

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

**A PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NA DISCIPLINA DE
METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES À LUZ DO REFERENCIAL SOCIOCULTURAL**

DIOMAR CARÍSSIMO SELLI DECONTO

**Porto Alegre
2014**

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

**A PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NA DISCIPLINA DE
METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES À LUZ DO REFERENCIAL SOCIOCULTURAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação dos professores Dra. Fernanda Ostermann e Dr. Cláudio José de Holanda Cavalcanti, em preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

DIOMAR CARÍSSIMO SELLI DECONTO

**Porto Alegre
2014**

Àqueles que eternamente amarei: meus pais, Irno e Inês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, pois mesmo distantes de mim sempre foram muito presentes. Sou muito grato pela constante preocupação que têm comigo, pelo incentivo aos estudos e pelo carinho. Obrigado por serem esta fortaleza, na qual posso me refugiar e ser confortado em todos os momentos que preciso.

Agradeço também aos meus queridos orientadores: Fernanda e Cláudio. Sem eles este trabalho não existiria e eu não teria aprendido muito do que sei hoje sobre a área de Ensino de Física. Muito obrigado por me ajudarem a crescer ao longo da minha caminhada acadêmica, por respeitarem meu ritmo e pela compreensão que sempre tiveram. Agradeço a forma carinhosa e respeitosa com que me orientaram e pela liberdade a mim concedida para desenvolver este trabalho.

Há muitos amigos para agradecer, afinal, sem eles tudo ficaria muito mais difícil. Aos queridões Renan, Andriago, Marcos, Sílvio e Luís, meu muito obrigado pelo companheirismo, pelas festas, pelos sucos na Lancheria do Parque, pelas risadas, enfim, por me fazerem sentir bem.

Ao Diego, pela parceria, pelos favores, pelos cafés do tipo “petróleo” preparados para ajudar nos estudos. Grande amigo e irmão, não de sangue, mas de coração. Ao Ricieri, por compartilhar as mesmas preocupações e medos com relação a situações muito similares que vivenciamos, pelas constantes conversas sobre o curso de pós-graduação e sobre a vida e pelos cafés, nada saudáveis, tomados na padaria pertinho da minha casa. Ao Breno Maciel pelo incentivo em concluir o trabalho, pela ajuda prestada sempre que precisei e pelos momentos de diversão. Ao Paulo, por auxiliar na difícil tarefa de compreender o Bakhtin e por me ajudar a entender e aceitar algumas condições impostas pela vida.

Aos colegas de grupo de pesquisa ainda não mencionados, Josiane, Erika, Jader, Nathan, Eliane e Alexsandro, pela constante troca e pelos momentos de descontração. À Josiane, agradeço também pela companhia nas caminhadas no final das tardes de verão. Aos demais colegas da pós-graduação, Glauco, Mara, Maykon, Camila, Breno Neto, Alex e Anderson, pelas risadas e pelos tensos momentos de estudo coletivo para as disciplinas de Física.

Ao Dr. Alceu, pelas conversas semanais e por me ajudar a entender muitas das minhas preocupações e angústias. Aos amigos de Bento Gonçalves por

compreenderem minha ausência e pelos momentos de diversão proporcionados quando visitava a cidade. Obrigado, Darlan, Suelen, Luís, Natte, Pauline, Maicon, Nicole e Pette.

À minha irmã e ao meu cunhado, por me darem um sobrinho/afilhado coisa mais linda e fofa do mundo, que só nos enche de alegria.

Aos alunos da disciplina de Metodologia do Ensino de Física que aceitaram participar da pesquisa e desenvolveram todas as atividades propostas na disciplina com muito empenho e seriedade.

Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprenderam a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais...

(Rubem Alves)

RESUMO

Este trabalho envolve a temática Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na formação de professores de Física. O objetivo da pesquisa foi estudar a compreensão sobre inter-relações CTS e aspectos didático-pedagógicos do enfoque que um grupo de licenciandos cursantes da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” apresentava. Além disso, como condição para o desenvolvimento da pesquisa, o trabalho envolveu também a estruturação da disciplina em questão, que foi incorporada ao currículo da Licenciatura em Física da UFRGS, recentemente, bem como a implementação da mesma. A estruturação da disciplina contemplou a inserção da perspectiva CTS, cujo estudo não tinha espaço em outras disciplinas do curso. O referencial teórico-metodológico que fundamentou a investigação desenvolvida neste contexto foi a perspectiva sociocultural, a partir da teoria da mediação de Vygotsky e da sociolinguística de Bakhtin. A análise dos dados da pesquisa, que envolveu o discurso dos 11 licenciandos cursantes da disciplina, foi desenvolvida com base nos pressupostos da teoria de Bakhtin. Os resultados da pesquisa mostraram que a intervenção possibilitou alguns avanços nas compreensões iniciais dos licenciandos sobre CTS e suas inter-relações, considerando fatores do contexto social, institucional e cultural que influenciam diretamente na compreensão que os mesmos possuem sobre o tema.

Palavras-chave: formação de professores, CTS, metodologia do ensino de física, Vygotsky, Bakhtin.

ABSTRACT

This work addresses the Science, Technology and Society (STS) perspective in the context of Physics teachers training. The goal of this research is study the undergraduates' understanding of interrelationships of STS perspective and its didactical-pedagogical characteristics, delineated in a group of students attending the discipline Physics Teaching Methodology. Moreover, as part of the present research, organization of a syllabus was carried out, incorporating it into course curriculum. This organization included the insertion of STS perspective, since this topic has not been addressed in other disciplines of this Physics teachers training program. The theoretical and methodological framework that grounds the present research is the sociocultural perspective, enlightened by Vygotsky's theory of mediation and Bakhtin's sociolinguistics. The data analysis, which involves the speech of 11 undergraduates students of the discipline, was guided by the assumptions of Bahktin's theory. The results have shown that the didactical intervention produced advances in some initial undergraduates' insights about STS and its interrelations, concerning the social, institutional and cultural contexts which directly influence their comprehension about this topic.

Keywords: teachers training, STS, methodology of physics teaching, Vygotsky, Bahktin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos de indução e dedução.	24
Figura 2 – representação de uma escada em perspectiva.....	25
Figura 3 – Gráfico de funções que relacionam o período de um pêndulo ao seu comprimento.....	26
Figura 4 – Prática Tecnológica.....	42
Figura 5 – Significado da educação CTS.	56
Figura 6 – Sequência inspirada na concepção CTS.	73
Figura 7 – Sequência didática para uma abordagem CTS.....	74
Figura 8 – Desenho da pesquisa.....	161
Figura 9 – Distribuição das vozes de acordo com os diferentes níveis.	210

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre o ensino tradicional e a educação CTS	57
Quadro 2 – Aspectos a abordagem CTS	59
Quadro 3 – Sequência didática inspirada na concepção CTS.	74
Quadro 4 – Categorias curriculares CTS	75
Quadro 5 – Critérios que devem estabelecer materiais pautados pela perspectiva CTS	79
Quadro 6 – Níveis das possíveis vozes de racionalidade, desenvolvimento e participação	180
Quadro 7 – Síntese dos critérios para análise dos aspectos didático-pedagógicos do CTS	187
Quadro 8 – Síntese comparativa da análise das unidades didáticas	279

