilizaríamos numa abordagem CTS porque requer um conhecimento relativamente grande de conceitos de Física para ser completamente compreendido.

A necessidade de estabelecimento de relações mútuas, entre Ciência, Tecnologia e Sociedade também foi apontada como critério em alguns dos depoimentos:

Não se encontra no texto a chamada abordagem CTS, vemos várias definições de caráter muito técnico, as quais não facilitam a assimilação do conteúdo. Trata-se de algo bastante formal. Além disso, não há ligação propriamente dita com tecnologia e sociedade. O conteúdo é apresentado por si só.

[...] Também não se enquadra na abordagem CTS, pois não há relação ou proposta de relação, entre a ciência e a sociedade e suas mútuas implicações.

Há diversos depoimentos nos quais os licenciandos criticaram a ênfase matemática, ou a abordagem de conteúdos por si só, elementos que não se adequariam a uma prática CTS:

[...] não se encaixa na abordagem CTS e não dá abertura para tal pois utiliza uma linguagem técnica e se limita aos conceitos físicos puros na definição da mecânica clássica.[...] já é um texto mais conceitual, mais teórico, onde a abordagem CTS não se encontra aplicada, apesar de citar exemplos usuais, reais, são escassos, e a linguagem do texto, através das fórmulas e conceitos teóricos, não permite a abordagem CTS .

[...] utiliza uma abordagem CTS se desapegando de fórmulas, com uma linguagem acessível [...] podemos ver inclusive nos exercícios uma abordagem CTS, fugindo de teorias e cálculos puros.

[...] O texto apresenta fórmulas e as enuncia utilizando uma linguagem Matemática. Apresenta alguns exemplos, mas percebemos que continua muito fechado em seu próprio conteúdo, não possibilitando, portanto, uma abordagem CTS.

[...] as definições não podem ser usadas com abordagem CTS, pois são totalmente desprovidas de aplicações à realidade do aluno além de serem definições extremamente formais.

Este texto não é aplicável a abordagem CTS, pois é muito científico.

Existem depoimentos nos quais os licenciandos associaram, de forma equivocada, a abordagem CTS à prática experimental, provavelmente por considerarem ser algo inovador em relação ao ensino atualmente praticado:

[...] mas na abordagem CTS o que se destaca como fator interessante são os exemplos de reprodução das experimentações que constituem em uma atividade inovadora, como tentar reproduzir o pêndulo de Newton, ou analisar a inércia com objetos de massas diferentes.

E, por fim, no depoimento, a seguir, observamos uma crítica aos livros “tradicionais” do Ensino Médio, no que se refere à utilização da abordagem CTS:

[...] Texto tradicional de Física do Ensino Médio – totalmente distante da abordagem CTS.

Sintetizamos as análises dos textos realizadas pelos licenciandos e os critérios utilizados para considerar a adequação ou não a uma abordagem CTS. Dentre as características dos textos que os incluíam na abordagem CTS estiveram:

- Permite ou facilita a extensão para questões sociais;
- Tem linguagem acessível;
- Apresenta elementos que têm aplicações ou relações com a realidade do aluno;
- Compreende análise de problemas;
- Inclui história ou produção da ciência;
- Apresenta exemplos do cotidiano.

Dentre as características dos textos que os impediram de ser utilizados em uma prática CTS, foram citados:

- Linguagem técnica;
- Conceitos e/ou definições descontextualizados;
- Base na exposição de conteúdos;
- Abordagem de alguns temas específicos que não teriam caráter CTS (no caso quantidade de matéria, força e quantidade de movimento);
- Exposição de grandezas fundamentais da Física;
- Elementos sem aplicação prática.

Vivência de experiência CTS

Na aula de 04 de outubro, foi realizada a apresentação CTS sobre energia nuclear com o tema “Escassez de energia”. Nesse momento foram feitos questionamentos aos licenciandos com os quais buscávamos gerar discussões, no entanto elas não aconteceram. Os licenciandos raramente responderam às perguntas ou manifestaram suas opiniões.

Solicitamos, no final da apresentação, que eles escrevessem e entregassem suas impressões, mas apenas cinco realizaram essa tarefa.

Novamente a abordagem CTS foi citada como meio de conectar a Física com a realidade dos estudantes:

*Uma primeira vantagem é exatamente a idade dos alunos, **que mesmo com uma limitação muito grande para o entendimento profundo desse conhecimento em virtude da falta de ferramentas matemáticas, os***

mesmos são jovens para começar a entender esse tipo de coisa e começar a gostar do assunto logo cedo, visto que passando com a abordagem CTS, ficaria mais fácil e agradável a aprendizagem, relacionando sempre com fatos da realidade dos estudantes, aproximando a Física nuclear deles, mostrando-lhes que é algo presente na vida de todos, comprovando a importância do entendimento. Tudo isso faz com que formemos cidadãos que no começo de suas vidas profissionais já entendam sobre problemas desse tipo, visto que muitos não verão a Física após o término do Ensino Médio, deixando uma bagagem para todos, além de estimular alguns a estudar mais fora da aula, buscando conhecimento por vontade própria.

Essa fala deixa evidente que o licenciando levou em conta que a utilização da abordagem CTS facilitaria o entendimento do conteúdo de Física Nuclear, o que não seria possível se tal conteúdo fosse tratado com ênfase matemática.

Outro licenciando apontou de forma positiva a discussão concomitante de uma questão social e o conteúdo de Física Nuclear, o que seria um deslocamento se considerarmos os indícios de fragmentação nos depoimentos anteriores. O licenciando também entendeu a abordagem como uma alternativa que motivaria os estudantes se comparada à prática exclusiva de resolução de exercícios:

Vantagens: Aula menos “conteudista” que dialoga com o cotidiano do estudante. Aborda temas que extrapolam o currículo tradicional de Física e que capacita o estudante a participar de discussões pertinentes ao seu meio de atuação. Acredito que trabalhar o conteúdo de energia nuclear, com os alunos do Ensino Médio dessa forma apresentada tem vantagens no sentido de que o assunto de Física está totalmente relacionado com assuntos atuais, neste caso, fontes de energia. Ao mesmo tempo que se trabalha a questão social, de busca de fonte alternativa de energia, é introduzido um conteúdo de Física. Nos slides, foram mostradas equações de fusão nuclear e este tópico foi bem trabalhado, de forma não muito complicada, dando abertura ao assunto, de modo que o aluno possa ter conhecimento podendo ter seu interesse possivelmente despertado para essa área. Dá-se assim a oportunidade de o aluno ter contato com um conhecimento de Física diferente dos que geralmente lhe são apresentados, e de maneira diferente, pois não se limita a uma exaustiva repetição de exercícios.

Dentre as desvantagens apresentadas pelos licenciandos, estão a falta de materiais, o tempo escasso e o vestibular, conforme observamos no depoimento seguinte:

Quanto às desvantagens, acredito que estas residem numa possível falta de tempo para o professor. Tendo em vista que a maioria dos

*colégios de nível médio tem como principal objetivo a aprovação do aluno no exame vestibular, e geralmente possuem um material a ser utilizado e um cronograma a ser seguido, **acredito que o professor possa encontrar dificuldades em conciliar o conteúdo que “precisa” passar, e resolver determinados exercícios para vestibular, com este conteúdo apresentado utilizando a abordagem CTS.***

Ainda quanto às desvantagens, pela primeira vez vimos um depoimento no qual o licenciando se manifestou de forma negativa quanto à relação entre o conteúdo abordado em sala de aula e questões cotidianas:

Para finalizar, eu acho que os professores têm que tomar certo cuidado de não se precipitarem em dar aula sobre um tema que estourou na mídia, como foi o caso da usina do Japão, sem que os alunos tenham um conhecimento prévio do assunto, às vezes isso pode mais atrapalhar do que ajudar os alunos, confundindo a cabeça deles com assuntos que eles ainda não estão familiarizados.

A crítica presente nesse depoimento está associada à fragmentação entre conteúdos específicos e questões sociais, ideia já manifestada em outros depoimentos.

Um dos licenciandos considerou que abordagem CTS da Física Nuclear perderia o que ele chamou de “rigor científico”, por ser qualitativa:

Perde-se um “rigor científico”. Algumas discussões acabariam sendo demasiadamente qualitativas.

Os licenciandos também manifestaram dúvidas, dentre elas uma associada à contradição entre um ensino diferenciado e às formas tradicionais de avaliação:

Dentro deste contexto de cobrança com relação ao vestibular, me vem uma dúvida sobre a aula apresentada. Os modos de avaliação fogem do padrão de prova, fórmulas, e exercícios de vestibular. Achei interessante, justamente por ser diferente, porém, isso não seria um problema para o colégio também, pois mudaria o modo de avaliação que o colégio geralmente utiliza?

Planejamentos de ensino

Nas últimas aulas da disciplina, os licenciandos passaram a preparar suas próprias unidades de ensino, que seriam apresentadas no final do semestre.

Pedimos a eles que escrevessem quais concepções de Ciência eles pretendiam auxiliar os estudantes a construir com a unidade de ensino CTS. No gráfico da Figura 11,

apresentamos as categorias encontradas nas respostas dos licenciandos e a porcentagem dessas ocorrências:

Figura 11: concepções de Ciência dos licenciandos.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maioria dos licenciandos considerou que a unidade de ensino CTS ajudaria a construir a compreensão de que a Ciência está presente no cotidiano ou no dia a dia dos estudantes, conforme observamos abaixo em alguns dos seus depoimentos:

*Ajudar os estudantes a entender que a **Ciência não está só nos livros, ou na escola, mas também no dia-a-dia**, onde eles podem aplicá-la.*

*Pretendemos ensinar uma "**ciência**" tal que os alunos sejam capazes de perceber que ela está presente no cotidiano deles [...].*

*Pretendemos ajudar os estudantes a **construir uma concepção de que a Ciência rodeia nossas vidas e nossos cotidianos** [...].*

*[...] queremos **mostrar a utilidade e a importância da ciência na vida das pessoas, mostrando a sua presença no cotidiano**.*

Observamos que esse não é um elemento característico da abordagem CTS, mas foi, durante toda a disciplina, intensamente associado a ela pelos licenciandos.

Um elemento, mais próximo da abordagem CTS e bastante relacionado às concepções de Ciência a serem ensinadas, foi a importância de abordar seu processo de construção, conforme observamos nos depoimentos a seguir:

Pretendemos também abordar a maneira através da qual a ciência é construída.

Queremos transmitir uma visão construtiva de ciência, isto é, é importante que o aluno compreenda todo o processo de formação do pensamento científico, desmistificando assim a ciência, fato que promove uma aproximação entre o aluno e o trabalho científico e que com isso eles fiquem mais entusiasmados tanto com a aula quanto com a ciência.

Outro elemento citado nos depoimentos dos licenciados sobre as concepções de Ciência e muito pertinente à abordagem CTS foi o seu caráter humano:

Entender a Ciência como um processo humano e que, portanto, há muitas interpretações para o mesmo fato, mesmo nas ciências 'exatas'. Entender o processo científico como uma sucessão de tentativas e erros.

A ciência como construção humana e como tal, continuamente em construção, ou melhor, em revisão.

Os licenciandos também apontaram outros elementos bastante característicos da abordagem CTS associados às suas concepções de ciência: suas relações com tecnologia e sociedade e a possibilidade de participação social.

O objetivo principal seria formar cidadãos capazes de entender e argumentar na sociedade em que vivem e os problemas relacionados à mesma.

Ciência como ferramenta para a sociedade, relação com os problemas que encontramos no mundo em que vivemos.

A ciência como atividade que impacta a sociedade e vice-versa.

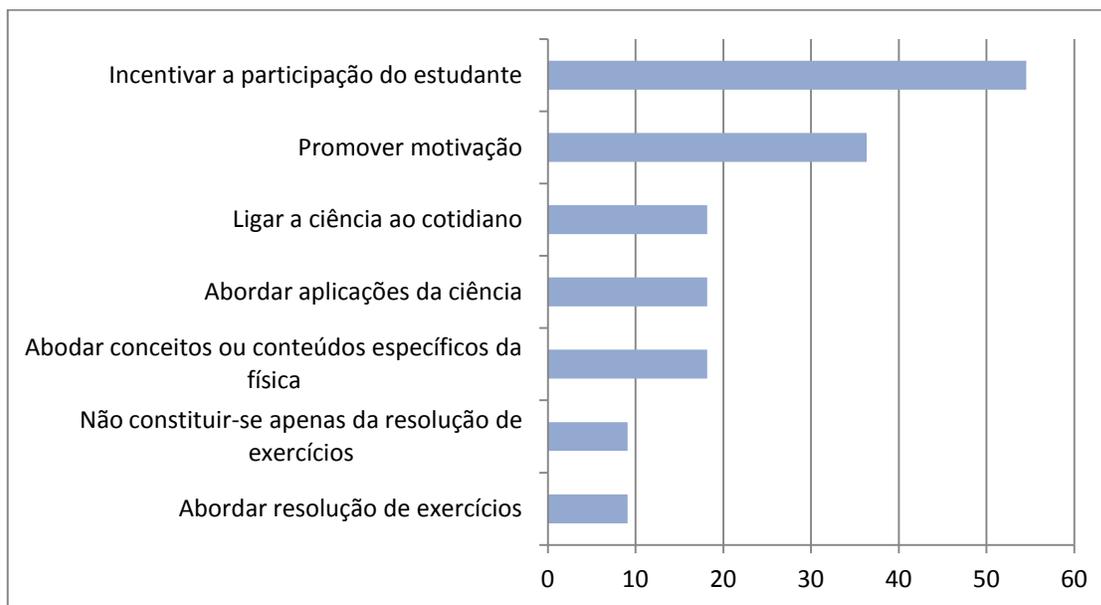
Também houve depoimentos nos quais eles criticaram uma concepção de Ciência veiculada de forma exclusivamente matemática:

Pretendemos construir uma visão de ciência ampla que permita o estudante uma compreensão completa do mundo, não prendendo os estudantes a livros didáticos não formando apenas 'resolvedores' de exercícios.

É importante notarmos que algumas das concepções de ciência apresentadas pelos licenciandos pareceram estar bastante associadas com outras condições de produção abordadas na disciplina "Conhecimentos em Física Escolar I". Esse é o caso da inserção da História e da Filosofia da ciência em prática CTS, já que eles levantaram elementos filosóficos ou, por exemplo, a teoria de Thomas Kuhn.

Em seguida, perguntamos quais seriam as principais ideias sobre ensino e aprendizagem que embasavam o planejamento da unidade de ensino. No gráfico da Figura 12, sintetizamos os elementos presentes nas respostas dos licenciandos e apresentamos suas porcentagens de ocorrência:

Figura 12: ideias de ensino e aprendizagem que fundamentaram as unidades de ensino.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os estudantes priorizaram, em sua resposta, um ensino que valorizasse a participação dos estudantes, o que seria importante em uma prática CTS. Observamos esse elemento nas transcrições abaixo:

Seria basicamente a ideia de um ensino dinâmico, onde os alunos possam participar ativamente das aulas, com o objetivo de não formar apenas ouvintes, mas sim indivíduos ativos e capazes de discutir e defenderem a sua opinião diante de problemas da sociedade da qual fazem parte.

Visão contrária de uma educação 'bancária', em que o professor apenas deposita o conhecimento na cabeça do aluno. Entender que o educando possui muitos conhecimentos adquiridos fora da sala de aula, e que tais conhecimentos podem ser usados como ponto de partida para o ensino.

O ensino não se dá apenas com a transmissão de informação e conhecimento, mas principalmente está ligado a uma problematização com o aluno, dando sentido à aprendizagem.

O aprendizado deve dotar o aluno de habilidades que promovam sua intervenção em seu meio social.