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MOVIMENTO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	18
2.1. Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	20
2.1.1. Ciência e Sociedade.....	21
2.1.2. Tecnologia e Sociedade	35
2.1.3. Ciência e Tecnologia	47
2.2. Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	54
2.2.1. Significados do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	56
2.2.2. Objetivos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	60
2.2.3. Aspectos pedagógicos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade...66	
2.2.4. Críticas ao enfoque CTS	80
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	82
3.1. A teoria da mediação de Vygotsky	83
3.1.1. Crise na psicologia: a necessidade de um método.....	84
3.1.2. O método genético-experimental.....	86
3.1.3. Mediação	88
3.1.4. Internalização	91
3.1.5. A zona de desenvolvimento proximal	92
3.2. A filosofia da linguagem de Bakhtin	93
3.2.1. Enunciado.....	95
3.2.2. Dialogismo	98
3.2.3. Gêneros discursivos e vozes	99
4. FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A DISCIPLINA DE METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA	102
4.1. Formação de professores de ciências.....	102
4.2. O professor e a perspectiva CTS	122
4.3. A estruturação da disciplina “Metodologia do Ensino de Física”	135
4.4. Implementação da disciplina	143
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	158
5.1. Enfoque metodológico.....	158
5.2. Desenho da pesquisa.....	161

5.3. Contexto de investigação	163
5.4. Coleta de dados	163
5.5. Organização dos dados	167
5.6. Estrutura da análise	168
6. ANÁLISE.....	189
6.1. Análise das inter-relações CTS.....	189
6.1.1. Análise do questionário	189
6.1.2. Análise de episódios Interativos	216
6.2. Análise dos aspectos didático-pedagógicos.....	246
6.2.1. Análise de interações das aulas	246
6.2.2. Análise das unidades didáticas	261
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	285
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	295
APÊNDICE A.....	308
APÊNDICE B.....	309
APÊNDICE C	310
APÊNDICE D	311
ANEXO A	329
ANEXO B	332
ANEXO C	335
ANEXO D	336
ANEXO E	337
ANEXO F.....	338
ANEXO G	339
ANEXO H	343
ANEXO I.....	354
ANEXO J.....	371
ANEXO K	387
ANEXO L.....	426

1. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências, principalmente a partir da década de 50, foi adquirindo maior importância juntamente com o reconhecimento de que a ciência e a tecnologia são elementos relacionados ao desenvolvimento econômico, cultural e social (KRASILCHIK, 2000). Por outro lado, é recorrente na literatura o apontamento de que esse mesmo ensino, que passou a ser tão valorizado e foi objeto de atenção especial de muitas reformas educacionais, vem passando por um período de crise há algumas décadas (FOUREZ, 2003; KRASILCHIK, 1988). Uma interpretação para tal crise não é uma tarefa fácil de ser executada, como aponta Fourez (2003), já que envolve diversos atores (alunos e pais, professores de ciências, cidadãos, dirigentes da economia, entre outros) e tem como pano fundo diversos conflitos, tensões ou controvérsias.

Nesta mesma direção, alguns autores como Lemke (2006) e Banet (2007), têm apontado que os objetivos da educação científica não têm atendido às necessidades da sociedade atual. Banet (2007) pontua que uma das circunstâncias que sustentam o problemático panorama atual do ensino de ciências é o ensino propedêutico, que ignora as novas coordenadas sociais da escola e as contribuições da didática das ciências. Além disso, o autor acrescenta que tal formação não atende às necessidades dos estudantes, que apresentam perfis diversificados sob o ponto de vista pessoal, social e cultural, pois estes, de maneira geral, irão fazer uso dos conhecimentos científicos que conseguirem aprender como cidadãos e não como futuros cientistas, como propõe tal ensino propedêutico.

As consequências desse ensino propedêutico são apontadas como outras circunstâncias que sustentam o atual panorama atual do ensino de ciências, tais consequências, segundo Banet (2007), são: o conteudismo, a ênfase no ensino memorístico e descontextualizado, bem como o reduzido interesse dos alunos nas disciplinas científicas.

Poderiam ser acrescentados a estas consequências, muitas outras, mas independente disso, há um consenso de que a educação científica oferecida aos estudantes da educação básica não tem sido satisfatória.

Por outro lado, Lemke (2006) aponta que qualquer análise séria sobre como transformar a educação científica deve partir do questionamento dos objetivos que se atribui a ela. Neste sentido, destaca que “os objetivos da educação científica não

podem ser meramente técnicos; não pode ser nosso único propósito produzir trabalhadores capacitados e consumidores educados para uma economia global, que nossos estudantes não têm aprendido a criticar inteligentemente” (LEMKE, 2006).

Assim, tanto Lemke (2006), quanto Krasilchik (1988) e Banet (2007) apontam para a necessidade de assumir objetivos mais amplos, que contribuam para o desenvolvimento de uma sociedade melhor e de uma vida melhor a todas as pessoas, propondo objetivos preocupados com uma educação para a cidadania. Assim,

[...] deveríamos favorecer uma formação que permita ao cidadão desenvolver-se em sua vida diária, que contribua para desenvolver aquelas capacidades que facilitem sua participação na tomada de decisões sobre problemas relacionados com o desenvolvimento científico e tecnológico, com a saúde, com o meio ambiente..., que contribuam para desenvolver seu pensamento crítico; por fim, uma perspectiva educativa que contemple o conhecimento científico como parte da cultura de todos os cidadãos. Naturalmente, estas proposições estão muito distantes do que vem sendo desenvolvido nas aulas de ciências (BANET, 2007, tradução nossa).

Apesar de serem metas bastante ambiciosas, em alguns trabalhos como o de Lemke (2006), é possível encontrar algumas propostas de ação para uma educação científica que avance nesta direção. Contudo, entende-se que transformações neste sentido são de grande complexidade e ainda existe um longo caminho a ser trilhado em busca dessa proposta de educação científica. Por outro lado, percebe-se o alinhamento dessas proposições com alguns enfoques para o ensino de ciências, como a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), por exemplo, que, de acordo com Fourez (1995b), tem sido proposta como uma resposta ao desgaste dos programas clássicos de ensino de ciências. Isso não significa dizer que a perspectiva CTS seja o caminho para desenvolver todas as ambiciosas metas apresentadas e resolver o problema da crise no ensino de ciências ou, ainda, que a mesma possui um status superior frente a muitas outras perspectivas que podem ser assumidas na educação básica. Contudo, esta tem se mostrado de grande relevância no sentido de promover um ensino de ciências voltado para a cidadania.

Verifica-se que a inserção da perspectiva CTS na educação básica tem sido bastante recomendada pela literatura, já que tem se mostrado que os alunos se beneficiam de maneira consistente (AIKENHEAD, 1994a). Por outro lado, sabe-se que sua efetiva implementação em sala de aula não tem ocorrido nas escolas brasileiras, mesmo havendo um crescimento na produção de trabalhos envolvendo

aprofundamentos teóricos, recomendações, propostas de implementação, relatos de experiência, entre outros.

Muitos destes trabalhos têm apontado que um dos obstáculos à implementação da perspectiva CTS está relacionado ao professor. Pode-se dizer que este problema envolve pelo menos duas questões relacionadas: a primeira é a formação do professor, que raramente contempla a perspectiva CTS; e a segunda diz respeito às concepções reduzidas que os mesmos possuem com relação às inter-relações CTS, que normalmente são decorrentes da primeira questão. Assim, como aponta Acevedo *et al.* (2002, p. 19), "se os professores que são responsáveis por educar as atitudes CTS dos estudantes sustentam crenças inadequadas neste campo de conhecimento, parece óbvia a necessidade de uma formação específica que os capacite em CTS".