A motivação também foi preocupação constante dos licenciandos na apresentação de suas ideias sobre ensino e aprendizagem, como exemplificado adiante:

*Mesmo que as ideias que os educandos trazem sejam contrárias ao que se ensina em Física, **isso pode ser usado como motivação**, ou melhor, tentar explicar porque o aluno está errado [...].*

*Na questão de ensino e aprendizagem acredito que seja **interessante levar aos alunos estratégias que mais atraem seus interesses**.*

Em um dos depoimentos, a resolução de exercícios foi criticada e em outro foi considerado que ela não deveria ser o único instrumento de ensino, mas deveria fazer parte da unidade:

*Acreditamos que o atual ensino de ciências é feito de maneira incorreta e classicamente monótona (com as mesmas técnicas pedagógicas). De tal modo, **a aprendizagem do aluno é incompleta e 'forçada' (com uso de muitos exercícios para uma fixação equivocada de conteúdo)**. Assim, estamos sustentados em novas abordagens didáticas, tais como recursos audiovisuais, uso de História da Ciência, enfoque CTS e outros. Achamos que **fugir do padrão atual de ensino, ou até mesmo adaptá-lo, é uma excelente forma de interagir com o aluno, incentivando-o**.*

*Como aluno nossa ideia de ensino é teoria+exercícios. Porém pretendemos modificar essa ideia quando atuarmos como professor, **introduzir debates sobre o assunto, mesmo considerando importante a parte de resolução de exercícios**.*

No relato anterior, observamos que os licenciandos refletem sobre sua própria formação como estudantes, criticando as concepções de ensino com ênfase matemática e teórica.

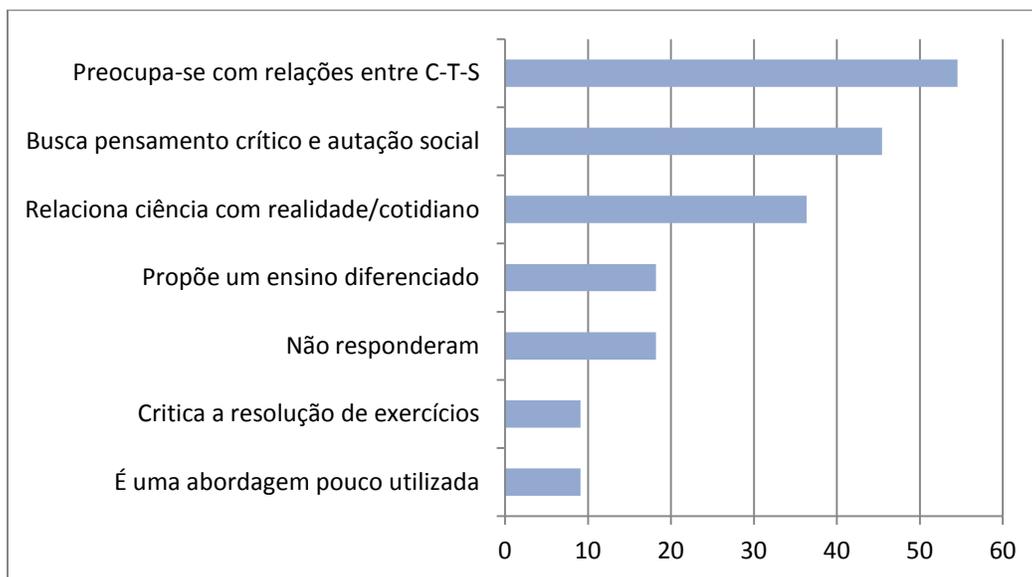
Em alguns depoimentos, as ideias de ensino e aprendizagem ou estiveram ligadas à mediação exclusiva de conteúdos específicos ou enfatizaram as aplicações da ciência no cotidiano, nem sempre de acordo com a abordagem CTS ou até em contraposição a ela, conforme as falas a seguir:

Explicar os processos de fissão e fusão nuclear, como são obtidos os subprodutos decorrentes do processo.

O ensino deve ser contextualizado, apoiado em elementos presentes no cotidiano do aluno.

As respostas dadas, ao serem questionados sobre o julgavam ser uma abordagem CTS, estão sintetizadas na Figura 13.

Figura 13: concepções sobre abordagem CTS durante a disciplina.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maioria dos licenciandos considerou que a abordagem CTS estaria associada com as relações estabelecidas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, conforme depoimentos na sequência:

*É uma abordagem que **visa estreitar a ligação entre ciência, tecnologia e sociedade**, como já sugerido pelo nome.*

*Consiste em tentar **aliar o conteúdo do currículo de Física, ciência em geral, com questões que envolvam a relação entre tecnologia e sociedade.***

*A abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) é uma maneira de envolver professores e alunos, **mostrando como a ciência está vinculada a tecnologia e como estão inseridas na sociedade.***

Essa abordagem considera ciência, tecnologia e sociedade e suas mútuas implicações.

Nesses depoimentos não há indícios tão claros como nos momentos anteriores de que eles estariam estabelecendo relações lineares entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Os licenciandos também consideraram que a abordagem estaria associada à busca de pensamento crítico e atuação social:

*Através dela, **busca-se formar um indivíduo capaz de pensar criticamente utilizando o conhecimento científico.***

A CTS no ensino de Física, vem sendo utilizada principalmente para tratar de questões ambientais envolvidas no uso de certas tecnologias, objetivando a formação do senso crítico e ético no aluno.

O último depoimento evidencia que o licenciando considerou que a abordagem CTS trataria exclusivamente de questões ambientais, construção de sentido mediada provavelmente pelas condições de produção da disciplina, já que questão ambiental foi elemento constantemente abordado.

Novamente a abordagem CTS foi relacionada ao cotidiano do estudante, afastando-se de concepções de fato sustentadas pela abordagem:

A abordagem CTS consiste em trazer para o aluno informações do seu dia a dia e através delas discutir conteúdos da Física e suas implicações na sociedade.

Consiste em trazer conteúdos científicos para o cotidiano dos alunos [...].

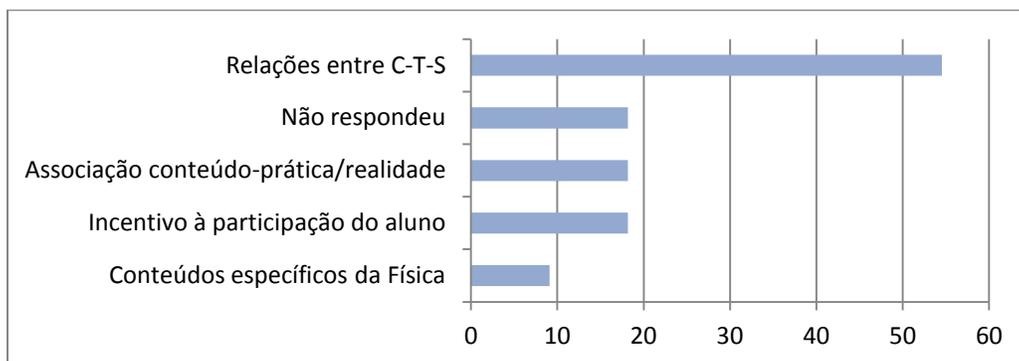
Outros licenciandos identificaram a abordagem CTS apenas como uma nova proposta de ensino, associada a estratégias diferenciadas ou ainda contraposta à prática exclusiva e exercícios:

A abordagem CTS consiste numa proposta de mudança de ensino através da qual seja possível formar-se alunos que compreendam a realidade em que estão inseridos. Para isso propõe-se o uso de atividades com debates, jogos, simulações, em suma, estratégias que sejam capazes de incorporar o aluno ativamente nas aulas e conseqüentemente em sua vida.

Essa abordagem vem sendo utilizada muito pouco no Ensino Médio, pois a maioria das escolas se preocupa com vestibular e foca na resolução de vários exercícios.

Perguntamos aos licenciandos quais aspectos da abordagem CTS seriam enfatizados em suas unidades, por que e como. No gráfico da Figura 14, sintetizamos as respostas e apresentamos as porcentagens de sua ocorrência:

Figura 14: ênfases CTS nos planos de ensino dos licenciandos.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maior parte dos licenciandos pretendia enfatizar as relações entre Ciência, Tecnologia e/ou Sociedade, o que estaria de acordo com os depoimentos anteriores sobre o que consiste a abordagem. Nos relatos a seguir, verificamos como e por que eles pretendiam dar essa ênfase as suas unidades de ensino:

*Gostaríamos de enfatizar a **relação existente entre uma tecnologia desenvolvida e uma dada problemática social**, a fim de se compreender a situação **de forma mais global e menos fragmentada**.*

*Relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade **através da leitura de jornais e revistas, discutindo a questão da energia nuclear**.*

*Pretendemos enfatizar a relação de ciência com a sociedade, e os problemas que nela existem. **Pois, a partir disso, o aluno poderá compreender melhor ou se sentir mais motivado a aprender sobre ciência, e como ele pode ajudar, com seus conhecimentos científicos, a sociedade na qual está inserido**. Para estabelecer essa relação começaremos envolvendo os alunos com algum problema e **desenvolvendo uma discussão** na qual eles possam sugerir soluções.*

*Pretendo **destacar como o assunto científico a ser tratado interfere na sociedade, mostrando os impactos ambientais, entre outros**. Acredito que é uma boa estratégia **para prender a atenção dos alunos, que normalmente acham que a ciência é somente teórica**. Pretendo enfatizar **mostrando fatos já ocorridos prejudiciais/benéficos** que envolvem determinado assunto.*

*A **ênfase será dada sobre a política envolvida** sobre o assunto, como a política influencia o meio em que vivemos e os rumos que uma má gestão pode levar a sociedade e o meio ambiente. Tentaríamos dar ênfase **mostrando várias discussões provocadas em todo âmbito político**.*

O grupo pretende enfatizar o aspecto histórico, na medida que pretendemos mostrar a ciência como construção humana e social ao abordarmos as implicações do uso de certos tipos de tecnologia.

Ressaltamos que, no primeiro depoimento, o tratamento das relações CTS estaria associado a uma diminuição na fragmentação do ensino. No último depoimento, novamente a história da ciência foi associada à mediação da construção da ciência e suas relações com sociedade.

Outros elementos não tão característicos da abordagem CTS foram citados, por exemplo, como tornar o ensino menos abstrato e utilizar atividades práticas. Uma das duplas ressaltou aspectos do conteúdo. Vejamos esses casos nos fragmentos a seguir:

*[...] abordagem **mais prática contextualizando o conteúdo** abordado, pois com isso pensamos que poderemos atingir um grau maior de aprendizado.*

*O aspecto que se pretende **enfatizar é a relação do conteúdo com a realidade do aluno buscando encontrar alguma atividade que permita tal relação.** O motivo para tal enfoque decorre do fato que essa é a maior carência no ensino de Física, já que os **alunos tomam o conhecimento científico como abstrato e próprio apenas para a resolução de exercícios.***

*Enfatizar a **emissão de radiação e seus malefícios que são o principal perigo da utilização da energia nuclear.***

Também perguntamos aos licenciandos se eles consideravam que a abordagem CTS seria adequada para tratar da questão nuclear com estudantes do Ensino Médio e por quê. Em todas as respostas dadas, os licenciandos afirmaram que a abordagem CTS seria adequada, e dois licenciandos não responderam a questão.

A maioria dos licenciandos considerou que a abordagem CTS seria adequada para abordar a questão nuclear devido às relações sociais, científicas e tecnológicas associadas a essa Física:

*Sim. **Talvez a questão nuclear seja um dos melhores exemplos em que a abordagem CTS se encaixaria com perfeição.** Isso tendo em vista o atual contexto geopolítico, por exemplo, onde ocorre um debate sobre tal tecnologia – algo provido pela ciência – e seus impactos positivos e negativos sobre a sociedade.*

*Sim, pois **a Física nuclear está intensamente ligada à sociedade de hoje,** sendo não só adequada como de extrema importância este tipo de abordagem para tratar esse assunto.*

Sim. Por ser um assunto atual que envolve a sociedade como um todo, devido à geração de energia, impactos ambientais e riscos.

*Sim, a abordagem CTS é adequada. Isso se deve ao fato da utilização da Física nuclear para – principalmente – geração de energia estar crescendo. Com isso as discussões em torno do aumento também aumentam, já que a geração desse tipo de energia envolve diversos fatores sociais e ambientais. **Numa abordagem CTS, esses problemas podem ser devidamente discutidos, por isso tal estratégia didática é conveniente.***

Os licenciandos também ponderaram que, como a questão nuclear exigiria posicionamento dos estudantes, ela estaria associada com a abordagem CTS:

O objetivo não é que ele entenda o tema com a visão de um cientista, mas sim que seja **capaz de ter uma compreensão mínima da questão** o suficiente para que, ao se deparar com alguma notícia ou discussão sobre o tema, **seja capaz de se posicionar.**

A abordagem CTS **seria muito adequada para tratar tal questão com alunos do Ensino Médio para que uma opinião crítica seja formada** e que estes alunos possam adquirir um conhecimento significativo sobre o assunto, uma vez que a maioria não verá mais esta questão ao longo de sua carreira acadêmica.

Sim, **porque as implicações práticas são evidentes e o maior objetivo do ensino de Física nuclear é que o aluno tenha maior domínio sobre tais questões e consiga além de compreendê-la, tomar decisões conscientes sobre tais questões**, saiba argumentar sobre o assunto, defender-se e poder atuar de fato em sua vida e nada melhor para isso do que a abordagem CTS.

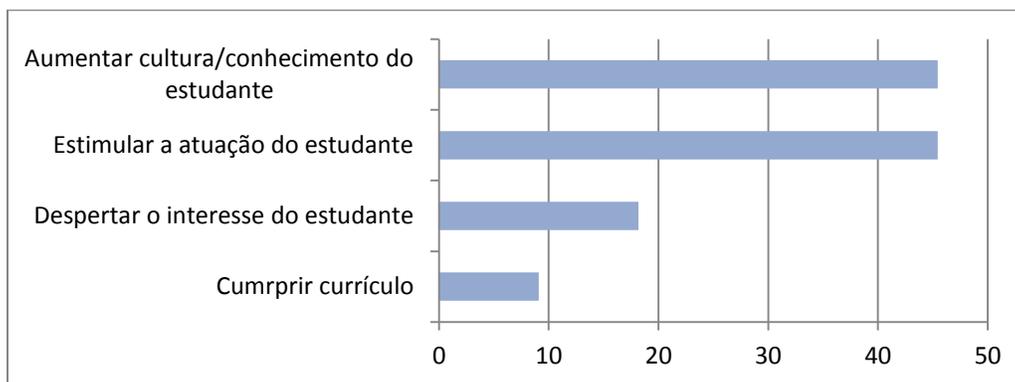
Já alguns licenciandos perceberam que, visto que a abordagem CTS seria uma alternativa a um enfoque com ênfase matemática da Física Nuclear, isso a tornaria mais difícil para os estudantes do Ensino Médio:

O aluno não estaria preparado para aulas de Física nuclear nos mesmo moldes em que se ensina a Física clássica (postulados, teoremas, equações e exercícios), pois a Matemática necessária para descrever os fenômenos nucleares é de nível superior.”

Sim, um tema difícil, abstrato, não tem uma linguagem fácil e é pouco discutido e muito presente na atualidade. CTS seria uma ferramenta/abordagem que facilitaria o trabalho desse conteúdo.

As respostas dadas referentes aos objetivos da unidade de ensino foram compiladas e encontram-se, com suas porcentagens de ocorrência, no gráfico da Figura 15.

Figura 15: objetivos das unidades de ensino elaboradas pelos licenciandos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Grande parte das repostas girou em torno do objetivo de aumentar o conhecimento dos alunos, e uma parcela também significativa, do objetivo de estimular a atuação dos estudantes:

Procurar, numa situação hipotética, estimular o pensamento crítico por parte do aluno em relação à questão nuclear.

O objetivo é fazer com que o aluno tenha condições de opinar e argumentar sobre questões que envolvem bomba atômica, guerra, desenvolvimento científico em prol da paz?, entre outros.

Capacitar o aluno a relacionar os conceitos de Física com as questões ambientais, sociais, políticas e econômicas.