Portanto, a formação docente é um desafio a ser superado para que se possa viabilizar a presença de abordagens com enfoque CTS de forma orgânica, não apenas de forma ocasional nas aulas da educação básica (TEIXEIRA, 2003).

Este é o pano de fundo do presente trabalho, que envolve a perspectiva CTS na formação inicial de professores de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mais especificamente, seu desenvolvimento consistiu na estruturação de uma disciplina nova do curso de Licenciatura em Física, a disciplina de "Metodologia do Ensino de Física", na qual foi inserido o estudo da abordagem CTS, que até o momento não era contemplada por nenhuma outra disciplina dessa formação. Além da estruturação, o presente trabalho também envolveu a implementação da mesma e, dentro contexto, buscou investigar as compreensões sobre as inter-relações CTS dos licenciandos cursantes da disciplina. Assim, dentro deste enquadramento, o presente estudo será orientado pela seguinte questão de pesquisa: **Qual o nível de compreensão que os licenciandos apresentam sobre as inter-relações CTS e sobre os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS?**

De acordo com a questão de pesquisa proposta, são delineados os seguintes objetivos para o trabalho:

- 1) Identificar a construção articulada de visões de ciência, de tecnologia e de sociedade, isto é, possibilitar o reconhecimento destas no contexto da perspectiva CTS, evitando análises isoladas e muito limitadas. Por exemplo,

identificar a visão de ciência e suas relações com a tecnologia; a visão de tecnologia e o seu impacto social; a visão sobre o impacto social da ciência; as influências da sociedade sobre a ciência e a tecnologia, etc. Identificar também os aspectos didático-pedagógicos atribuídos ao enfoque CTS.

2) Analisar o processo evolutivo¹ destas visões em decorrência das situações de interação entre os licenciandos e o professor proporcionada pela intervenção ocorrida na disciplina.

3) Investigar a compreensão das inter-relações CTS e dos aspectos didático-pedagógicos apresentados pelos licenciandos levando em consideração a intervenção, a instituição de ensino, a estrutura do respectivo curso de licenciatura, enfim, levando em consideração aspectos mais amplos: sociais, culturais e institucionais.

Assim, tendo em vista a questão de pesquisa e os objetivos almejados nesta investigação, apresenta-se a estrutura do trabalho. No capítulo 2 será apresentado o movimento CTS e seu desdobramento no campo educacional. De forma a refletir sobre alguns pressupostos que permitam fundamentar a análise que se deseja fazer, serão desenvolvidas algumas inter-relações CTS e os significados, objetivos e aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS.

Já no Capítulo 3 será abordado o referencial teórico-metodológico que guiará o desenvolvimento deste trabalho. Como perspectiva fundamentadora, a teoria sociocultural consistirá em um pano de fundo sobre o qual estará assentada a postura do pesquisador frente à pesquisa, os pressupostos teóricos e procedimentos metodológicos. Dentro disso, serão trazidos dois importantes teóricos deste quadro: Vygotsky, com sua teoria da mediação e Bakhtin, com a filosofia da linguagem. Por fim, como poderá se perceber mais adiante, acredita-se que o enfoque CTS é consistente com a perspectiva sociocultural, sendo, inclusive, apontada por Pedretti e Nazir (2011), como a mais presente em trabalhos CTS.

Por ser um trabalho situado no âmbito da formação de professores, o Capítulo 4 envolverá uma breve discussão sobre formação de professores de ciências, buscará desenvolver alguns aspectos desta formação com o enfoque CTS e, por fim, mostrará como se estruturou a disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” com base nesses

¹ As transformações ocorridas, avanços, retrocessos, construções, enfim, o “movimento” dessas visões.

pressupostos, bem como a descrição de sua implementação, de forma a caracterizar o contexto de investigação da presente pesquisa.

Depois de desenvolvidos os pressupostos CTS, o referencial teórico-metodológico e a compreensão do contexto de investigação, no capítulo 5 serão delineados os procedimentos metodológicos a serem utilizados na pesquisa com base nas proposições apresentadas nos capítulos precedentes.

No Capítulo 6 será apresentada a análise dos dados da pesquisa, seguido das considerações finais desenvolvidas no Capítulo 7. Depois das referências (Capítulo 8), são apresentados os apêndices e os anexos, nos quais poderão ser encontrados dados que foram utilizados nas análises, instrumentos de coleta de dados, materiais utilizados durante a implementação da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física”, entre outros.

2. MOVIMENTO² CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Em meados da década de 60 e início de 70 do século passado, a visão tradicional de ciência e tecnologia passou a ser questionada. A atividade científico-tecnológica que, até então, possuía uma imagem positiva frente à sociedade, passou a ser vista sob olhares mais críticos estimulados, em grande parte, pelo agravamento dos problemas ambientais que assolavam a Europa desde o fim da Segunda Guerra Mundial, pela vinculação da ciência à guerra, por acidentes nucleares, etc. O sentimento inabalável de ciência neutra, benéfica e salvacionista estava sendo substituído pela dúvida: ciência traria apenas consequências positivas à humanidade?

No contexto das mudanças ocorridas no modo de entender e regular a atividade científico-tecnológica surge o interesse por estudar e entender a dimensão social da ciência e da tecnologia (CEREZO, 1998) . De maneira geral esses estudos podem ser definidos da seguinte maneira:

Como uma primeira aproximação, os estudos sociais da ciência e da tecnologia, ou estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), constituem hoje um vigoroso campo de trabalho em que se trata de entender o fenômeno científico-tecnológico em contexto social, tanto em relação a seus condicionantes sociais, como em relação às suas consequências sociais e ambientais. A abordagem geral é de caráter crítico, com respeito à clássica visão essencialista e triunfalista da ciência e da tecnologia, e também é de caráter interdisciplinar, recorrendo a disciplinas como filosofia e história da ciência e da tecnologia, sociologia do conhecimento científico, teoria da educação e a economia (CEREZO, 1998, p.41, tradução nossa) .

Conforme aponta Cerezo (1998), o fundamento central do movimento é a crítica à tradicional visão essencialista e triunfalista da ciência, que pode ser entendida pela seguinte relação causal:

mais ciência → mais tecnologia → mais riqueza → mais bem estar social

Tal relação causal, fundamentada na filosofia positivista, é chamada de modelo linear de desenvolvimento. Neste modelo há a concepção de que o desenvolvimento científico gera mais desenvolvimento tecnológico e este, por sua vez, acarreta em

² Bochecco e Bazzo (2010) apontam que as expressões movimento CTS e enfoque CTS têm sido utilizadas com o mesmo significado, porém, explicam que historicamente este uso não é coerente. Assim, tomando como base as ressalvas dos autores, o presente trabalho usará como referência as seguintes nomenclaturas: (1) movimento CTS, como um movimento social mais amplo, que busca focar as interações ciência, tecnologia e sociedade; (2) enfoque CTS ou perspectiva CTS, referindo-se ao desdobramento do movimento no contexto educacional; e (3) abordagem CTS, como uma forma particular de desenvolver o enfoque CTS em sala de aula.

mais desenvolvimento econômico gerando, conseqüentemente, maior bem estar social. Desta forma, o desenvolvimento científico e tecnológico segue um fluxo unidirecional e autônomo na condução do bem estar social, já que pressupõe uma ciência suprema, objetiva e que não admite nenhum tipo de interferência da sociedade, constituindo-se, portanto, como uma atividade axiologicamente neutra (BAZZO *et al.*, 2003).