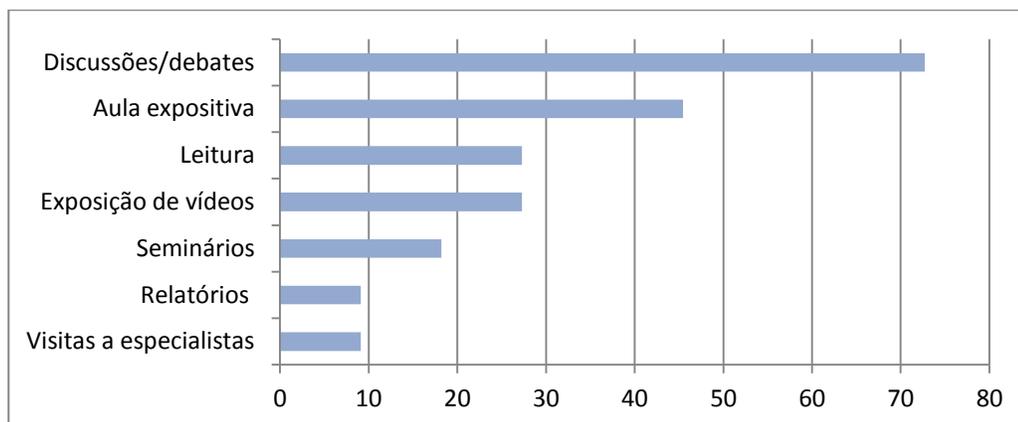
Estimular a formação crítica.

Formação de uma postura crítica/ética no aluno.

Também foram citados como objetivos: despertar o interesse dos estudantes e cumprir o conteúdo do currículo escolar.

Quanto às atividades que os licenciandos pretendiam desenvolver para atingir seus objetivos, apresentamos a porcentagem de ocorrência no gráfico da Figura 16

Figura 16: atividades que seriam desenvolvidas nas unidades de ensino.



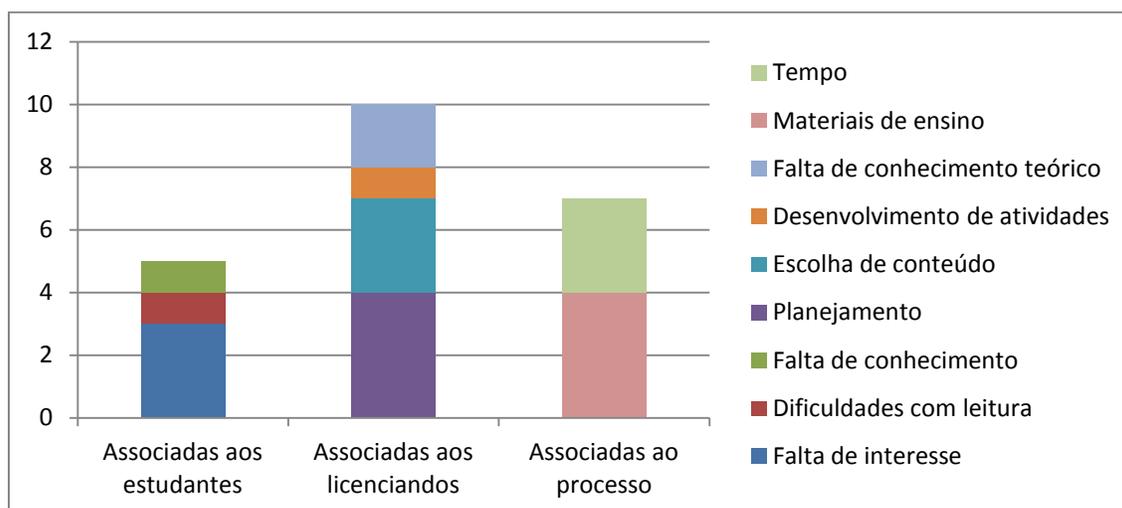
Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às formas de avaliação, foi possível perceber que houve preferência pela tradicional avaliação escrita, seguida pela avaliação contínua. Também observamos que diversos licenciandos não responderam à questão.

Por fim, perguntamos aos licenciandos quais seriam suas dúvidas na elaboração da unidade e quais suas maiores dificuldades nessa atividade.

O resultado desse questionamento está no gráfico da Figura 17, que foi dividido em três categorias de acordo com as dificuldades: aquelas mais associadas aos estudantes, às próprias dificuldades dos licenciandos e aquelas que estariam mais relacionadas com a estrutura e o processo de ensino:

Figura 17: dificuldades de ensino apresentadas durante o desenvolvimento da unidade



Fonte: elaborado pelo autor.

Diante do gráfico apresentado, percebemos que as maiores dificuldades dizem respeito aos próprios licenciandos, seguidas por questões relacionadas ao processo de ensino e, por fim, por elementos que se referiam aos estudantes. Também é interessante notarmos que a maior quantidade de dificuldades refere-se ao planejamento da unidade e à escolha de materiais de ensino, talvez por serem questões mais imediatas.

Há um considerável deslocamento entre tais dificuldades e aquelas apresentadas no questionário inicial, já que, no início da disciplina, a maior quantidade de dificuldades apresentadas pelos licenciandos referia-se aos alunos.

Transcrevemos, a seguir, algumas de suas respostas para que seja possível evidenciar que elas são bem mais específicas do que aquelas apresentadas, quando do questionário inicial:

Achar materiais com o tipo de linguagem adequada para este tipo de público e a possível falta de interesse por parte dos alunos.

Na montagem dos tópicos abordados e quais tópicos serão abordados.

Dificuldades dos alunos com leitura.

Dificuldades de realizar debates: tempo de execução; surgirem dúvidas que fogem ao escopo da unidade, tirando o foco da discussão (mas que podem ser importantíssimas, mas não previstas pelo professor).

Planejamento: falta de bagagem teórica do próprio autor (eu); dificuldade em selecionar quais conteúdos devem entrar na unidade; dificuldade em decidir a importância ou validade do material usado para discussão em sala (confiabilidade da revista de divulgação, por exemplo).

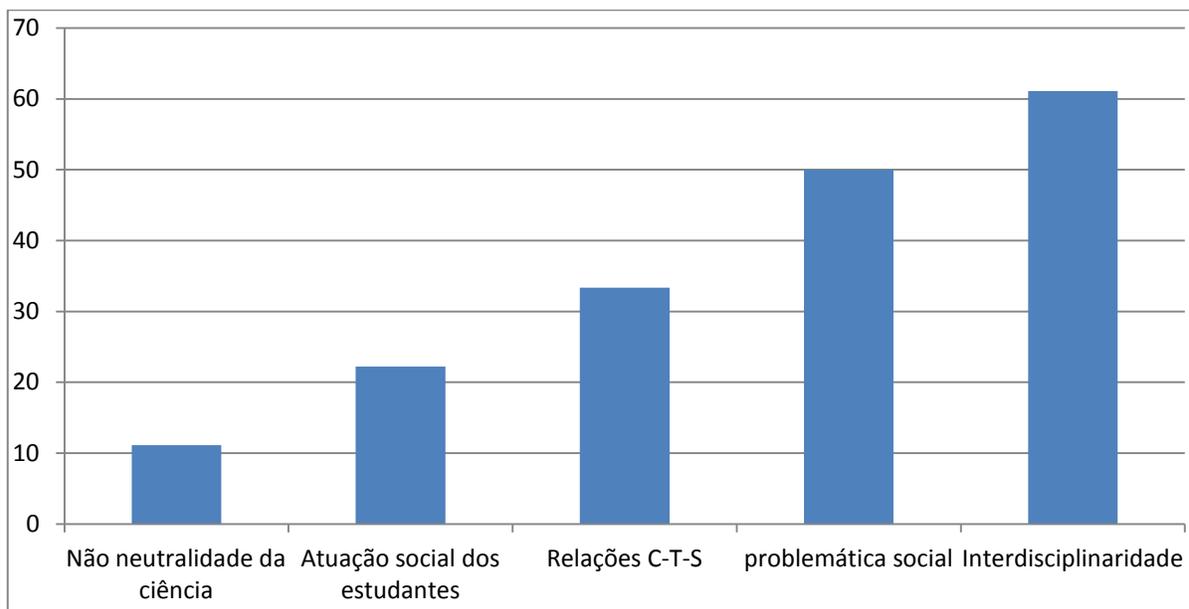
Imaginamos desconhecimento dos alunos sobre o conteúdo, já que não é um conteúdo comumente trabalhado em sala. E talvez iniciarmos com uma abordagem mais simples.

Particularmente preciso dominar mais o assunto a ser abordado, devo ter clareza ao montar o plano de aulas e encontrar referências de bons autores.

Unidades de ensino apresentadas

No que tange às unidades de ensino elaboradas, apresentamos no gráfico da Figura 18 a presença de elementos CTS:

Figura 18: elementos CTS identificados na análise das unidades de ensino elaboradas



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

Observamos que, apesar de os planejamentos enfatizarem a necessidade de abordagem das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e de atividades que proporcionassem a atuação social do estudante, a maior parte das unidades incluiu a interdisciplinaridade e as problemáticas sociais.

Dentre os 18 trabalhos apresentados, nove licenciandos procuraram focar sua unidade em alguma problemática social, derivando dela os conteúdos de Física nuclear. Outros nove centraram a unidade nos conteúdos de Física e não em questões sociais.

Mostramos, a seguir, alguns trechos dos trabalhos dos licenciandos que se preocuparam com a inserção de temas de relevância social:

*O Foco da Unidade de Ensino é tentar responder, junto aos educandos, à seguinte pergunta: “O Brasil precisa de mais uma Usina Nuclear?” Portanto, **trataremos das questões sobre Física e energia nuclear pertinentes a esse problema, tentando não fugir do tema. Pois sabemos que falar de Energia Nuclear nos dá a “tentação” de explicar sobre bombas atômicas, e assuntos relacionados. [...] Explicaria os conceitos básicos de Física para entender o processo de geração de Energia Nuclear [...]***

*[...] escolhi o tema Fissão e Fusão nuclear como novas matrizes energéticas.[...] **Assim podemos deixá-los envolvidos nas discussões sobre a escassez de matrizes energéticas e mostrar algumas soluções possíveis para esse problema, que tem sido bastante comentado***

ultimamente principalmente nos aspectos de encontrar uma nova fonte barata, com poucos impactos ambientais e que seja sustentável. No Brasil, por exemplo, tem-se discutido a real importância de dar continuidade à construção de Angra 3 no Rio de Janeiro.

A unidade didática a ser detalha tem como principal objetivo levar para a sala de aula de alunos do Ensino Médio um assunto de ampla importância para a sociedade como um todo: energia nuclear. Mais precisamente, o objetivo principal é mostrar como a questão do lixo nuclear interfere na vida das pessoas, a maneira com a qual é produzido, como deve ser tratado, como acontecem e conseqüentemente como evitar acidentes, quais são as conseqüências de um acidente, entre outros aspectos.

A primeira aula começará com um assunto de repercussão mundial recente que envolva energia nuclear, o acidente na usina nuclear de Fukushima, no Japão [...] Plano de aula: Iniciar a aula com fotos e vídeos mostrando como foi o acidente de Fukushima. Após as fotos o professor de Física iniciaria uma aula expositiva explicando o que é um reator nuclear, mostrando o reator de Fukushima, Angra 1 e Angra 2 explicando a ideia do funcionamento do reator. [...] pois o objetivo principal, que ele veja que a ciência está presente na sociedade, e o conhecimento científico adquirido o ajudará a filtrar informações e se posicionar criticamente sobre o assunto que a ele é exposto.

Conforme exemplificado nos depoimentos anteriormente explicitados, diversos licenciandos preocuparam-se não apenas com a inserção de uma questão social, mas também com problemáticas específicas da sociedade brasileira.

Nos depoimentos na sequência, além da inserção da problemática social os licenciandos tiveram o cuidado de explicitar sua importância e/ou necessidade no ensino CTS:

O crescente aumento da população mundial e desenvolvimento de diversas nações tem posto em pauta a questão da escassez energética. É fato que a maior parte da energia que é produzida atualmente provém dos combustíveis fósseis. Essa fonte de energia, porém, possui um limite e irá se esgotar. Frente a essa questão, a Energia Nuclear tem se fortalecido como possível alternativa para produção energética. Esta unidade de ensino destina-se à discussão de fontes nucleares dentro desse contexto tão relevante na sociedade atual. A estratégia a ser utilizada para tal toma por base o enfoque C.T.S. (Ciência, Tecnologia e Sociedade), [...] Neste enfoque: “De início, uma problemática extraída da sociedade é introduzida; em seguida, uma tecnologia relacionada ao tema é apresentada e analisada, e o conteúdo (conceitos e habilidades científicas) é definido em função do tema e da tecnologia relacionada.

*Através dessa visão problemática da ciência é que essa unidade de ensino se estrutura, a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, CTS, é o pilar [...] É difícil imaginar que exista um assunto que se encaixe tão perfeitamente nessa proposta como a energia nuclear, as questões relativas à escassez energética e a busca por fontes menos poluidoras são problemas evidentes na sociedade e o tratamento dessa problemática em sala de aula é perfeito para desenvolver a prática CTS. **Vale destacar aqui que é necessário tomar certos cuidados com a ordem desse tipo de trabalho: não é válido dar voltas em cima do conteúdo e chegar na problemática, o processo deve ser inverso, partir de uma questão problema e elaborar estratégias de contextualização, que sejam capazes de fazer com que o aluno entenda a forma com que tal conteúdo afeta a sua vida.***

*Deste modo poderemos aplicar um conteúdo mais voltado para o social e menos para a aplicação do currículo escolar, queremos dar ao aluno uma visão crítica do assunto apontado dados e fala de especialistas para que nossa apresentação consiga impressionar o aluno de uma forma clara e com respaldo científico.[...] **O assunto não será carregado em Física, pois o foco principal é trabalhar a energia nuclear na sociedade e nada melhor que trabalhar diretamente na nossa sociedade por isso o tema escolhido para a palestra é a construção de novas usinas de energia nuclear com enfoque na construção de Angra 3.***

Queríamos salientar que, em alguns dos trechos acima transcritos, os licenciandos enfatizaram que os conteúdos de Física tratados deveriam ser aqueles pertinentes à problemática social escolhida.

Nos trechos reproduzidos a seguir, exemplificamos alguns trabalhos que não priorizaram o tema social, mas, pelo contrário, derivaram o tema do conteúdo específico.

*Analisaremos agora o tratamento do tema “Energia Nuclear” no nível do Ensino Médio. [...] **Para começar a tratar do tema, a principal base para a continuidade é a fixação bem clara do que é um átomo, sua constituição e seu comportamento.** Dessa forma, abre-se caminho para a discussão sobre o tema proposto. [...] **Com uma abordagem CTS, podemos vincular o tema às questões ambientais e socioeconômicas que os cercam.***

*A ideia é que nas aulas que compõem a unidade de ensino sejam apresentados, **inicialmente, tanto os conceitos físicos básicos para a compreensão do que vem a ser Energia Nuclear, quanto o desenvolvimento histórico** dentro da Física que resultou em tais conceitos. A seguir, procura-se discutir, de modo amplo, o papel que a “Energia” possui na geopolítica internacional e de que forma a sociedade e afetada e lida com isso. Por fim, e feita uma análise da relação entre a sociedade e a energia nuclear em âmbito mundial, bem como uma comparação entre energia nuclear e energias renováveis, verificando*

pros e contras no contexto brasileiro. [...] Passadas as três aulas dedicadas à exposição teórica de modo mais pronunciado, buscaremos tratar dos aspectos geopolíticos envolvidos na questão nuclear, ou seja, tentamos incorporar a unidade uma abordagem CTS.

Em suas falas, os licenciandos não explicitaram questões sociais específicas, apenas citaram a necessidade de relacionar tais questões com o conteúdo. Julgamos ser esse um indício de que eles não estariam de fato preocupados com questões sociais e com sua pertinência no ensino de Física, mas apenas satisfazendo uma necessidade, ou um pré-requisito da abordagem.

No próximo depoimento, o licenciando escolheu não um tema que julgou ser socialmente importante, mas um que reputou ser do interesse dos estudantes:

Com o intuito de despertar o maior interesse possível dos alunos, o assunto explorado nesse artigo será a própria Física nuclear com ênfase em armas nucleares [...] O intuito dessa unidade de ensino é o de basicamente informar, esclarecer pontos da Física que não são abordados na grade tradicional de ensino de Física em nenhum fragmento do ensino básico, que é a Física Nuclear, visto que é clara a necessidade de os alunos conhecerem esse tipo de coisa já que o mundo todo discute sobre tais temas. [...] Essa primeira parte seria algo mais expositivo, sendo o professor não apenas um mediador, mas realmente ativo, sendo a aula mais clássica [...]