A rejeição desse modelo foi influenciada, em parte, pela publicação, em 1962, da obra de Thomas Kuhn (KUHN, 1997). Nessa obra, Thomas Kuhn discute a concepção tradicional de ciência tratando de algumas questões que confrontam a essência do modelo linear, tal como a dimensão social da ciência, que permite superar sua compreensão como atividade neutra, objetiva e definitiva. A partir de conceitos como comunidade científica, paradigma, revolução científica, dentre outros, constrói uma teoria que retrata o desenvolvimento científico como uma sucessão de períodos (caracterizados por paradigmas diferentes) separados por rupturas (revolução científica). A partir de sua noção de desenvolvimento científico e apoiado na história da ciência promove uma série de discussões sobre a atividade científica concebendo-a, em linhas gerais, como uma construção humana, não neutra e provisória, indo de encontro às proposições positivistas.

Outra obra que foi determinante para impulsionar os estudos CTS foi da bióloga Rachel Carson, também escrita em 1962. Em seu livro, intitulado “Silent Spring”, a autora denuncia os riscos causados pelos inseticidas utilizados em larga escala após a Segunda Guerra, tal como o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT). Essa obra acabou alimentando “a reação dos movimentos sociais, principalmente ecologistas, pacifistas e da contracultura, contribuindo de várias maneiras para a criação dos movimentos ambientalistas” (VON LINSINGEN, 2007).

Conforme Auler e Bazzo (2001), nesse contexto, ciência e tecnologia passaram a ser alvo de debate político, com questionamentos à tecnocracia e exigências de novos redirecionamentos tecnológicos. Essas discussões se originaram principalmente na Europa e nos Estados Unidos, configurando duas tradições dos estudos CTS.

Enquanto na Europa os estudos CTS apresentavam um caráter mais acadêmico e teórico, preocupando-se com as influências da sociedade sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, nos Estados Unidos possuía uma

perspectiva mais prática, com foco nas consequências sociais do desenvolvimento científico e tecnológico; enquanto uma dava mais atenção à ciência, a outra a direcionava à tecnologia (BAZZO *et al.*, 2003).

Entretanto, essa configuração inicial dos estudos CTS já não existe mais, conforme indica Cerezo (1998):

Contudo, superando a concorrência entre estas duas tradições (ou delineando com vários autores um certo núcleo comum), podemos dizer que, atualmente, os estudos CTS constituem uma diversidade de programas de colaboração multidisciplinar que, enfatizando a dimensão social da ciência e da de tecnologia, compartilham: (a) a rejeição da imagem de ciência como uma atividade pura; (b) crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada e neutra; e (c) a reprovação da tecnocracia (CEREZO, 1998, p.46, tradução nossa) .

Assim, atualmente os estudos CTS podem ser considerados como os que partilham esses três fundamentos indicados por Cerezo e organizam-se (isso desde seu início) em três grandes direções, conforme aponta Bazzo (2003):

No campo da pesquisa, os estudos CTS têm sido colocados como uma alternativa à reflexão acadêmica tradicional sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma nova visão não-essencialista e socialmente contextualizada da atividade científica.

No campo da política pública, os estudos CTS têm defendido a regulação social da ciência e da tecnologia, promovendo a criação de diversos mecanismos democráticos que facilitem a abertura de processos de tomada de decisão sobre questões de políticas científico-tecnológicas.

No campo da educação, esta nova imagem da ciência e da tecnologia na sociedade tem cristalizado a aparição de programas e materiais CTS no ensino secundário e universitário em numerosos países (BAZZO *et al.*, 2003).

A seguir serão discutidas algumas relações entre os entes da tríade CTS e depois será apresentada a perspectiva no contexto educacional, foco de interesse para o desenvolvimento dessa pesquisa.

2.1. Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Nesta seção serão feitas algumas considerações sobre ciência e tecnologia e serão apresentadas algumas relações entre as mesmas e delas com sociedade. Não se pretende dar definições para estes elementos, pois seu entendimento não é único. O objetivo é discutir alguns aspectos importantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente serão discutidos alguns pontos sobre ciência e sua relação com a sociedade, seguido da tecnologia e sua relação com a sociedade e, posteriormente,

serão tratadas algumas relações entre ciência e tecnologia. Tal separação é apenas uma forma de facilitar a exposição das ideias, tendo em vista que tais relações não são fragmentadas, mas constituídas por um complexo emaranhamento entre ciência, tecnologia e sociedade.

2.1.1. Ciência e Sociedade

Escrever sobre ciência é uma tarefa bastante complexa, pois é um tema que, mesmo sendo discutido há muitos anos, ainda é bastante polêmico e cuja compreensão está longe de ser consensual. Uma série de debates sobre a natureza da ciência tem sido promovida ao longo destes anos (Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerebend, Laudan, Toulmin, Bachelard etc.), manifestando profundas divergências (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Contudo, em meio a pluralidade de perspectivas existentes, pode-se dizer que há um consenso: a crítica à concepção tradicional de ciência, que será explicada a seguir.

Concepção tradicional de Ciência

Esta concepção visualiza ciência como uma atividade neutra, objetiva, autônoma e orientada por uma lógica interna (método científico). Sua fundamentação está ancorada na epistemologia empirista-indutivista, que segundo Silveira (1992), pode ser sintetizada em quatro teses principais:

1. A observação é a fonte e a função do conhecimento. Todo o conhecimento deriva direta ou indiretamente da experiência sensível (sensações e percepções).
2. O conhecimento científico é obtido dos fenômenos (aquilo que se observa), aplicando-se as regras do método científico. O conhecimento constitui-se em uma síntese indutiva do observado, do experimentado.
3. A especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento científico.
4. As teorias científicas não são criadas, inventadas ou construídas, mas descobertas em conjuntos de dados empíricos. A ciência é neutra, livre de pressupostos ou preconceitos (SILVEIRA, 1992).

Muito comum e largamente disseminada, essa visão é frequentemente veiculada pelos livros didáticos que, em sua maioria, abordam a Física de maneira descontextualizada e originada a partir de descobertas empíricas realizadas por grandes gênios da Ciência, transmitindo a concepção sintetizada em parte pela quarta tese, por exemplo. Ignora-se assim, o papel do trabalho coletivo intrínseco à atividade

científica, perpetuando a concepção de senso comum que concebe a ciência como fruto do trabalho de apenas um cientista, normalmente do sexo masculino, que realiza suas atividades isolado em seu laboratório, inacessível às demais pessoas (CACHAPUZ *et al.*, 2011). Também está presente em muitos roteiros de atividades de laboratório propostas para a educação básica e superior, nos quais se verifica a proposição de uma série de passos rígidos que devem ser seguidos (de maneira análoga a uma receita de bolo) cujo objetivo é descobrir leis e teorias através de dados observados nos experimentos.

Outro exemplo clássico da disseminação da visão empirista-indutivista pode ser encontrado em um simples comercial de televisão. A mídia comumente faz apelos aos conhecimentos científicos para legitimar os produtos que almeja lançar no mercado. O apelo normalmente é feito com os seguintes dizeres: “cientificamente comprovado”, “testado cientificamente”, “aprovado pelos cientistas”. Transmite-se, assim, a noção de que o conhecimento científico é superior e garante a eficiência do produto em questão, já que é investigado em um laboratório, a partir de muita observação e experimentação, isentas de interesses pessoais, crenças e preconceitos. Consequentemente, é propagado que a ciência se vale de um método padrão para delimitar o que é científico ou não, endossando a crença de que existe o método científico.

O Método Científico

O método científico representa um conjunto de “passos” ou “regras” rígidos que o cientista precisa seguir para chegar ao conhecimento científico, iniciando pela observação, passando pela experimentação e chegando, finalmente, em leis científicas. De forma mais detalhada, as etapas que caracterizam o método científico, segundo Ostermann e Cavalcanti (2011), são as seguintes:

- * Observação (cuidadosa, repetida, crítica);
- * Formulação de hipóteses (a serem testadas);
- * Experimentação (para testar hipóteses);
- * Medição (coleta de dados);
- * Estabelecimento de relações (tabelas, gráficos);
- * Conclusões (resultados científicos);
- * Estabelecimento de leis e teorias científicas (enunciados universais para explicar os fenômenos) (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Tal método popularizou-se a partir do século XVII quando foi sistematizado por Francis Bacon e apresentado no “*Novum Organum*”, livro publicado em 1620. No

entanto, a ideia de um método para se fazer ciência remonta à Idade Antiga com o chamado método indutivo-dedutivo proposto por Aristóteles (384-322 a.C.).

Nessa concepção aristotélica, a atividade científica inicia com observações de fatos isolados, a partir dos quais é possível fazer generalizações (raciocínio indutivo) e obter explicações. Após isso há uma inversão, isto é, destas explicações gerais tenta-se chegar aos fatos isolados por meio de um processo dedutivo. Então, para Aristóteles, a ciência se originaria de processos indutivo-dedutivos a partir do que é sentido, ouvido, tocado, isto é, deriva daquilo que os sentidos permitem captar da natureza. Segundo ele, não há nada no intelecto que não tenha estado antes nos sentidos. Após a morte de Aristóteles, seus seguidores organizaram os escritos deixados em um livro chamado "*Organum*", que significa "instrumento da ciência". Contudo, a lógica aristotélica não teve aceitação geral nas idades Antiga e Média e só se estabeleceu com as contribuições de Bacon ("*Novum Organum*") que descartou o cunho especulativo da investigação, por considerá-lo ineficaz como instrumento de descobertas, colocando ênfase nos processos de observação e experimentação.

Para Bacon, a tarefa do cientista é extrair os fatos da natureza, sendo para isso necessário que antes ele elimine as crenças, conjecturas e preconceitos que contaminam a sua percepção do mundo. Pensando desta forma, Bacon afirmava que o cientista ideal seria uma criança, exatamente por possuir tais características que julgava imprescindíveis para se fazer uma leitura adequada do "livro da natureza". Portanto, nesta concepção de método científico, não existe criação e sim constatação obtida pela aplicação das regras do método (já citadas).

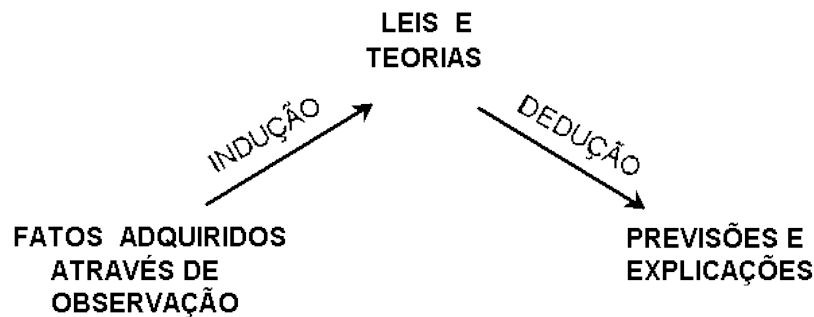
A indução e seu problema

A indução, brevemente comentada, é a lógica que está por trás do método científico. Para a completa compreensão do raciocínio indutivo é necessário definir dois tipos de afirmações:

- a) Singulares: afirmações relativas a ocorrências específicas em tempos específicos. Representam casos particulares e são adquiridas através da observação.
- b) Universais: afirmações de caráter geral, que expressam propriedades relativas a todos os eventos de um tipo específico, como leis e teorias.

Assim sendo, a indução pode ser entendida como o processo pelo qual se pode obter afirmações universais partindo de afirmações singulares, ou seja, através da indução é possível generalizar algumas observações particulares e obter leis universais, conforme mostra o lado esquerdo da Figura 1.

Figura 1 – Processos de indução e dedução.



Fonte: Chalmers (1993).

Entretanto, estas generalizações só são legítimas, segundo os indutivistas, se obedecerem a três condições:

- 1) É necessário um grande número de observações independentes;
- 2) As observações precisam se repetir sob uma ampla variedade de condições;
- 3) Nenhuma observação pode entrar em conflito com a lei universal.

É importante destacar que na concepção empirista-indutivista a dedução, mostrada na parte direita da Figura 1, não é usada para obter conhecimentos ditos verdadeiros, mas sim para fazer previsões e fornecer explicações referentes às leis e teorias obtidas pela indução. Além disso, para o empirista-indutivista o que atua como fonte da verdade não é a lógica (indução e dedução) e sim a experiência.

Apesar disso, o indutivismo não se sustenta, pois não há como justificar a sua legitimidade, isto é, não é possível justificar a passagem de enunciados observacionais para enunciados universais. Tal inconsistência é chamada de problema da indução.

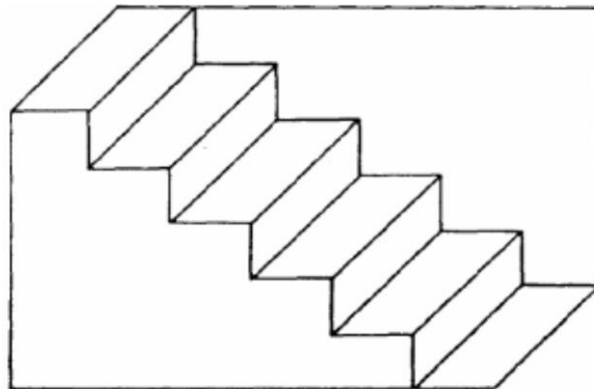
Os indutivistas tentam justificar a validade do seu método apelando para a lógica ou para experiência, no entanto, como será apresentado, a indução é facilmente derrubada apontando sua fragilidade sob o ponto de vista lógico e a partir de seus problemas com as observações e a dependência destas com as teorias.

Chalmers (1993) resume a posição de um indutivista ingênuo da seguinte maneira: “Se um grande número de A’s foi observado sob uma ampla variedade de condições, e se todos esses A’s observados possuíam, sem exceção, a propriedade B, então todos os A’s possuem a propriedade B” (CHALMERS, 1993).

A inconsistência lógica no empirismo-indutivismo, usando como exemplo a definição feita por Chalmers, é que mesmo observando muitos A’s com propriedade B, não é possível afirmar que todos os A’s terão tal propriedade, pois nada impede que no futuro se encontre algum A que não tenha a propriedade B pelo simples fato de ainda não ter sido observado.