Vemos que, no último depoimento, o licenciando pretendia introduzir os conteúdos e, em seguida, elencar elementos práticos associados a esse conteúdo, sem necessariamente se preocupar em abordar conteúdos pertinentes a uma questão social. No último trecho grifado, inclusive, o licenciando explicitou que o objetivo da unidade seria abordar os conteúdos de Física nuclear.

Nos trechos transcritos em seguida, ficou claro que, apesar de os licenciandos escolherem temas dos quais derivariam os conteúdos, esses não se configuram como problemáticas sociais de fato.

Começa com uma introdução sobre a Física nuclear, citando as aplicações principais no mundo atual (energia nuclear e desenvolvimento de armas nucleares) e aplicações em outros campos como: medicina nuclear, máquinas de ressonância magnética (algo que os estudantes já devem ter ouvido falar), diagnósticos por imagem e a datação por carbono-14 (processo muito utilizado na geologia e

arqueologia). Em seguida, as aplicações principais são destacadas e o átomo é apresentado.

O tema escolhido foi Usinas Nucleares. Será estudado seu funcionamento, forma de obtenção de energia, vantagens, desvantagens, questões de segurança e fotos do local. [...] Por se tratar de um tema que já está inserido em CTS por definição, pois é necessário ter o conhecimento de Física Nuclear (Ciência) aplicada (Tecnologia) e tem um forte impacto social (Sociedade) como veremos a seguir. [...] Eu fiz uma apresentação com os tópicos que eu considere necessários e fundamentais para o entendimento do funcionamento de uma Usina Nuclear. [...] A ideia é apresentar no começo o que é uma usina nuclear, antes de apresentar alguma matéria, para provocar os alunos. [...]

Tendo-se ainda o enfoque CTS como embasamento, **se extrairá o conteúdo relativo ao funcionamento de um reator nuclear**, bem como a diferença existente entre os vários tipos de reatores existentes, a partir do acidente de Fukushima (prática social).

Tendo como objetivo final apresentar ao aluno o funcionamento de um reator nuclear, encontramos na abordagem CTS uma perspectiva educacional mais abrangente, que nos **permitiu pensar o ensino de ciências a partir de suas aplicações à vida real** e de sua relevância à vida pessoal dos alunos.

Em alguns dos depoimentos acima, há sinais da influência de uma visão linear¹⁸ das relações CTS (trechos grifados). Nesses casos, os licenciandos consideraram elementos tecnológicos como aplicações sociais da Ciência.

No que diz respeito às relações entre ciência, tecnologia e sociedade, percebemos que, em 12 das 18 unidades de ensino, os licenciandos não abordaram tais relações ou explicitaram relações lineares, considerando que a Ciência é produzida de forma isolada e a Tecnologia seria a aplicação social da ciência, normalmente para gerar bem-estar social. Mostramos, a seguir, alguns trechos dessas unidades:

No tanger da tecnologia, no caso nuclear, possa promover a melhora da qualidade de vida. [...]A elaboração desta aula visando o enfoque CTS, pois é necessário a interação entre sociedade e tecnologia. [...]Os alunos devem possuir essa criticidade, pois alguns alunos participarão de projetos que podem beneficiar a sociedade, eles devem possuir essa crítica para que a tecnologia seja benéfica a todos ou seja o

¹⁸ Trata-se da interpretação de Luján e colaboradores (1996). Os autores apresentam esse modelo como uma visão comum das pessoas para explicar como a ciência se desenvolve linearmente, interferindo na sociedade. Teríamos então o desenvolvimento científico (DC), que geraria o desenvolvimento tecnológico (DT), gerando, por sua vez, o desenvolvimento econômico (DE) e, por fim, o desenvolvimento social (DS). Esquemáticamente, teríamos a sequência: DC→DT→DE→DS” (TEIXEIRA, 2003, p181)

conhecimento adquirido irá beneficiar a comunidade.[...] Por que a relevância social da energia nuclear é muito impactante na sociedade atual, já que muitos atuais utilizam a energia nuclear desde sistemas de propulsão, no caso de projetos secretos da NASA, engenharia, medicina, produção energética.

Deve-se apresentar a ciência como ferramenta para ajudar a resolver problemas da sociedade em que vivemos. [...] Aplicação da ciência na sociedade: uso da Energia Nuclear como alternativa para o problema da escassez de fontes de energia.

O enfoque que é dado a esta unidade de ensino se baseia na abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e, na base de discussões que ocorrerão durante as aulas, os alunos entenderão a relação entre os avanços na ciência e a produção de novas tecnologias, que leva a uma melhoria na qualidade de vida da sociedade.

Conscientizar acerca de impactos ambientais e sociais causados pelo uso indevido de tecnologia, na unidade didática em questão, impactos relacionados com o lixo nuclear.

O tema por mim escolhido foi: O funcionamento de uma Usina Nuclear. Por se tratar de um tema que já está inserido em CTS por definição, pois é necessário ter o conhecimento de Física Nuclear (Ciência) aplicada (Tecnologia) e tem um forte impacto social (Sociedade) como veremos a seguir.

Ainda quanto às relações entre ciência, tecnologia e sociedade, vemos que seis das unidades apresentadas demonstraram visões mais complexas sobre tal relação. Na sequência alguns trechos dessas unidades ilustram o que foi analisado:

Entretanto, para que isto se torne realidade, é essencial, entre outras coisas, que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.[...] Em particular, a História da Ciência, dentro de uma perspectiva CTS, pode contribuir para a humanização da Ciência, possibilitando a discussão, em sala de aula, da influência de fatores sociais, políticos, econômicos, éticos, culturais e religiosos que ela sofre em seu decurso. Evidencia também a existência de uma ideologia dominante sobre a atividade científica e quais os setores que controlam e se beneficiam desta atividade, mostrando como o desenvolvimento científico influencia a sociedade e de que maneira as demandas geradas a partir de fatores econômicos, sociais, políticos, geográficos, históricos, culturais, etc., influenciam o desenvolvimento da Ciência. [...] Pretendemos nessa abordagem histórica salientar o aspecto “dialético” da ciência, que frequentemente retoma algumas idéias abandonadas em algum momento histórico em detrimento de uma ideologia dominante.

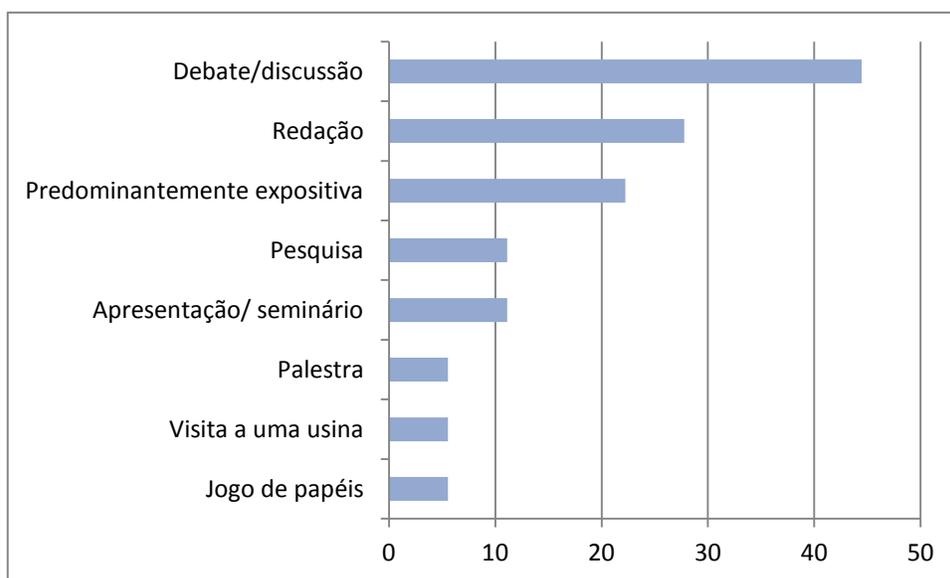
*Observa-se que o ensino tradicional, caracterizado pela aula expositiva seguida de uma série de exercícios padrões, não é capaz de fazer com que o aluno desenvolva capacidades de prognosticar as consequências do desenvolvimento **tecno-científico** e tomar atitudes responsáveis para solucionar problemas, questões do mundo atual.[...] Esse trabalho está fundamentado na crença de que **a ciência e a tecnologia são elementos imprescindíveis para que o aluno possa estabelecer uma compreensão humana do mundo construído por seres humanos. [...] o livro aborda as questões entre ciência, tecnologia e sociedade e diante de um apelo histórico fala sobre as transformações produtivas e as consequências sociais, científicas, tecnológicas, econômicas.***

Começaremos pelo projeto Manhattan, projeto este implementado pelos Estados Unidos e cujo objetivo foi desenvolver uma bomba atômica antes dos Nazistas. Também serão abordados os lamentáveis acontecimentos de Hiroshima e Nagasaki Nessa parte recomendaremos a leitura de alguns capítulos do livro de Werner Heisenberg A Parte e o Todo. Nos capítulos “A possibilidade da técnica atômica e as partículas elementares (1935- 1937)” e “Sobre a responsabilidade do pesquisador (1945-1950)” existem relatos importantíssimos no sentido de incentivar o papel que o cientista e a ciência possuem perante a sociedade. Será discutido ainda o arranjo geopolítico da guerra fria e como este era composto por um aspecto armamentista baseado nos arsenais atômicos possuídos pelos EUA e pela URSS. [...] Que interesses econômicos e políticos estão envolvidos no principal tipo de energia por nos escolhido? Ha, de fato, uma carência que justifica a produção de energia nuclear?

Observamos, nesses trechos, que o imaginário dos estudantes funciona, ao significar as relações CTS com a ciência como produção humana e como processo histórico.

Também analisamos se as atividades previstas nas unidades de ensino contribuiriam para a atuação social do estudante. No gráfico da Figura 19, temos as atividades que foram citadas nas unidades de ensino elaboradas. O item “predominantemente expositiva” refere-se às unidades de ensino que foram elaboradas com poucas atividades protagonizadas pelos estudantes e essencialmente desenvolvidas pelo professor.

Figura 19: atividades identificadas na análise das unidades de ensino elaboradas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Observamos que grande parte das unidades elaboradas previu a realização de debates ou discussões, práticas pertinentes à abordagem CTS. Mais da metade dos licenciandos não inseriu atividades que induziriam a atuação social dos estudantes, e, quando elas aconteceram, ou foram realizadas apenas no final da unidade ou desconectadas do conjunto. Os trechos transcritos, em seguida, demonstram alguns desses casos:

Com essa aula o tempo de duração dessa temática seria seis aulas. Já que os documentários são longos, após apresentação do material seria feito um debate entre prós e contras da energia nuclear. [...] No final da apresentação, a classe dividida em prós em contras sobre a energia nuclear [...] terão adquirido conhecimento e a criticidade para responder sobre o uso dessa energia. Então, prós colocarão os pontos positivos do uso da energia nuclear e os contras também farão o mesmo e cada grupo tentará convencer um ao outro até chegar num consenso. Ao final, os grupos farão uma discussão sobre o porquê do consenso.

É possível perceber, nesse primeiro relato, que, apesar de ter havido a inclusão da atividade, em um conjunto de seis aulas, o licenciando reservou pouco tempo para o desenvolvimento da atuação do estudante, compreendendo uma abordagem essencialmente expositiva.

Também sabemos que usina nuclear é um tema de contradições, há muitas pessoas a favor e contra esse tipo de tecnologia, então isso

poderia criar um debate na sala com argumentos prós e contras, porém para ser bem fundamentado qualquer um dos lados, é necessário um bom conhecimento do assunto.

O licenciando demonstra com sua fala que não há a intencionalidade de criar um debate, mas o próprio assunto geraria naturalmente tal debate.

Alguns exemplos de inclusões de atividades, modestas, que auxiliariam na atuação social do estudante, podem ser depreendidas dos depoimentos a seguir:

Quanto à avaliação, seria utilizado um livro intitulado: “Energia nuclear, a energia do futuro?”, tal texto seria cedido aos alunos para uma leitura em casa e questões de caráter pessoal e de pesquisa seriam colocadas e uma última questão seria respondida em grupo, que cobra um posicionamento do aluno em relação ao tema, após quinze dias as questões respondidas seriam entregues e um debate promovido pelo professor, responsável por conduzir o debate, de modo a fazer com que todos manifestem suas opiniões diante de um assunto tão polêmico e que cada vez ocupa mais espaço. O questionário e o debate ocupariam papel complementar na média final.

Na quarta aula discorreremos sobre posições e depoimentos de ambientalistas e cientistas renomados sobre a energia nuclear, demonstrando prós e contras de sua utilização. Após esta apresentação será feita uma roda de discussão com os alunos, para que eles exponham suas opiniões e tirem suas dúvidas e também fazer um debate sobre a utilização da energia nuclear no Brasil.

Quatro licenciandos reservaram papel preponderante para a atuação social dos estudantes em sua unidade. a seguir, reproduzimos alguns trechos de suas unidades de ensino e observamos que atividades associadas com a atuação social constituíram também as formas de avaliação em algumas dessas unidades.

*[...] na aula 1 proporia um debate sobre Energia Nuclear. [...] na aula 2, apresentaria o histórico do convênio Brasil-Alemanha [...] Forneceria a eles dados sobre o potencial de Angra [...] Utilizaria notícias de jornais para apresentar esses dados [...] A partir dessas informações, apresentaria o debate [...]: “você concorda com a construção dessa usina?” [...] Os alunos teriam total liberdade para expor suas opiniões [...] Para averiguar o aprendizado [...] proporia a realização de seminários sobre o assunto. [...] Seria planejada uma Assembleia da turma, com o objetivo de discutir o apoio à criação de uma nova Usina Nuclear no Brasil. Um grupo faria o papel de “mesa”, mediando as falas. [...] Ao professor caberia o papel de relator, **apenas**. [...] **caberia à turma redigir uma carta ao Conselho Nacional de Política Energética [...]***

manifestando sua posição em relação à construção de Angra III. [...] Seria uma boa oportunidade de os alunos sentirem, na prática, o que é democracia, e que nem sempre a opinião de um indivíduo é contemplada pela opinião do grupo. Seria proposta ao professor de Redação uma parceria, com o fim de auxiliar na confecção e correção da carta. A intenção é que a carta seja, realmente, enviada.[...] A avaliação dos alunos seria feita [...] A partir de uma nota atribuída do envolvimento de cada aluno nas aulas, no debate inicial, na assembleia final e na elaboração da carta.

O depoimento, anteriormente transcrito, revela que a argumentação e a atuação do aluno seriam realizadas em diversos momentos da unidade, incluindo a avaliação. Continuando sua fala, o licenciando mostra que finalizou a unidade com uma atividade de real atuação social dos estudantes (trecho em negrito).

*A segunda aula seria iniciada com uma discussão [...] A ideia é deixar que eles falem o que pensam, como um bate-papo entre alunos e professor. [...] Ao fim desta aula, seria pedido aos alunos que pensassem se são a favor ou contra as novas matrizes energéticas que foram apresentadas, e que pesquisassem mais sobre elas.[...] Para finalizar o projeto, seria realizado pelos alunos um julgamento sobre a utilização das fontes de energia nuclear, ou seja, separados em 5 grupos - comissão julgadora, promotores, advogados de defesa, testemunhas de ataque e defesa – decidiriam na base de discussão com argumentos coerentes, se a utilização de energia nuclear é ou não algo positivo e que deve ser implantado nos países. [...] **Para o papel de testemunhas, por exemplo, os alunos devem pensar em personagens que ilustrem suas posições. Uma testemunha que seja contra o uso de energia nuclear, pode ser neta de uma pessoa que morreu com o acidente radioativo de Goiânia, enquanto uma testemunha de defesa pode ser um ambientalista que vê a energia nuclear causando menos impactos ambientais.** [...] Ao fim do projeto, como forma de avaliação, os alunos deverão fazer um trabalho relatando como foi o julgamento que fizeram, a qual veredicto chegaram e se eles concordam ou não com isso, seguido de uma justificativa.*

O enfoque desse aluno é interessante, pois revela que ele se distancia da visão dicotômica, ao considerar que as testemunhas assumiriam papéis que ilustrassem suas posições. Apesar da “defesa” ou do “ataque” o licenciando acaba buscando um posicionamento mais complexo, mais próximo da realidade, que não utiliza exclusivamente a racionalidade tecnocientífica. Novamente a avaliação estaria associada à atividade de atuação dos alunos.