Além disso, admitir que a ciência inicia a partir de observações é outro ponto questionável. As observações são sempre subjetivas, pois no ato de ver o homem também está interpretando (esses fenômenos não podem ser separados) e esta interpretação depende de uma série de fatores como emoções, experiências passadas, expectativas, gênero, cultura. Por exemplo, conforme aponta Chalmers (1993), existem várias tribos africanas que não têm o costume de representar imagens tridimensionais em perspectiva bidimensional e, portanto, não enxergam na Figura 2 uma escada, como a maioria das pessoas, mas apenas um arranjo de linhas.

Figura 2 – representação de uma escada em perspectiva.



Fonte: Chalmers (1993).

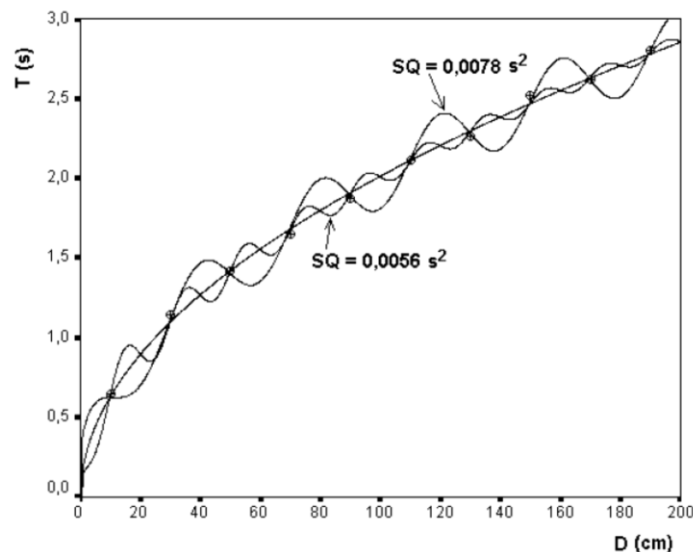
Embora a imagem formada na retina de diferentes observadores seja idêntica, o que estes estarão vendo nem sempre será igual, pois como já foi dito, os dados puros não têm sentido por si mesmos, já que dependem da interpretação que lhes é dada. Na Física, por exemplo, “quando se utiliza um amperímetro não se observa a intensidade da corrente, mas sim o simples desvio da agulha” (CACHAPUZ *et al.*, 2011). Muito provavelmente para alguém que não conheça esse instrumento tal desvio não terá o mesmo significado que tem para um Físico. Portanto, é insustentável

afirmar que a ciência começa com observações, pois sempre existem concepções, expectativas e teorias que antecedem as observações e possibilitam que estas sejam percebidas de uma forma ou de outra.

Assim sendo, entende-se que na atividade científica as teorias têm papel muito importante, afinal, são elas que guiam os cientistas em suas observações, escolhas e interpretações. Para exemplificar isso, recorre-se ao trabalho elaborado por Silveira e Ostermann (2002), no qual demonstram a insustentabilidade da proposta indutivista a partir de uma situação de prática de laboratório.

Nesse trabalho, a partir de um conjunto de dados coletados do experimento (Pêndulo Simples), com a ajuda de um *software*, os autores construíram um gráfico do período como função do comprimento do pêndulo e encontraram várias curvas diferentes que se ajustam muito bem aos pontos experimentais coletados. Estas curvas estão representadas na Figura 3.

Figura 3 – Gráfico de funções que relacionam o período de um pêndulo ao seu comprimento.



Fonte: Silveira e Ostermann (2002)

Diante dessas diversas funções, os autores questionam:

Qual das funções deve ser escolhida como a "Lei do Pêndulo Simples"? (Por simplicidade estamos tratando de apenas quatro funções; conforme destacado anteriormente, há virtualmente infinitas funções candidatas à Lei.) A opção por qualquer uma das quatro funções dependerá de pressupostos que transcendem aos dados (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

Portanto, fica evidente que o cientista precisará abandonar os dados puros e recorrer à teoria para decidir qual será a "Lei do Pêndulo Simples", ou seja, a teoria

guia as escolhas adotadas pelos cientistas. Não significa que a observação e a experimentação não tenham importância no processo e construção do conhecimento, apenas elas não desempenham o papel proposto pelo método científico.

Em suma, a atividade científica não inicia com observações puras e a indução, assim como o método científico, não são válidos como formas de produção do conhecimento científico. Além disso, de maneira geral, os cientistas não são sempre conscientes dos métodos utilizados, sendo a investigação científica pautada muito mais por um caráter “tentativo” que se traduz em dúvidas, redefinições e elaboração de modelos que tentam descrever aproximadamente a natureza, do que de uma lógica algorítmica, livre de crenças e infalível, responsável por conduzir a um conhecimento verdadeiro e absoluto.

Ciência como produção social

A ciência, conforme exposto até o momento, mostra-se extremamente desvinculada da sociedade, isto é, apresenta uma certa autonomia com relação a esta última. Nesta concepção tradicional, o cientista também seria independente da sociedade, por isso, como já foi afirmado, é comum a compreensão de que ele trabalha sozinho em sua “torre de marfim” com a máxima imparcialidade e objetividade.

Segundo Fourez (1995a), o conceito de objetividade nasceu com os comerciantes burgueses, isto é, a cultura destes instituiu a visão de mundo que permite destacar aquilo que é visto da globalidade. A ciência moderna, por sua vez, ligou-se à ideologia da burguesia (que sente-se exterior ao mundo, ao passo em que tenta explorá-lo e dominá-lo), servindo como um instrumento intelectual que permitiu a dominação política, econômica e militar (FOUREZ, 1995a).

Essa suposta objetividade, contudo, é facilmente descartada quando se entende que “a ciência é feita pelos e para os seres humanos” (FOUREZ, 1995a). Isso significa enxergar os cientistas como seres humanos que, assim como outras pessoas, estão sujeitos a fortes emoções, são dotados de convicções pessoais e de uma particular personalidade, além de possuírem determinados interesses, necessidades e uma história de vida única. Estes sujeitos, ao elaborarem uma determinada pesquisa, não deixarão de ter suas respectivas características e, inclusive, estarão ancorados nestas ao longo do desenvolvimento da mesma.

Portanto, uma visão de ciência autônoma da sociedade e objetiva é incoerente com seu aspecto humano e, como será mostrado mais adiante, social e institucional.

Conforme aponta Kneller (1980), os cientistas diferem em pensamento, maneiras, temperamento, moral e objetivos de vida, porém pode-se dizer que existem, de maneira geral, certos tipos de personalidades que podem ser identificadas. A personalidade do cientista influencia de uma forma inimaginável a pesquisa e, para exemplificar isso, o autor traz a situação da “descoberta”³ do DNA, isto é, mostra como a personalidade dos pesquisadores mais intimamente envolvidos na corrida pela “descoberta” do DNA influenciou neste processo.

Nessa disputa para compreender a estrutura do DNA, estavam mobilizados principalmente dois grupos, Crick e Watson, em Cambridge, e Wilkins e Franklin, em Londres. Watson e Crick eram dois cientistas confiantes, persistentes e muito especulativos. Crick era estudante de novas ideias, as quais gostava de desenvolver em discussões. Watson não era tão perspicaz quanto Crick, porém gostava de estar sempre à frente dos outros em seus temas de pesquisa (KNELLER, 1980).

No outro grupo, Franklin era uma pesquisadora experimental, muito apegada às evidências e dona de um estilo agressivo e questionador, em parte por acreditar que seu trabalho era subestimado pelo fato de ser do sexo feminino (o que tem grandes chances de ser verdade). Ela analisou fotografias de raio x que foram fundamentais para revelar a estrutura do DNA, contudo, devido a sua personalidade, não foi muito além das evidências empíricas. Seu colega Wilkins, por outro lado, embora não fosse tão confiante quanto seus rivais e nem disposto a assumir riscos, era considerado o especialista da Inglaterra em DNA. Mesmo assim, isso não foi suficiente para Franklin e Wilkins conseguirem revelar a estrutura do DNA, já que a personalidade de Franklin não permitia grandes discussões e a personalidade de Wilkins o fazia retrair-se cada vez mais ao invés de dominar os problemas pessoais e científicos (KNELLER, 1980).

Quando Watson viu as fotografias de Franklin percebeu que se tratava de uma estrutura helicoidal e passou a desenvolver, juntamente com a teoria que já vinha construindo, a hipótese na qual a estrutura do DNA seria composta por uma dupla hélice, a qual depois de alguns anos obteve êxito. Assim,

³ O autor usa o termo descoberta, contudo, por considerá-lo inadequado, está sendo colocado entre aspas.

A descoberta do DNA também ilustra o papel desempenhado na pesquisa pelas relações pessoais. Wilkins foi retardado por sua discussão com Franklin. Watson, por outro lado foi estimulado a avançar com sua hipótese helicoidal quando Wilkins generosamente lhe mostrou as fotos de Franklin – algo que Wilkins não precisava ter feito (KNELLER, 1980).

Evidencia-se, portanto, a impossibilidade de uma ciência impessoal, na qual o conhecimento seja independente do cientista e, de maneira geral, da sociedade, como será discutido posteriormente.

Reforçando este aspecto poderiam ser citados outros fatores psicológicos presentes na atividade do cientista como convicções, emoções, estilos de pensamento e, até mesmo, elementos inconscientes (KNELLER, 1980).

Contudo, esses fatores mencionados limitam-se à figura do cientista, sendo necessário ampliar a relação entre o conhecimento científico e a sociedade. Retomando a ligação mencionada por Fourez entre a ciência e a burguesia, vislumbra-se mais um elemento importante desta relação: a ciência é um saber ligado a grupos sociais determinados, como a burguesia, neste caso.

Portanto, está sempre vinculada a determinados projetos de uma civilização particular ou, de outra forma, é uma produção cultural relacionada àquela determinada sociedade. Contudo, esta relação não se dá de maneira aleatória, isto é, a ciência liga-se a determinados interesses de determinadas classes, normalmente em troca de financiamentos, de forma que estas influências fazem com que a comunidade científica esteja mais atenta a certas questões do que outras. Esta comunidade, portanto, “é um grupo social que tem “algo a vender”, e que procura “compradores”” (FOUREZ, 1995a).

Como grupo social, a comunidade científica representa um sistema de interação entre os cientistas, regido por determinadas normas e valores que são por eles compartilhadas.

A comunicação entre os indivíduos teria a função de controle social para o exercício dessas normas. A sanção positiva é o aspecto característico desse sistema de análise: o cientista ganha mais ou menos prestígio, de acordo com a reputação que estabelece, pelo reconhecimento de seus colegas (ZARUR, 1994).

Desta forma, a partir da comunicação entre os membros da comunidade científica é que determinadas regras serão estabelecidas, teorias serão aceitas ou não, o mecanismo de recompensas será viabilizado, a confiança ou o descrédito serão atribuídos, etc.

Portanto, a comunidade científica é palco de inúmeras negociações, nas quais entram em jogo fatores diversos que vão desde relações de força até elementos financeiros, envolvendo também ambições de carreira, fundamentos filosóficos, políticos, entre outros (FOUREZ, 1995a). Desta forma, na ciência sempre “é necessário fazer com que um grupo aceite uma visão, em meio a relações de força e de coerções de todo gênero” (FOUREZ, 1995a), o que a torna uma instituição social como qualquer outra.

Segundo Latour e Woolgar (1997), os cientistas e pesquisadores são motivados pela busca de crédito, não no sentido de reconhecimento, mas em um sentido mais amplo (envolvendo também o reconhecimento) que remete à ideia de credibilidade. “A credibilidade baseia-se na capacidade que os pesquisadores têm para efetivamente praticar a ciência” (LATOURE; WOOLGAR, 1997). Ela representa os investimentos feitos pelos pesquisadores: negociações, publicações, busca de prestígio, acesso a financiamentos, obter citações, etc.

Assim, como o cientista está sempre em busca desses investimentos, é possível compará-lo com um investidor capitalista: enquanto o capitalista está cada vez mais buscando maximizar a sua lucratividade por meio dos investimentos, o cientista busca acumular cada vez mais credibilidade. Ao adquirir credibilidade, o cientista vai convertendo-a em outras formas de credibilidade. Desta forma, o ganho de credibilidade permite um reinvestimento, formando um ciclo, conforme exemplifica Knorr-Cetina (1999).

[...] o laboratório é um lugar para a transformação da "natureza" em linguagem: as máquinas são dispositivos de inscrição que criam grafos, mapas, números, filmes, e por aí adiante. Estas inscrições são então transformadas em artigos científicos, com os quais um autor pode potencialmente adquirir crédito científico ou credibilidade, por exemplo, através da citação positiva dos seus artigos. Para esse fim o artigo tem de ser persuasivo, encontrando o autor ajuda para isso no trabalho e nas convenções retóricas anteriormente mencionadas. Com crédito e credibilidade pode-se "comprar" (o crédito e a credibilidade podem ser trocados por) mais fundos materiais para a produção de mais artigos e citações. O todo constitui um ciclo no qual a credibilidade é comprada com fundos materiais e os fundos materiais são comprados com credibilidade. A necessidade da retórica manifesta-se continuamente: as atribuições de crédito a outros autores ajudam a estabelecer a seriedade com que uma pretensão deve ser considerada (indica que nos fundamos nos resultados e na autoridade de outros), e os outros autores creditados tornam-se "aliados" nossos (KNORR-CETINA, 1999).

Então, esta noção possibilita entender a “conversão entre dinheiro, dados, prestígio, referências, áreas dos problemas tratados, argumentos, artigos etc.”

(LATOUR; WOOLGAR, 1997), permitindo relacionar fatores internos e externos, além de estabelecer vínculos entre o cientista e o mundo exterior, tais como, agências de financiamento.

Os diversos fatores “externos” à ciência, que na maioria das vezes ficam obscurecidos, são evidenciados por Latour (2000) por meio de uma comparação⁴ entre as atividades de um diretor de laboratório (chefe, como ele chama) e de uma cientista desenvolvidas em um famoso laboratório da Califórnia.

O conjunto de ações realizadas pelos dois sujeitos dessa ilustração é guiado pela pesquisa que o laboratório está desenvolvendo com uma nova substância, que promete revolucionar a área de pesquisa, denominada “Pandorina”.

As atividades cotidianas da cientista, que considera estar fazendo ciência pura, se limitam à realização de inúmeros testes com a “Pandorina” durante 12 horas diárias, entre as quatro paredes do laboratório. Ela não tem interesse em questões sociais ou políticas, “quer manter-se a distância de advogados, da indústria e mesmo do governo. ‘Só estou fazendo ciência’ – diz ela. ‘Ciência básica, ciência no duro’”(LATOUR, 2000).