Procuramos verificar se as unidades de ensino contemplavam a questão da não neutralidade da Ciência. Dentre 18 unidades de ensino elaboradas, em seis delas os

licenciandos incorporaram a questão da não neutralidade da Ciência, dois licenciandos abordaram a não neutralidade da unidade de ensino e o restante apenas a citou, não a incorporando nas atividades didáticas previstas.

O trecho abaixo corresponde a um dos licenciandos que abordou a não neutralidade em sua unidade de ensino.

*Outro aspecto importante deste trabalho, e que muito nos orientou em seu desenvolvimento, é a preocupação **em desmistificar o conhecimento científico, sempre tratado como neutro, objetivo e essencialmente fatural.** [...] Entretanto, para que isto se torne realidade, **é essencial, entre outras coisas, que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.** E não apenas o tema História da Ciência mostra a sua importância para as questões educacionais contemporâneas.[...] Em particular, **a História da Ciência, dentro de uma perspectiva CTS, pode contribuir para a humanização da Ciência, possibilitando a discussão, em sala de aula, da influência de fatores sociais, políticos, econômicos, éticos, culturais e religiosos que ela sofre em seu decurso. Evidencia também a existência de uma ideologia dominante sobre a atividade científica e quais os setores que controlam e se beneficiam desta atividade, mostrando como o desenvolvimento científico influencia a sociedade e de que maneira as demandas geradas a partir de fatores econômicos, sociais, políticos, geográficos, históricos, culturais, etc.** [...]*

Esse licenciando especifica de forma detalhada sua compreensão da não neutralidade da Ciência e a associa com o tratamento histórico. O licenciando especifica e desenvolve o tema da não neutralidade da Ciência em sua unidade e o faz a partir de uma abordagem histórica.

O próximo depoimento também se refere a um licenciando que abordou a não neutralidade da Ciência em sua unidade:

*Começaremos pelo projeto Manhattan, projeto este implementado pelos Estados Unidos e cujo objetivo foi desenvolver uma bomba atômica antes dos Nazistas. Também serão abordados os lamentáveis acontecimentos de Hiroshima e Nagasaki Nessa parte recomendaremos a leitura de alguns capítulos do livro de Werner Heisenberg A Parte e o Todo. Nos capítulos “A possibilidade da técnica atômica e as partículas elementares (1935- 1937)” e “**Sobre a responsabilidade do pesquisador (1945-1950)**” **existem relatos importantíssimos no sentido de incentivar o papel que o cientista e a ciência possuem perante a sociedade.***

Esse licenciando apesar de não explicitar que trataria a não neutralidade da Ciência, ou sua importância para a prática CTS, incorpora elementos associados a essa questão. Em sua unidade, ele discutiu as implicações políticas relacionadas ao desenvolvimento científico, no contexto do projeto Manhattan e, além disso, citou a importância do papel e a responsabilidade do pesquisador na produção científica.

Os próximos trechos correspondem aos trabalhos dos licenciandos que citaram a importância da não neutralidade da Ciência, mas não a abordaram de fato em suas unidades de ensino:

*A principal característica da corrente CTS é a possibilidade dos alunos fazerem correlações de que ciência, **não é neutra devido às convicções dos cientistas envolvidos**, portanto é preciso que o aluno desenvolva um senso crítico em relação ao uso da energia nuclear.[...] A elaboração desta aula visando o enfoque CTS, pois é necessário a interação entre sociedade e tecnologia e **o aluno deve saber que a ciência não é neutra, devido as convicções dos cientistas e o momento econômico do período** [...].*

Para esse licenciando, o caráter de produção humana da Ciência faz com que ela não seja neutra. Embora o licenciando tenha citado documentários sobre a construção das bombas atômicas, ele não explicitou quais elementos ele exploraria, de forma que não há uma contemplação explícita da não neutralidade em sua unidade de ensino.

Concepções de Ciência: A ciência não é neutra [...] Abordagem CTS: - Física como uma ciência não neutra: a Física passa a ser apresentada com suas relações com a sociedade e com outras ciências, descaracterizando-a como ciência neutra.

Nesse depoimento o licenciando associou a não neutralidade da Ciência com sua relação com sociedade e outras ciências, porém não deixou claro como compreenderia essa neutralidade. Em nenhum outro trecho da unidade de ensino, o licenciando retorna à questão da não neutralidade.

Sendo ainda mais específica, para o ensino de ciência, podemos relacionar a Física moderna com os avanços tecnológicos que acontecem hoje, ou seja, ela está mais envolvida no cotidiano dos jovens e chama mais a atenção deles. Por isso a necessidade de uma reforma curricular que seja acompanhada por uma reforma nas maneiras de pensar o ensino, principalmente quando este está relacionado à ciência, já que ela está em constante mudança e, portanto, não deve ser considerada como neutra.

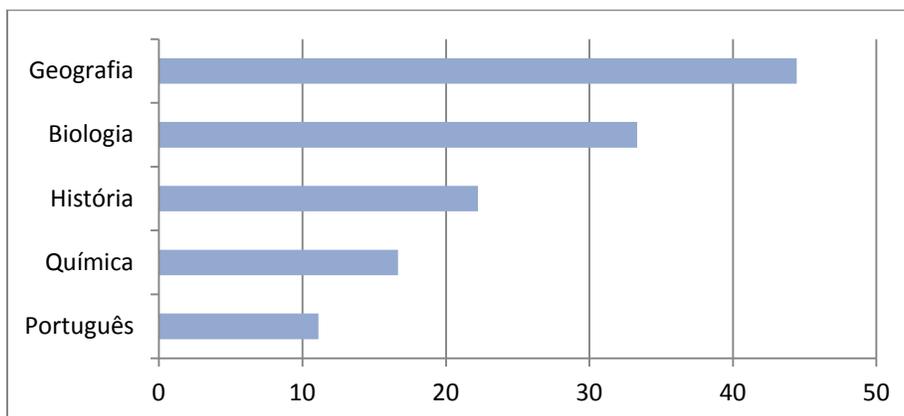
Nesse relato, o licenciando ponderou que a Ciência não seria neutra por estar em constante mudança. Novamente a questão da não neutralidade não é retomada no corpo da unidade de ensino elaborada pelo licenciando.

Vale ressaltar que o objetivo desta unidade de ensino se baseia em fornecer, ao estudante, base científica suficiente para que ele se posicione criticamente sobre a questão da energia nuclear e reconheça que existem correlações entre ciência, tecnologia e sociedade; reconheça que a ciência não é neutra, que não está isenta de influências políticas. Segundo Thomas Kuhn, em A crítica da Ciência: “Embora a atividade científica possa ter um espírito aberto, [...], o cientista individual muito frequentemente não o tem.” [...] Preconceito e resistência parecem ser mais a regra do que a exceção no desenvolvimento científico avançado [...].

Esse licenciando citou a importância de abordar a Ciência como não neutra na conclusão de seu trabalho. Apesar de o licenciando não abordar extensamente a não neutralidade em sua unidade de ensino, ele citou uma referência que abarca alguns aspectos históricos que permitiriam a discussão do caráter da Ciência. Também é importante notar que o licenciando citou a teoria de Thomas Kuhn, provavelmente o desenvolvimento de trabalhos e leitura de textos sobre a Filosofia da ciência seja uma condição de produção que justificaria essa produção de sentidos da não neutralidade associada com a história e a Filosofia da ciência.

Quanto à incorporação da interdisciplinaridade nas unidades de ensino, observamos que das 18 unidades de ensino apresentadas, 11 incorporaram alguma forma de interdisciplinaridade ou a citaram em seu trabalho. Mais da metade desses trabalhos considerou a interdisciplinaridade como um trabalho que deve ser conjunto entre os professores. No gráfico da Figura 20, apresentamos as disciplinas citadas pelos licenciandos e associadas aos temas de Física nuclear abordados:

Figura 20: disciplinas identificadas na análise das unidades de ensino elaboradas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, alguns trechos dos trabalhos ilustram a questão da interdisciplinaridade.

Preparei um assunto de Física moderna, energia nuclear [...] dividido em aulas nas quais promoverei interdisciplinaridade com outras ciências [...] Objetivo: Promover uma interdisciplinaridade de Física com Geografia [...] o professor de Física iniciaria uma aula expositiva explicando o que é um reator nuclear, mostrando o reator de Fukushima, Angra 1 [...] então o professor de Geografia mostraria a causa do sismo e a implicação dele na tsunami [...] com o auxílio do professor de Biologia impactos causados por resíduos nucleares. [...] Terceira aula promoverá uma junção de Física e Química, trabalhando com o átomo, a radiação alfa, beta e gama e seu poder de penetração. [...] expor todas as medidas preventivas na construção de uma usina, em conjunto com o professor de química explicando o efeito da radiação sobre cada parte da estrutura [...] e junto com o professor de Biologia falaria sobre modificações genéticas causadas por radiação e impactos ambientais. [...] A aula iniciara com o professor de Geografia falando sobre a necessidade de energia nuclear, as vantagens e desvantagens e o posicionamento atual do Brasil diante deste assunto, a posição da ONU e os países que desenvolvem essa tecnologia e as discussões políticas sobre isso [...]

Esse depoimento foi extraído de uma unidade de ensino completamente planejada tendo a interdisciplinaridade como um de seus elementos centrais. Isso ocorreu não apenas pelo tratamento da questão na disciplina, mas também, provavelmente, por o licenciando já ter trabalhado de forma interdisciplinar em um cursinho popular, quando realizou a unidade de ensino planejada, em conjunto com outros professores, em seu local de trabalho. Na sequência, vemos trechos em que o licenciando descreve o trabalho realizado no cursinho popular:

Sou professor no cursinho popular [...] e no dia 13 tivemos uma reunião sobre o que fazer nas últimas semanas [...] decidimos promover semanas temática então propus energia e mostrei esta unidade de didática, gostaram muito da proposta e resolveram aplicá-la, mas com algumas alterações devido a disponibilidade de professores e tempo para preparar [...] No primeiro dia o professor de português ficou com todas as aulas, na primeira ele explicou como é cobrado o texto e a estrutura de uma dissertação, na segunda aula ele discutiu uma coletânea e pediu para que eles fizessem a dissertação.[...] No segundo dia foram três professores, um de história, um de Geografia e eu como professor de Física e falaria um pouco de química, a aula iniciou com o professor de Geografia falando sobre o acidente de Fukushima, em seguida falei de como que uma usina termoelétrica e em particular uma usina termonuclear [...] No terceiro dia, foram os professores de história e Biologia os quais falaram sobre Chernobyl e as consequências do acidente. [...] No quarto dia uma professora de português aplicou mais uma dissertação sobre o assunto, com uma coletânea parecida com a do primeiro dia de aula.

Todas as integrações e as intervenções de professores de outras disciplinas foram pensadas em termos dos conteúdos trabalhados e são especificadas pelo licenciando em sua unidade. É interessante notar que apenas uma das unidades de ensino idealizada previa a atuação do professor de Português, no entanto, na aplicação real da unidade no cursinho, onde o licenciando trabalhava, o professor de Português foi incluído.

No trecho, a seguir, a interdisciplinaridade foi pensada como um elemento necessário para que o estudante não tivesse uma visão restrita do assunto:

*Através dessa visão problemática da ciência é que essa unidade de ensino se estrutura, a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, CTS, é o pilar desse trabalho, que contempla toda a questão teórica do assunto, valorizando o apelo multidisciplinar inerente à energia nuclear.[...] O tema mais uma vez permite desenvolver uma estratégia diferenciada para o tratamento do conteúdo, **trata-se da interdisciplinaridade, que quando bem direcionada amplia a visão do estudante em relação ao tema. No entanto, o professor precisa ser cauteloso, pois um professor de Física não tem a formação necessária para falar com propriedade sobre as questões geopolíticas envolvendo as usinas nucleares, sobre as vantagens ambientais quanto à não utilização de combustíveis fósseis para a obtenção de energia, nem o contexto histórico em que se deu a tragédia de Hiroshima e Nagasaki. Então, seria aconselhável convidar os professores de Geografia, Biologia, história e química para participarem desse projeto multidisciplinar. No caso de uma escola pública, esse projeto poderia ser discutido na semana de planejamento dos professores.***

O licenciando considerou que, para que houvesse um trabalho significativo de interdisciplinaridade, seria necessário um planejamento conjunto que envolvesse todos os professores das diversas disciplinas a fim de que a troca de conhecimentos entre eles fosse efetivada. No entanto, observamos que esses trechos foram redigidos pelo licenciando na introdução do trabalho e a questão da interdisciplinaridade não foi retomada no corpo da unidade de ensino.

Em algumas das unidades de ensino, a questão da interdisciplinaridade também foi citada na introdução ou na conclusão, não sendo, porém, retomada no corpo do trabalho. Em outras, apesar da previsão de trabalhos interdisciplinares, eles eram rapidamente citados, parecendo que eles não se integravam ao resto do trabalho ou eram introduzidos de maneira genérica. Exemplificamos exemplos dessas colocações nos trechos:

Os temas apresentados possuem uma interdisciplinaridade, já que envolve geopolítica, no caso de Chernobyl e Hiroshima a Guerra Fria e Segunda Guerra Mundial, respectivamente. Como a Biologia, pois as mutações provocadas pela radiação, na fissão do urânio provocam doenças que a Biologia pode explicar. Por isso seria ideal que um professor de Biologia em suas aulas explique os efeitos da radioatividade.

A segunda aula recomenda-se que seja dada pelo professor de Biologia o qual é livre para escolher os materiais de sua preferência, mas como sugestões, poderiam ser abordadas, inicialmente, as aplicações positivas da radiação, como o uso da radiação na medicina, agricultura, indústria e, principalmente, dar-se maior enfoque ao trabalho com radiação solar buscando-se com isso quebrar a noção apenas negativa que os alunos geralmente possuem deste assunto. Ademais, dependendo do rendimento do conteúdo poderá ser abordado nesta mesma aula, ou em outra, os efeitos biológicos da radiação e as condições para que a radiação seja danosa à saúde humana.

Da quinta à sétima aula trataremos do convite a professores de outras áreas para discutir sobre o assunto, como professor de Geografia para falar sobre geopolítica e economia envolvendo as usinas nucleares; professor de Biologia para discutir sobre efeitos da radiação no corpo humano, a diferença de contaminação e irradiação, a radiação no meio ambiente; um professor de química, abordar como se enriquece o urânio e outros fatores químicos relacionados com o tema.

Já alguns licenciandos integraram a interdisciplinaridade no corpo da unidade de ensino. Exemplificamos essas unidades, reproduzindo alguns trechos a seguir:

*Passadas as três aulas dedicadas à exposição teórica de modo mais pronunciado, buscaremos tratar dos aspectos geopolíticos envolvidos na questão nuclear, ou seja, tentamos incorporar a unidade uma abordagem CTS. **A ideia e convidar um professor de história ou de Geografia de modo que possamos conversar sobre episódios da história do século XX envolvendo tal questão.** [...] Na sétima aula discutiremos a questão da energia no Brasil. **A intenção é contar com a participação de um professor de Geografia visando falar sobre a matriz energética brasileira e seus recursos naturais.***

Falaria sobre o TNP (tratado de não proliferação), e nessa parte poderia haver uma relação, talvez uma aula junto a um professor de Geografia, fazendo relação com a situação política, de hierarquia vivida em nosso planeta, colocando os alunos a pensar porque somente alguns países têm o direito de ter armas e outros não [...] Posteriormente entraríamos na parte de história da ciência, também, se possível com a participação de um professor de História, passando desde os primórdios da radiação com sua descoberta, Marie Curie [...]

Poderia convidar um professor de História para falar um pouco sobre a implicação do uso de bombas e armas nucleares no decorrer da história, citando é claro os bombardeios em Nagasaki e em Hiroshima.[...] Um professor de Geografia poderia ser convidado e explicar melhor os prós e contras da energia nuclear e poderia haver uma discussão/debate se o Brasil realmente precisa investir em energia nuclear. Um vídeo é apresentado explicando geração de energia nuclear.[...] E cabe também ao docente, saber fazer as relações entre os assuntos ministrados e elementos do cotidiano, e até menos relações com outras disciplinas procurando sempre desenvolver o senso crítico do aluno e transmitir conhecimento.

No último depoimento, o licenciando, apesar de não discutir a necessidade de um trabalho interdisciplinar, previu em sua unidade de ensino o trabalho colaborativo com professores de Geografia e História. Ressaltamos sua preocupação, no final do trecho, em negrito, em planejar essa intervenção junto com outros professores.

Abordagem CTS: Interdisciplinaridade: pontes com as disciplinas de Biologia, pensando nos impactos que as fontes de energia causam; com a disciplina de Geografia, no sentido de estudar o enfoque político do uso (ou não uso) da energia nuclear; [...] Depois de inseridos os conceitos de Fusão e Fissão, pretendo apresentar as vantagens e desvantagens de cada um, como por exemplo, o potencial energético x acidentes radioativos. Desta forma, estarei propondo um debate sobre a necessidade de se utilizar essa fonte de energia no Brasil, **fazendo aqui uma possível parceria com a disciplina e o professor de Geografia, para que sejam discutidas questões políticas que estão envolvidas no uso dessa energia no país.**

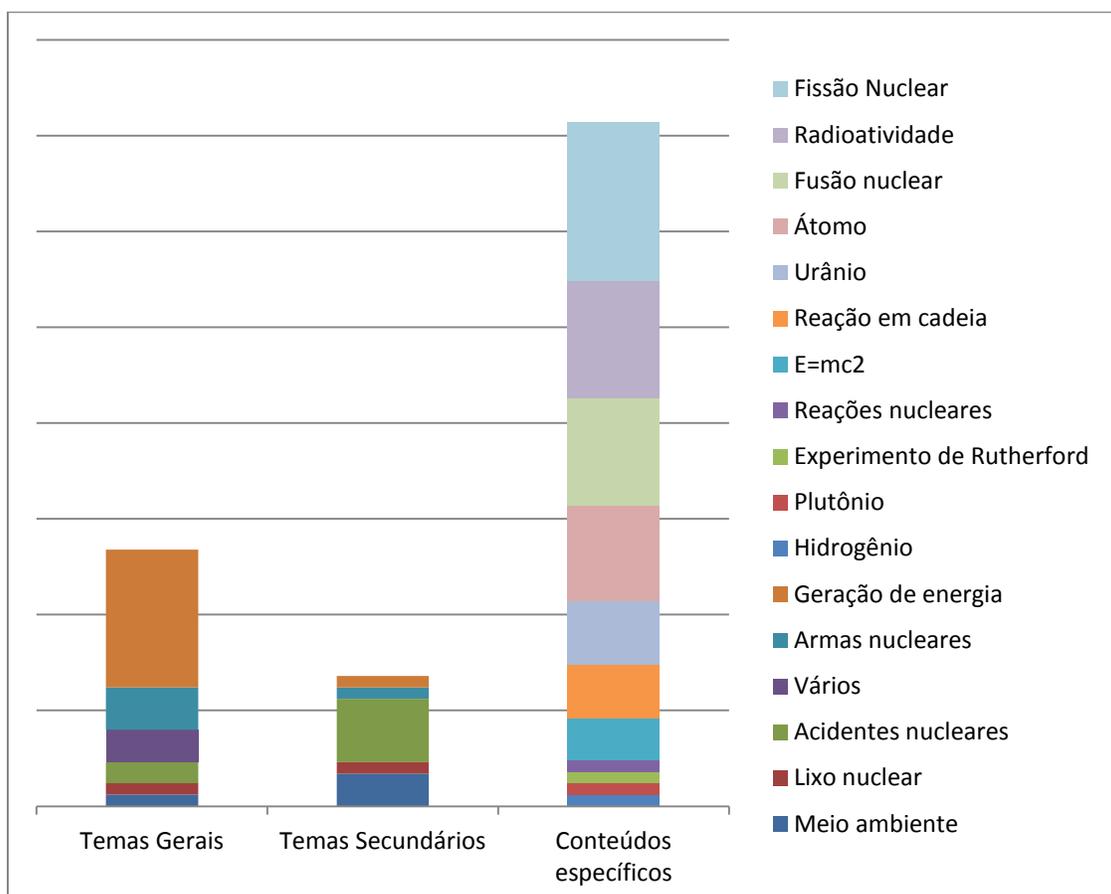
Esse depoimento nos permite entender que o licenciando considerou a interdisciplinaridade como um elemento específico da abordagem CTS, ao procurar integrar, na unidade de ensino, outras disciplinas que poderiam ser relacionadas com o tema abordado. A integração com a disciplina Biologia foi prevista na introdução do trabalho, mas não foi contemplada no corpo da unidade de ensino.

Não se pretende, aqui, abordar os conceitos em nível considerável de profundidade, a fim de evitar que o estudante se desestimele pelo assunto tratado, mas, sim, discutir, de maneira mais global e com atividades multidisciplinares, a questão da influência da Energia Nuclear em questões inclusive: políticas, a visão dessa forma de energia como a mais provável substituição ao petróleo, sua participação em matrizes energéticas, entre outros. [...] A quarta aula se volta para uma discussão geopolítica da questão da energia nuclear, sendo que essa aula deve ser dada em conjunto com um professor de Geografia. [...] Na sexta aula, o planejado é uma atividade conjunta com um professor de redação: será passado um tema a eles pedindo que escrevam uma dissertação posicionando-se criticamente frente à questão da energia nuclear.

Para esse licenciando, a interdisciplinaridade estava associada à necessidade de tratamento mais abrangente da Energia Nuclear, embora não de forma tão aprofundada. Ressaltamos que essa foi a única unidade de ensino que previu um trabalho em conjunto com o professor de Português/redação.

Apresentamos, no gráfico da Figura 21, os temas e os conteúdos abordados nas unidades. Os temas gerais referem-se a temas citados pelos licenciandos como centrais na unidade de ensino. Os secundários referem-se a elementos que não foram citados como foco, mas que figuraram nas unidades de ensino. Os conteúdos específicos referem-se a elementos de Física nuclear abordados nas unidades.

Figura 21: temas e conteúdos abordados nas unidades de ensino



Fonte: elaborado pelo autor.

A geração de energia foi o tema mais abordado, o que, provavelmente, seria reflexo da exigência da ementa da disciplina. Em segundo lugar, foi tratado o tema das armas nucleares, que foi apontado por diversos licenciandos como um tema motivador para os estudantes. Também observamos que alguns trabalhos trataram de diversos temas sem priorizar ou sem explicitar um tema principal.

Dentre os temas secundários, ou seja, aqueles que não foram considerados como principais, mas foram abordados, destacam-se os acidentes nucleares, provavelmente pela associação estabelecida com geração de energia. A questão ambiental foi o segundo tema secundário mais discutido.

Quanto aos conteúdos técnicos específicos, vimos que a fissão nuclear foi o tema mais abordado, seguido pela radioatividade e pela fusão nuclear. Diversos licenciandos

também se preocuparam em discutir o átomo, modelos e núcleo atômico e a obtenção do urânio.

Síntese das análises apresentadas

Questionário inicial

Com a análise do questionário inicial, pudemos levantar algumas considerações importantes.

Apesar de os licenciandos declararem não conhecer a abordagem CTS, seu imaginário sobre o assunto concentra-se na associação entre o ensino de Física e o cotidiano do estudante do Ensino Médio.

A abordagem CTS até poderia ser uma alternativa a um ensino de Física excessivamente matematizado e focado no vestibular. No entanto as condições de produção do ensino brasileiro tornariam a prática CTS difícil e inviável.

Ao refletirem sobre novas propostas de ensino, como a CTS, os licenciandos acessavam sua memória discursiva, o que seria uma importante fonte de deslocamentos de seus novos discursos com relação aos discursos forjados durante sua vida escolar.

Poucos estudantes estabelecem relações entre o ensino de Física e os problemas sociais, provavelmente indicando um imaginário no qual a Física e seu ensino seriam elementos neutros, ou seja, socialmente isolados.

As maiores dificuldades em lecionar associavam-se a: elementos específicos dos estudantes (interesse ou motivação, indisciplina e falta de conhecimento); suas próprias formações (não saber com ensinar) e um elemento associado ao processo de ensino (tempo).

Inserção de temas de relevância social

Consideramos que a inserção de temas de relevância social criou condições de produção imediatas que provocaram deslocamentos nas relações estabelecidas entre aspectos sociais e o ensino de Física. Os licenciandos passaram a perceber tais relações e, inclusive, a associar explicitamente conteúdos específicos da Física com problemáticas sociais.

Por outro lado, as condições sócio-históricas do ensino público brasileiro foram vistas como elementos que justificariam um discurso de que a abordagem CTS não seria adequada ou viável. Dentre essas condições citamos tempo, currículos, locais de trabalho, formação de professores, dentre outras.

Verificamos que foram recorrentes e reforçadas as seguintes questões: os licenciandos acessam a memória discursiva de quando ainda eram estudantes da escola básica para refletir sobre a proposta CTS e justificar sua prática.

A atribuição de sentido à abordagem CTS como vinculação entre a Física e o cotidiano dos estudantes é um elemento que ocupa posição preponderante no imaginário dos licenciandos, sendo reiteradamente citado.

A abordagem CTS, no imaginário dos licenciandos, facilitaria o aprendizado da Física e seria uma alternativa para o ensino com ênfase matemática e/ou focado no vestibular.

Há indícios de visão linear sobre as relações CTS, ou seja, a ideia de que a ciência se desenvolveria de forma pura e completamente objetiva, isolada de fatores sócio-históricos, e que a tecnologia seria a aplicação dos resultados científicos, por meio da produção de artefatos de uso social.

Ensino de Física e Sociedade e Análise de Materiais

A abordagem da relação entre o ensino de Física e a sociedade, durante o desenvolvimento da disciplina, foi, provavelmente, a condição de produção para que os licenciandos se posicionassem como professores, diferentemente dos momentos anteriores quando eles se colocavam constantemente no papel de estudantes, acessando a memória discursiva de suas vivências escolares. Além disso, tal condição de produção agiu de forma que, ao posicionarem-se como professores, eles puderam criticar, a suposta, extrema responsabilidade sobre as mudanças do ensino de Física que os artigos CTS atribuiriam aos docentes e sua formação.

Observamos que, ao posicionarem-se como professores, seus imaginários funcionavam fragmentando as relações entre conteúdos e questões sociais. As questões sociais, em alguns momentos, são consideradas como não pertinentes ao ensino de Física,

o que poderia ser fruto de um imaginário, que permeado por uma visão não neutra da Ciência, age no momento da escolha de conteúdos e nas atividades de ensino.

Quanto à análise e à seleção de materiais de ensino para uma prática CTS, ressaltamos que a história da ciência e sua produção foram significados como elementos característicos de uma abordagem CTS, muitas vezes associadas à compreensão da não neutralidade da Ciência. Nesse momento de análise, a relação entre problemáticas sociais e a prática CTS também foi constantemente significada como critério para escolha de materiais. A associação entre abordagem CTS e o cotidiano continuou sendo constantemente realizada pelos licenciandos.

Vivência da abordagem CTS

Após a apresentação CTS sobre Energia Nuclear na disciplina, percebemos que além de considerações já realizadas anteriormente, de que a abordagem CTS facilitaria a conexão entre conteúdo e a realidade do estudante e possibilitaria atuação social do estudante, surgiram reflexões mais críticas sobre esse enfoque. Até então a ênfase matemática havia sido bastante questionada, neste momento, pelo contrário, a abordagem mais qualitativa é que passou a ser vista como perdendo seu rigor científico. Outro elemento levantado, mesmo depois da vivência com a abordagem CTS, foi que uma prática CTS não seria adequada para preparar os alunos para o vestibular e os materiais de ensino não estariam em consonância com ela. Já o tema próximo da realidade do aluno foi apontado como não tão adequado.

Planejamentos de ensino

Durante os planejamentos das unidades de ensino, observamos que os licenciandos consideraram a Ciência como construção humana, associada à tecnologia e à sociedade e novamente julgaram importante abordar sua construção. No entanto, muitos deles preocuparam-se, mais uma vez, em ressaltar que a concepção de Ciência a ser ensinada deveria ser ligada ao cotidiano, mas não necessariamente com problemáticas sociais.

Grande parte dos licenciandos viu que essa abordagem poderia motivar mais os alunos e, conseqüentemente, haveria uma maior participação nas aulas. Assim, eles afirmaram que pretendiam, em sua unidade de ensino, enfatizar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, elemento até então deixado em segundo plano. Também foi considerado que a abordagem CTS, por conta das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, seria bastante adequada para o ensino da Física Nuclear, pois os estudantes não a compreenderiam se fosse abordada de forma quantitativa.

Entre as dificuldades para lecionar, foram elencadas, em primeiro lugar, aquelas referentes às dificuldades pessoais dos licenciandos: como planejar o ensino, como escolher conteúdos, como desenvolver atividades e a falta de conhecimento teórico. A segunda fonte de dificuldades esteve associada aos processos de ensino, ao tempo e agora também aos materiais de ensino. Por fim, aquelas associadas aos estudantes, que foram apontadas em maior quantidade no questionário inicial, passaram a ser a menor preocupação dos licenciandos nesse momento. Notamos que eles retomaram sua preocupação com a falta de interesse e de conhecimentos dos estudantes e, além disso, passaram a se preocupar com suas possíveis dificuldades de leitura.

Em síntese, durante os planejamentos, a questão do cotidiano manteve sua grande influência no imaginário dos licenciandos. Eles continuaram a valorizar a importância de abordar a Ciência em seu processo de construção, incluindo seu caráter humano. Foram criticadas abordagens que enfatizassem a Matemática e bastante citadas atividades que pudessem desenvolver a atuação social dos estudantes.

Relacionamos, a seguir, os elementos que pareceram prevalecer no imaginário dos licenciandos durante os planejamentos das unidades de ensino CTS:

- Concepções de Ciência: ciência está presente no dia a dia ou cotidiano e deve ser apresentado seu processo de construção.
- Concepções sobre a abordagem CTS: explora as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e visa ao pensamento crítico e atuação social.
- Ênfase CTS na unidade: numa unidade de ensino CTS devem ser enfatizadas as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- Atividades da unidade: devem incentivar a participação do estudante e promover sua motivação. Foram relacionadas em maior número as discussões e os debates e as aulas expositivas.

- Objetivos da unidade: aumentar a cultura do estudante e estimular sua atuação.

Unidades de ensino apresentadas

Quanto às unidades de ensino apresentadas no final do semestre, observamos que metade delas teve como foco temas com implicações sociais, sendo que diversas delas se preocuparam com problemáticas nacionais, derivando daí os conteúdos abordados. A outra metade das unidades foi constituída seguindo uma organização mais usual no ensino de Física: abordar conteúdos de forma isolada e, em seguida, discutir alguma ou várias questões sociais associadas. Há alguns indícios de que, em algumas unidades, a inserção do tema social ocorreu por ser uma exigência da abordagem e não por ter real significado educacional para os licenciandos.

Os temas foram escolhidos por ser do interesse dos estudantes, provavelmente pela preocupação demonstrada inicialmente na disciplina sobre a falta de motivação dos alunos. Algumas unidades foram focadas em temas que não se configuravam como problemáticas sociais CTS. A maioria dos trabalhos teve como tema principal a geração de energia, seguido por armas nucleares e por acidentes nucleares.

No que tange às relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade observamos que grande parte dos licenciandos ou não as abordou em suas unidades ou, se assim fez, foi de forma linear, considerando que a tecnologia é aplicação social da ciência e que sua produção nos leva ao bem-estar social. Apenas seis licenciandos consideraram ser as relações mais complexas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e alguns deles utilizaram a história da Ciência para contemplar tais relações.

Quanto às atividades que auxiliariam na atuação social do estudante, observamos que 45% das unidades de ensino as contemplou, prevendo debates, discussões, jogos de papéis, dentre outras. No entanto, aproximadamente 20% das unidades foram elaboradas de forma predominantemente expositiva.

A não neutralidade da Ciência foi contemplada no desenvolvimento de duas das unidades de ensino, em uma delas sendo associada à abordagem histórica. A não

neutralidade foi associada ainda aos fatos de a Ciência ser uma produção humana, de sua produção estar ligada a outras áreas ou de ela estar em constante mudança.

Grande parte das unidades de ensino contemplou a interdisciplinaridade como trabalho conjunto entre professores, sendo que a disciplina mais associada à energia nuclear foi a Geografia, seguida pela Biologia e pela História. A interdisciplinaridade foi associada à necessidade dos estudantes terem uma visão ampla do assunto abordado e uma solução contra a formação específica e fragmentada do professor de Física.

Os conteúdos específicos mais abordados foram fissão nuclear, radioatividade e fusão nuclear. Em menor quantidade, foram contemplados os conteúdos relacionados ao átomo, modelos atômicos e núcleo; ao urânio, obtenção e características e a reação em cadeia.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui desenvolvido se insere na problemática das modificações do ensino de Física atualmente praticado na escola básica. Sentimos a necessidade de um ensino que seja mais adequado à realidade social dos estudantes. Nesse sentido procuramos desenvolver uma unidade de ensino no período inicial da licenciatura em Física, considerando que o ensino escolar e as disciplinas da licenciatura, vivenciados pelos estudantes, contribuem para a construção do imaginário que frequentemente sustenta representações sobre a necessidade de se trabalhar quase exclusivamente com cálculos e exercícios durante as aulas dessa disciplina no Ensino Médio e sobre uma visão de Ciência e de Tecnologia neutras.

Nosso objetivo era abordar, com estudantes de licenciatura em Física, elementos de Física Nuclear, com foco no tema Energia, e estratégias de ensino centradas na abordagem CTS, de forma a proporcionar suas reflexões sobre um ensino mais voltado às nossas necessidades sociais, levando-os a compreender o conteúdo de Física de forma ampla, ou seja, analisando a não neutralidade da Ciência, sua produção e as complexas relações estabelecidas com a Sociedade e a Tecnologia.

Para isso articulamos conteúdos sobre Energia Nuclear e a abordagem CTS na no período inicial na licenciatura, levando em consideração não apenas o conteúdo da Física Nuclear e os elementos apontados como necessários a uma abordagem CTS pela pesquisa em ensino, mas também as condições de produção reais de ensino na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas. Dentre essas condições, apontamos elementos específicos associados aos nossos interlocutores, estudantes de licenciatura em Física de uma instituição e sociedade específicas, oriundos de um ensino básico que contribuiu para ressaltar concepções não apropriadas ao enfoque CTS e que não abordou conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, conforme observamos após análise do questionário inicial aplicado na disciplina “Conhecimentos em Física Escolar I”.

Assim, tendo em vista a primeira questão de pesquisa, a unidade de ensino na formação de professores foi articulada a partir da pressuposição de um interlocutor, da escolha de conteúdos sobre a Física Nuclear e da ênfase em determinados elementos da abordagem CTS, de forma a se adequarem também às condições de produção da

disciplina, “Conhecimentos em Física Escolar I”, ministrada por nós para efetivar esse processo.

Em especial, procuramos fazer com que a prática realizada na unidade de ensino fosse condizente com a abordagem CTS e significativa para um interlocutor específico. Nesse sentido, trabalhos anteriores por nós desenvolvidos na formação de professores agiram como condição de produção para a elaboração da unidade de ensino de forma que pudéssemos nos colocar no lugar em que nosso interlocutor ouvisse nossas palavras, tal qual explicitado como mecanismo de antecipação, do capítulo III, no qual expusemos nosso referencial teórico e metodológico.

A escolha de conteúdos da Física nuclear para elaboração da unidade de ensino na formação de professores ocorreu mediada pela própria abordagem CTS. Dessa forma buscamos uma integração entre conteúdo e forma, analisando materiais e temas que estivessem de acordo com elementos CTS presentes em artigos de pesquisa.

No capítulo IV, expusemos a constituição da unidade e observamos que, ao analisar os diferentes artigos que embasaram a pesquisa, os diversos elementos característicos da abordagem CTS apresentam uma polissemia de sentidos. Sendo assim, no capítulo IV, explicitamos como determinados sentidos foram priorizados para que se adequassem aos nossos interlocutores, aos conteúdos, aos materiais e aos temas.

Após a apresentação das unidades de ensino planejadas pelos licenciandos, pudemos, tendo em vista a segunda questão de pesquisa, fazer algumas reflexões e constatações, expostas a seguir.

Foram inseridos temas associados aos conteúdos de Física Nuclear, conforme recomendado pela área de pesquisa sobre a abordagem CTS (AULER, 2007; MÜENCHEN; AULER, 2007; RICARDO, 2007).

Metade das unidades focou o tema escolhido, derivando dele os conteúdos específicos, elemento também recomendado por alguns artigos de pesquisa CTS (AULER, 2007; RICARDO, 2007). A outra metade priorizou a abordagem de conteúdos, discutindo em seguida implicações sociais associadas. Alguns dos licenciandos observaram que as condições de produção do ensino escolar brasileiro dificultariam a sua atuação com

prática CTS, como já haviam advertido Muenchen e Auler (2007) que, para que ocorresse esse tipo de mudança no currículo, seria necessária a autonomia escolar.

Ricardo (2007) aponta que a escolha de temas é um dos obstáculos para efetivação da abordagem. Na pesquisa aqui desenvolvida, verificamos que a definição de temas foi influenciada pelo mecanismo de antecipação, já que os licenciandos escolheram temas que, em sua opinião, aumentariam o interesse dos estudantes, lembrando que o problema da falta de motivação dos alunos era apontado constantemente pelos licenciandos.

Embora grande parte dos artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS recomende que os temas estejam associados com problemáticas sociais ((AULER, 2007; BERNARDO et al, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; DIAS et al, 2006; FARIAS; FREITAS, 2007; LINSINGEN,I, 2007; MUENCHEN; AULER, 2007; PINHEIRO et al., 2007; RICARDO, 2007; SIQUEIRA-BATISTA et aL., 2010; SILVA; CARVALHO, 2007; SILVA; CARVALHO, 2009; WATANABE-CARMELLO et al., 2010), nem sempre isso foi critério para escolhas de temas pelos licenciandos. Prevaleceu a ideia de que, em uma abordagem CTS, a Física deveria ser associada ao cotidiano, entretanto esse cotidiano nem sempre foi significado como uma problemática presente na realidade social. Talvez isso pode ter ocorrido, pois foram poucas oportunidades que os licenciandos tiveram para refletir sobre o papel social da Física.

A história da Ciência foi constantemente associada à abordagem CTS pelos licenciandos. Artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS consideram a importância da contextualização histórica dessa abordagem já que ela se origina de movimentos de crítica social aos desenvolvimentos da Ciência e da Tecnologia. Durante a disciplina, foi trabalhado um texto que discutia a origem do movimento CTS, no qual as teorias de Thomas Kuhn são citadas remetendo-nos à origem acadêmica do movimento. Esses elementos abriram a possibilidade para que pudessemos analisar essa aproximação entre a abordagem CTS e a história e Filosofia da Ciência. Além disso, em momentos da disciplina, anteriores ao desenvolvimento da pesquisa, foram abordadas questões associadas à história e Filosofia da Ciência e teorias como a de Thomas Kuhn.

Provavelmente esses elementos foram condição de produção imediata, fazendo com que os estudantes considerassem a história da Ciência e sua produção como elementos característicos da abordagem CTS.

Outro elemento nem sempre considerado pelos artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS referiu-se a questões de linguagem, abordadas em momentos anteriores, na própria disciplina, e retomadas durante o desenvolvimento da pesquisa pelos licenciandos de forma associada com a tomada de decisão.

Alguns autores consideram que haveria grande distância entre propostas CTS e práticas efetivas em sala de aula. Eles argumentam que haveria a reprodução de práticas escolares originadas nas vivências escolares e sociais dos professores, as quais estariam em desacordo com as ideias da abordagem CTS (MÜENCHEN; AULER, 2007; RICARDO, 2007). Isso ficou evidente, pois percebemos que, em diversos momentos, os licenciandos colocaram-se na posição de estudantes acessando a memória discursiva, o que propiciou importantes momentos de reflexão, visto que eles puderam analisar criticamente sua vivência escolar.

Nos planejamentos das unidades, os licenciandos conferiram papel especial para as relações CTS, no entanto, observamos que mais da metade das unidades de ensino apresentadas não as incorporou, ou em alguns casos a incorporação foi feita considerando somente as relações CTS lineares. A não neutralidade da Ciência foi abordada, de fato, em apenas duas unidades de ensino e os licenciandos que a inseriram associaram-na ao tratamento histórico. Como apontado pelos artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS, há uma crença social nos aspectos técnicos e científicos que influenciam nosso modo de vida e uma confiança generalizada da população na tomada de decisões tecnocráticas, visão reforçada, muitas vezes, pelos cientistas (RICARDO, 2007; AULER, 2007; PINHEIRO et al., 2007; RICARDO, 2007; SILVEIRA e BAZZO, 2009). Talvez esses elementos tenham profunda influência no imaginário dos licenciandos agindo de forma a impedir o tratamento das relações CTS e da não neutralidade da ciência. Além disso, é possível que os licenciandos desconheçam como se dão essas relações e qual seria o significado de uma Ciência não neutra. Watanabe-Caramello et al. (2010) recomendam que as relações

CTS e a não neutralidade da Ciência sejam explicitadas por meio da análise do contexto de produção científica. Pinheiro et al (2007) recomendam que o ensino de Ciências aborde mais do que a mera repetição de leis e fenômenos, incluindo a reflexão sobre o uso político e social do conhecimento científico e tecnológico. Julgamos que uma forma promissora de evidenciar as relações CTS e a não neutralidade da Ciência seria a sua exploração por meio da história o que se alinharia a boa receptividade que os licenciandos demonstraram com a história e a Filosofia da Ciência.

Notamos que a maioria das unidades de ensino previu um trabalho interdisciplinar. Artigos de pesquisa sobre a abordagem CTS apontam que a interdisciplinaridade estaria associada à abordagem temática (AULER, 2007; MUENCHEN; AULER, 2007), o que ocorreu na maior parte das unidades mesmo que nem sempre o tema escolhido tivesse uma implicação social. Assim como nos artigos de pesquisa (CARLETTO; PINHEIRO, 2010), alguns licenciandos perceberam que a interdisciplinaridade proporcionaria uma visão mais abrangente do tema. No entanto, Pinheiro et al. (2007) chamam a atenção para que a formação disciplinar dos professores poderia ser um obstáculo para essa prática. Nessa pesquisa verificamos que a questão da formação disciplinar parece ter sido superada pelos licenciandos ao significarem a interdisciplinaridade como um trabalho conjunto entre professores de diversas disciplinas.

Dadas as análises realizadas, consideramos que a unidade de ensino contribuiu para que os licenciandos refletissem sobre a ênfase conferida à Matemática e à resolução de exercícios no ensino de Física e deslocasse seus imaginários aproximando-os da consideração de que o ensino de Física não é apenas uma necessidade escolar, mas também uma necessidade social e assim deve ser considerada pelos professores que atuam nessa área.

Em especial, sublinhamos que, além de os licenciandos terem a oportunidade de estabelecer um primeiro contato com a abordagem CTS, a unidade de ensino contribuiu de forma a ressignificar, por exemplo, a visão de que o cotidiano do estudante não se restringiria apenas a utilização de artefatos tecnológicos e a compreensão científica de atividades rotineiras, mas também abrangeria uma dimensão crítica sobre problemáticas

da atualidade associadas à Ciência e à Tecnologia e a busca de intervenção nos rumos sociais.

Também apontamos que os licenciandos explicitaram, durante o desenvolvimento da disciplina, que há condicionantes para o trabalho do professor e, nesse sentido, a educação não tem autonomia para resolver problemas sociais. Apesar de algumas críticas e discordâncias com relação a determinados elementos da abordagem CTS, de forma geral, a maioria dos estudantes mostrou-se interessada pela abordagem e disposta e motivada a utilizá-la, incluindo um dos estudantes que, de fato, desenvolveu sua unidade de ensino em seu local de trabalho.

Por fim, observamos que, em diversos momentos, os licenciandos contrastaram a abordagem CTS com suas vivências anteriores na escola, o que consideramos um exercício importante para a compreensão de seus imaginários. Essas reflexões poderiam ainda provocar deslocamentos em seus imaginários de forma que, ao invés de apenas repetirem empiricamente antigos discursos escolares, passem a repetir esses discursos de forma histórica, tal qual compreendido pela Análise de Discurso, ou seja, haveria espaço nessa nova formulação para a interpretação e para a construção de seus próprios enunciados. No entanto devemos ressaltar que essa mudança nas práticas de ensino não depende apenas da mudança do imaginário dos professores, mas também de uma maior autonomia dele, assim como afirmam Muenchen e Auler (2007), o que implica mudanças reais nas condições de produção do ensino brasileiro.

Esperamos, com o trabalho aqui apresentado, contribuir com as pesquisas na área de ensino de Física, mas, principalmente, gostaríamos de ter, durante o desenvolvimento desta pesquisa, proporcionado uma formação significativa para que esses licenciandos, possivelmente futuros professores, possam compreender seu papel social e atuar de forma a interferir conscientemente nos rumos de nossa Ciência, nossa Tecnologia e nossa Sociedade.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Energy production**. 2010a. Gráfico. Disponível em: < <http://www.iea.org/stats/graphsearch.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Share of total primary energy supply in 2008**. 2010b. Gráfico. Disponível em: < <http://www.iea.org/stats/graphsearch.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ALMEIDA, Maria José P. M. A luz: enfoque no ensino médio e representações de estudantes. **Pró-Posições**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 34-40, 1996.

ALMEIDA, Maria José P. M. Expectativas sobre desempenho do professor de Física: possíveis conseqüências em suas representações. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, p. 21-29, 2000.

ALMEIDA, Maria José P. M. Lendo um físico na escola. In: _____. **Discursos da ciência e da escola ideologia e leituras possíveis**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 95-126.

ALMEIDA, Maria José P. M. Para superar as prescrições direcionadas ao professor de Física. **Tecné, Episteme e Didaxis**, Bogotá, n. 26, p. 97-112, 2009.

ALMEIDA, Maria José P. M.; MOZENA, Erika Regina. Luz e outras formas de radiação eletromagnética: leituras na 8ª série do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2000.

ALMEIDA, Maria José P. M.; SILVA, Henrique C.; MICHINEL, José Luis M. Condições de produção no funcionamento da leitura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 5-17, 2001.

ALMEIDA, Maria José P. M.; SORPRESO, Thirza Pavan. CTS em aulas de Física no ensino médio: indícios de dificuldades em discursos de estudantes de licenciatura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA E SOCIEDADE, 3., 2009, Curitiba. **Anais...**Curitiba: UTFPR, 2009. Não paginado.

ALMEIDA, Maria José P. M.; SORPRESO, Thirza Pavan; SILVA, Leandro Londero. Conteúdos e estratégias na organização de episódios de ensino sobre a questão nuclear na formação inicial de professores de Física: foco no imaginário dos estudantes. In: CONFERENCIA INTERAMERICANA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, 10., 2009, Medellín. **Anais...**Medellín: Universidad de Antioquia, 2009. Não paginado.

ALMEIDA, Maria José P. M.; SORPRESO, Thirza Pavan; SILVA, Leandro Londero. Estudo do funcionamento de artigos científicos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação inicial de professores de Física. In: JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 8., 2010, Buenos Aires. **Anais...**Buenos Aires: [s.n.], 2010. Disponível em: < http://www.esocite2010.escyt.org/autor_ampliado.php?id_Autor=290 >. Acesso em: 08 ago. 2012.

ANDRADE, Rubenildo Vieira; LORA, Electo Eduardo Silva; DUPAS, Francisco A. Recursos naturais, demografia e desenvolvimento: uma análise baseada no relatório de desenvolvimento humano 2001 da ONU. In: ENCONTRO DE ENERGIA DO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais...**[S.l.]: [s.n.], 2002, 10p. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v2/116.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2012.

ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.

ARRIASSECQ, Irene; GRECA, Ileana María. Introducción de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio/polimodal de enseñanza: identificación de teoremas-en-acto y determinación de objetos-obstáculos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 189-218, 2006.

ASIMOV, Isaac. **O despertar dos deuses**. São Paulo: Hemus, 1972. 272p.

AULER, Décio. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressuposto para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

AULER, Décio; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

BAITELO, Ricardo. **Cortina de fumaça**, São Paulo: Visão, 2007. 15p. Relatório do Greenpeace. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2007/12/cortina-de-fuma-a.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

BERMANN, Célio. Energia nuclear no Brasil: uma história de controvérsias, riscos e incertezas. In: MATTHES, Felix; ROSENKRANZ, Gerd; BERMANN, Célio (Org.). **A energia nuclear em debate: mitos, realidades e mudanças climáticas**, [Rio de Janeiro]: À 4 mãos, 2006. 152p. (Fundação Heinrich Böll). Disponível em: <<http://www.br.boell.org/web/327.html>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

BERNARDO, José Roberto da Rocha; VIANNA, Deise Miranda; FONTOURA, Helena Amaral. Produção e consumo da energia elétrica: a construção de uma proposta baseada no enfoque ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA). **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

BRASIL (Ministério da Educação e Cultura/Secretaria da Educação Média e Tecnológica). **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, 1998.

BRASIL (Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica). **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, v.2, 2006.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

BRUCE, Colin. O caso do anarquista energético. In: _____. **As aventuras científicas de Sherlock Holmes: o paradoxo de Einstein e outros mistérios**. Rio de Janeiro: Zahar, 2002a. p. 153-170.

BRUCE, Colin. O caso do cientista sabotado. In: _____. **As aventuras científicas de Sherlock Holmes: o paradoxo de Einstein e outros mistérios**. Rio de Janeiro: Zahar, 2002b. p. 66-83.

BURATTINI, Maria Paula T. de Castro. **Energia: uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Livraria da Física, 2008. Coordenação e orientação de Claudio Zaki Dib. 112p.

CARDOSO, Eliezer de Moura. **Energia nuclear: apostila educativa**. Rio de Janeiro: CNEN, [196-?]. 29p. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2012.

CARLETTO, Marcia Regina; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 507-525, 2010.

CARTA CAPITAL. São Paulo: Confiança, n. 638, 27 mar. 2011. (Reportagem de Capa: O pesadelo nuclear).

CAVALCANTE, M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O uso da internet na compreensão de temas de Física Moderna para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 108-112, 2001.

CHALMERS, Alan F. **A fabricação da Ciência**. São Paulo: Unesp, 1994. 185p.

CHALMERS, Alan F. **O que é Ciência afinal?** Tradução Raul Filker. São Paulo: Brasiliense, 1993. 226p.

DEMANBORO, Antonio Carlos; MARIOTONI, Carlos Alberto; NATURESA, Jim Silva; SANTOS-JUNIOR, Joubert Rodrigues. A sustentabilidade através de empreendimentos energéticos descentralizados. In: ENCONTRO DE ENERGIA DO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais...[S.l.]**: [s.n.], 2006, 9p. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/003.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2012.

DIAS, N. L.; PINHEIRO, A. G.; BARROSO. Laboratório virtual de Física Nuclear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 232-236, 2002.

DIAS, Rubens Alves; BALESTIERI, José Antônio Perrella; MATTOS, Cristiano Rodrigues. Um exercício de uso racional da energia: o caso do transporte coletivo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 7-25, 2006.

ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). São Paulo: INEP, 2011. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/01_AZUL_GAB.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2012.

ÉPOCA. São Paulo: Globo, n. 644, 18 set. 2010. (Reportagem de Capa: O dinheiro que dá em árvores).

ÉPOCA. São Paulo: Globo, n. 669, 14 mar. 2011a. (Reportagem de Capa: A fúria da natureza).

ÉPOCA. São Paulo: Globo, n. 670, 21 mar. 2011b. (Reportagem de Capa: de Hiroshima a Fukushima).

FARIAS, Carmen Roselaine de Oliveira; FREITAS, Denise. Educação ambiental e relações CTS: uma perspectiva integradora. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

FERREIRA, Doralice Bortoloci; VILLANI, Alberto. Uma reflexão sobre a prática e ações na formação de professores para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 63-76, 2002.

FOUREZ, Gerard. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Unesp, 1995. 319p.

FUVEST, 2009. Prova de conhecimentos gerais. (Primeira fase). Disponível em: <<http://www.fuvest.br/vest2009/provas/p1f2009v.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2011.

GALDINO, Luiz. Uma bomba no quintal. Ilustrações de N.A. Reis. São Paulo: FTD, 1994. 172p. (Coleção Brasil de Hoje).

GALETTI, Diógenes; LIMA, Celso L. **Energia nuclear**: com fissões e com fusões. São Paulo: Unesp, 2010. 119p.

GARDINER, B. **Lixo nuclear**, São Paulo: Melhoramentos, 1993. 32p. (Coleção SOS Planeta Terra).

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo dos Santos. Energia nuclear no Brasil e no mundo. In: Veiga, José Eli (Org.). **Energia nuclear**: do anátema ao diálogo. São Paulo: Senac, 2011. p. 77-127.

GOLDSMITH, Mike. **Albert Einstein e seu universo inflável**. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. 192p.

GOLDSMITH, Mike. Marie Curie e seus raios mortais. In: _____. **Os cientistas e seus experimentos de arromba**, São Paulo: Companhia das Letras, 2007. p. 149-172.

GONÇALVES-FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. **Física para o Ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2002. (Série Parâmetros).

GRECA, Ileana María; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da Mecânica Quântica introdutória, Porto Alegre, **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 29-56, 2001.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). **Física 1: mecânica**, São Paulo: EDUSP, 1991. 332p.

GUERRA, Sinclair Mallet Guy; FANTINELLI, Jane Tassinari. A aproximação entre Tecnologia e Economia: os emergentes papéis da energia. **Revista de Estudos Sociais**, v.3, n.5, p.33-58, 2001. Disponível em: < <http://200.129.241.94/index.php/res/article/viewFile/151/102>>. Acesso em 16 ago. 2012.

GUIA DO ESTUDANTE. São Paulo: Abril, n. 12, ago. 2011. (Atualidades: energia nuclear).

GUIMARÃES, Leonam dos Santos; MATTOS, João Roberto Loureiro. Energia nuclear: desmistificação e desenvolvimento. In: VEIGA, José Eli (org.). **Energia nuclear: do anátema ao diálogo**. São Paulo: Senac, 2011. p. 29-75.

HENRY, Paul. Os fundamentos teóricos da “Análise Automática do Discurso” de Michel Pêcheux (1969). In: GADET, Françoise; HAK, Tony (Org.). **Por uma análise automática do discurso: uma introdução à obra de Michel Pêcheux**. 3. ed. Campinas, SP: Unicamp, 1997. p. 13-38.

HOLTON, Gerald. **Introduction to concepts and theories in physical science**. Michigan: Addison-Wesley, 1973. 589p.

HOME: o mundo é a nossa casa. Direção: Yann Arthus-Bertrand, França, 2009. Filme.

IPS GROUP. Radioatividade. In: _____. **Introdução à Física**. São Paulo: Edart, 1975. p. 133-144.

ISTO-É. São Paulo: Três Editorial, n. 2158, 23 mar. 2011.

ISTO-É DINHEIRO. São Paulo: Três Editorial, n. 684, 17 nov. 2010.

KLOETZEL, Kurt. **O que é: meio ambiente**, São Paulo: Brasiliense, 1994. 92p.(Coleção Primeiros Passos).

KUHN, Thomas S. A função do dogma na investigação científica. In: DEUS, Jorge Dias de (Org.) **A crítica da ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1974. p. 51-66.

- LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello; NARDI, Roberto. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.
- LINSINGEN, Irlan Von. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectiva CTS, **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007a. Não paginado.
- LINSINGEN, Luana Von. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007b. Não paginado.
- LOVINS, Amory B. Uma grande economia precisa de grandes plantas energéticas? **New York Times**, 2009. Freakonomics. Disponível em: <<http://www.freakonomics.com/2009/02/09/does-a-big-economy-need-big-power-plants-a-guest-post/>>. Acesso em: 08 ago. 2012.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. especial, p. 27-45, 1990.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2000. v.1.
- MONTE Fuji em vermelho. In: SONHOS. Direção: Akira Kurosawa, 1990. Filme.
- MUENCHEN, Cristiane; AULER, Décio. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007.
- O INÍCIO do fim. Direção: Roland Joffé, 1989. Filme.
- ORLANDI, Eni P. **Análise de Discurso**: princípios e procedimentos. 6. ed. Campinas: Pontes, 2005. 100p.
- OS CAMINHOS da energia. Produção: Amyr Klink. [S.l.]: CPFL energia, 2011. Filme.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.
- OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste F. Conceitos de Física Quântica na formação de professores: relatos de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis,, v. 22, n. 1, p. 9-35, 2005.
- PARKER, Steve. **Clima e previsão do tempo**, São Paulo: Melhoramentos, 1995. 40p. (Coleção Ciência Divertida).

- PASSOS, Marcos Henrique da Silva; SOUZA, Alexandre Araújo. **Química nuclear e radioatividade**. Campinas: Átomo, 2010. 191p.
- PÊCHEUX, Michel. Análise Automática do Discurso (AAD-69). In: GADET, Françoise; HAK, Tony (Org.). **Por uma análise automática do discurso**: uma introdução à obra de Michel Pêcheux. 3. ed. Campinas: Unicamp, 1997. p. 61-105.
- PÊCHEUX, Michel; FUCHS, Catherine. A Propósito da Análise Automática do Discurso: atualizações e perspectivas (1975). In: GADET, Françoise; HAK, Tony (Org.). **Por uma análise automática do discurso**: uma introdução à obra de Michel Pêcheux. 3. ed. Campinas: Unicamp, 1997. p. 163-246.
- PEDUZZI, Luiz O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001. p. 125-150.
- PENA, Fábio Luis Alves. Por que, nós professores de Física do ensino médio, devemos inserir tópicos e ideias de Física Moderna e Contemporânea na sala da aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 1-2, 2006. (Carta ao Editor).
- PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.
- PORLÁN, Rafael. La formación del profesorado en un contexto constructivista. **Investigaciones em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 271-281, 2002.
- POSKITT, Kjartan. **Isaac Newton e sua maçã**, São Paulo: Companhia das Letras, 2001. 191p. (Coleção Mortos de Fama).
- PROJECTO FÍSICA. **O triunfo da mecânica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1975.
- RÁDIO Bikini. Direção: Robert Stone, 1988. Filme
- REIS, Pedro; GALVÃO, Cecília. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigaciones em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 131-160, 2005.
- RICARDO, Elio Carlos. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.
- ROBILOTTA, Manoel Roberto. O cinza, o preto e o branco: da relevância da história da ciência no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5, n. especial, p. 7-22, 1988.

ROSENKRANZ, Gerd. Energia nuclear: mito e realidade. In: MATTHES, Felix; ROSENKRANZ, Gerd; BERMAN, Célio (Org.). **A energia nuclear em debate**: mitos, realidades e mudanças climáticas, [Rio de Janeiro]: À 4 mãos, 2006. 152p. (Fundação Heinrich Böll). Disponível em: < <http://www.br.boell.org/web/327.html> >. Acesso em: 07 ago. 2012.

SAMAGAIA, Rafaela; PEDUZZI, Luiz O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. São Paulo: Atual, 2005.

SANTOS, Ricardo Paupitz Barbosa. Relatividade restrita com auxílio de diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 238-246, 2006.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

SAVIANI, Demerval. **Escola e democracia**. Campinas: Autores Associados, 2008. 96p. (Coleção Educação Contemporânea).

SILVA, André Coelho; ALMEIDA, Maria José P.M. Física Quântica no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.28, n.3, p.624-652, 2011.

SILVA, José Alves; PINTO, Alexandre Custódio; LEITE, Cristina. **Física do meio ambiente**, São Paulo: Editora do Brasil, 2000. 31p. (Projeto Escola e Cidadania: Física).

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo. A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de Física a partir de temas controversos. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo. Professores de Física em formação inicial: o ensino de Física, a abordagem CTS e os temas controversos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 135-189, 2009.

SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter. Ciência, Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo; MARIA-DA-SILVA, Luciana; SOUZA, Roberto Rômulo de Medeiros; PIRES-DO-PRADO, Henrique Jannuzzelli; SILVA, Cláudio Aprígio; RÔÇAS, Giselle; OLIVEIRA, Alexandre Lopes; HELAYËL-NETO, José Abdalla. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010.

SNEDDEN, Robert. **Espaço**. São Paulo: Moderna, 1996a. 47p. (Coleção Horizonte da Ciência).

SNEDDEN, Robert. **Tempo**. São Paulo: Moderna, 1996b. 47p. (Coleção Horizonte da Ciência).

SORPRESO, Thirza Pavan. **Organização de episódios de ensino sobre a “Questão nuclear” para o ensino médio**: foco no imaginário de licenciandos em Física. Campinas: Unicamp, 2008. Dissertação (Mestrado em educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 2008.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José P. M. Condições de produção do ensino de Física em escolas do interior paulista e a formação docente. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Anais...**São Paulo: Editora da ABRAPEC, 2005. Não paginado.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José P. M. Elaboração de episódios de ensino tratando da questão nuclear: relações entre abordagens e conteúdos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...**São Paulo: SBF, 2009. Não paginado.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José P. M. Obstáculos para a utilização da abordagem CTS no ensino de Física em nível médio nos discursos de licenciandos em Física. In: JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 8., 2010a, Buenos Aires. **Anais...**Buenos Aires: [s.n.], 2010a. Disponível em: < http://www.esocite2010.escyt.org/autor_ampliado.php?id_Autor=253 >. Acesso em: 08 ago. 2012.

SORPRESO, Thirza Pavan; ALMEIDA, Maria José P. M. Relações entre representação educacional e a possibilidade de práticas CTS no discurso de licenciandos em Física. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE NO ENSINO DAS CIÊNCIAS, 2., SEMINÁRIO IBÉRICO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS, 6., 2010b, Brasília. **Anais...**Brasília: [s.n.], 2010b. Não paginado.

SOUZA-CRUZ, Frederico Firmo. Radioatividade e o acidente de Goiânia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p. 164-169, 1987.

SOUZA-CRUZ, Sonia Maria; ZYLBERSZTAJN, Arden. O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001. p. 171-196.

SUPERINTERESSANTE. São Paulo: Abril, n. 290, abr. 2011. (Reportagem de Capa: A fúria da natureza)

TEIXEIRA, Paulo Marcelo M. A educação científica sob a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do movimento C. T. S. do ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003a.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo M. Educação científica e movimento C.T.S. no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 88-102, 2003b.

TERNEIRO-VIEIRA, Celina; VIEIRA, Rui Marques. Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2005.

UM FUTURO com energia sustentável: iluminando o caminho (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). São Paulo: FAPESP; Amsterdam: InterAcademyCouncil; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2010. 300p.

UTGES, Graciela; JARDÓN, Alberto; FERÁBOLI, Luis; FERNÁNDEZ, Patricia. Visión de profesores en ejercicio respecto de la enseñanza de Tecnología: un estudio en Argentina. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 29-45, 2001.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Newton**: a órbita da Terra em um copo d'água, São Paulo: Odysseus, 2003. 193p. (Coleção Imortais da Ciência).

VEIGA, José Eli. Energia nuclear: questão e controvérsia. In: _____. (Org.). **Energia Nuclear**: do anátema ao diálogo. São Paulo: Senac, 2011. p. 9-28.

VIEIRA, Kátia Regina Cunha Flôr; BAZZO, Walter Antonio. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, 2007. Não paginado.

WATANABE-CARAMELLO, Giselle; STRIEDER, Roseline Beatriz; WATANABE, Graciella; MUNHOZ, Marcelo G. Articulação centro de pesquisa e escola básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 1-9, 2010.

WILLIAMS, W. S. C. **Nuclear and particle physics**, Oxford: Oxford Science Publications, 1991. 385p.

WINNER, Langdon. **The whale and the reactor**: a search for limits in an age of high technology. Chicago: University of Chicago Press, 1986.

ZANOTTELLO, Marcelo; ALMEIDA, Maria José P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007.