Por outro lado, o chefe do laboratório envolve-se em diversas atividades políticas, “visitando” muitos lugares e um grande número de grupos da sociedade, o que, inclusive, é visto com maus olhos pelos demais integrantes do laboratório. Como indica Latour, algumas das atividades desempenhadas pelo chefe do laboratório durante a semana em que foi acompanhado são:

- comunicação com colegas de diversas partes do mundo, para quem o chefe escreveu sobre a “Pandorina”;
- encontro com dirigentes da indústria farmacêutica francesa para negociar as possibilidades de patentear a substância;
- encontro com o ministro da saúde da França para discutir sobre a política do país para a ciência (sobre a qual o chefe queixava-se) e, principalmente, a possibilidade de criação de um novo laboratório na França para a realização de pesquisas da área;
- encontro, na França, com um cientista sueco que construiu um instrumento capaz de localizar a “Pandorina”. Por se tratar de um

⁴ Esta comparação foi desenvolvida entre as páginas 252 e 258 do livro citado.

protótipo, o chefe promete ajudar a encontrar uma indústria que tenha interesse em desenvolver o instrumento;

- reunião, em Washington, com a Organização dos Diabéticos, na qual ele discursou afirmando que sua pesquisa logo dará certo, mas que é necessário mais investimentos;
- encontro com a Academia Nacional de Ciência, solicitando a criação de uma nova seção para a sua área de pesquisa, que não tem um espaço próprio;
- reunião com o conselho da revista Endocrinologia, na qual ele pede mais espaço para sua área e exige a participação de especialistas em encéfalo na análise dos artigos da revista;
- uma visita ao matadouro local, convencendo a utilizar um método de abate das ovelhas que arranque a cabeça preservando o hipotálamo.

Ao comparar os diários de um ano de observação das atividades do chefe com a pesquisadora, Latour destaca que os observadores perceberam os seguintes acontecimentos:

Notam que um artigo escrito pela colaboradora foi aceito numa nova seção da revista Endocrinologia – seção esta criada pelo chefe; que ela conseguiu empregar um novo técnico graças a uma bolsa especial concedida pela Associação dos Diabéticos - depois do discurso do chefe na Casa Branca; que agora ela obtém do matadouro hipotálamos frescos muito mais limpos que antes - resultado das reclamações do chefe; que com ela estão atuando dois ex-alunos do chefe, atraídos por seu trabalho após o curso que fizeram na universidade; que agora ela está pensando em assumir um cargo oferecido pelo Ministério da Saúde da França, para montar um novo laboratório naquele país - graças as longas negociações do chefe com as autoridades francesas; que ela comprou um novo instrumento de uma firma sueca para mapear quantidades ínfimas de peptídios no encéfalo - em parte pela colaboração do chefe na implantação da empresa (LATOUR, 2000).

Embora a pesquisadora acredite que não há relação do seu trabalho com questões políticas e sociais, fica evidente o seu equívoco, já que o desenvolvimento de sua pesquisa (e principalmente as condições materiais necessárias para esta) é fruto da atividade política do chefe do laboratório. Por trás dessa intensa ação política do chefe do laboratório estão presentes diversos interesses sociais, seja da associação dos diabéticos em encontrar condições de conviver melhor com a doença, da indústria farmacêutica em lucrar com o patenteamento da substância, do ministro da saúde francês ao estruturar um novo laboratório, entre outros.

É inquestionável que o retorno econômico é um dos maiores interesses que estão por trás da atividade científica. Como apontam Lima Junior *et al.* (2014), a ciência (e também a tecnologia) é incorporada à sociedade como força produtiva com o objetivo de produzir mais-valor. Segundo eles, as inovações científicas e tecnológicas aumentam a intensidade da produção, reduzem o valor da força de trabalho e, conseqüentemente, aumentam a mais-valor. Assim sendo, as áreas que tendem a ser economicamente mais rentáveis são mais fomentadas do que outras e as inovações decorrentes dessas áreas rentáveis é que são empregadas em larga escala.

Na medida em que o uso da ciência aumenta a mais-valor, o próprio processo produtivo acaba influenciando o desenvolvimento da ciência, como afirmam os autores:

A questão da produção de mais-valor é sempre crucial para que um capitalista decida incorporar ou não inovações tecnológicas à sua produção, e o fato de que certas tecnologias são mais prontamente empregadas na produção de mais-valor do que outras influencia decisivamente nas direções em que avançam a ciência e a tecnologia (LIMA JUNIOR *et al.*, 2014).

Portanto, interesses econômicos sempre permeiam/condicionam a atividade científica, de forma que esta acaba sendo utilizada para produzir mais riqueza para a minoria que a controla e a sua eventual contribuição para o bem estar social da população representa apenas um efeito colateral dessa necessidade de acumulação de capital (LIMA JUNIOR *et al.*, 2014). Em decorrência disso, a ciência adquire *status* de um saber utilizado para a dominação do homem, já que tem seu desenvolvimento condicionado por fatores externos (sobretudo interesses capitalistas) que determinam sua inserção no processo de produção e com isso a intensificação do trabalho (agora regulado por essas inovações) e a degradação da força de trabalho.

Tem-se, portanto, uma nova faceta da ciência, que a configura como um instrumento de poder, na medida em que sua inserção no processo produtivo a torna um instrumento capaz de submeter os homens ao seu ritmo e intensidade, ou seja, a uma razão instrumental (FREITAG, 1979).

Contudo, como aponta Freitag (1979), existe uma outra relação entre ciência e poder muito mais perversa, na qual, além do condicionamento econômico, fica evidente a vinculação entre ciência e política. Tal relação entre ciência e poder permite compreender o seu papel na produção e alteração de estruturas sociais, pois uma vez

que esta se tornou um elemento constituinte do processo produtivo (conforme visto anteriormente) também passou a fazer parte do jogo de poder das classes sociais integrantes da sociedade.

Dentro deste cenário o Estado desempenha um papel essencial como responsável por utilizar a ciência como um instrumento de manutenção das relações de produção. Na medida em que ele (o Estado) assegura a expansão do sistema/ritmo econômico (por meio de ações que possibilitam a produção de mais-valia relativa ao capitalista) desenvolvendo as forças produtivas, permite que a estrutura econômica submetta os homens a uma razão instrumental mais intensa e exaustiva (FREITAG, 1979).

Além disso, a estabilização e o crescimento do sistema econômico ocorre por meio de soluções técnicas que exigem “uma despolitização das massas para transferir o poder de decisão aos técnicos, aos especialistas no assunto, aos *experts*” (FREITAG, 1979). Contudo, cabe destacar que:

As opiniões de cientistas, engenheiros e outros profissionais dos campos de C&T não podem ser consideradas completamente isentas justamente em virtude da relação de cooperação (direta ou indireta, consciente ou não) que esses trabalhadores mantêm com a classe capitalista (LIMA JUNIOR *et al.*, 2014).

E se valendo de um discurso de neutralidade e objetividade (como vistos inexistentes) os *experts* justificam suas escolhas. Com isso, a própria ciência acaba legitimando as estruturas do poder, como resume Freitag:

A “ciência”, em sua forma de razão instrumental, assume assim uma função múltipla na manutenção e reprodução da sociedade “pós-industrial”: dinamiza a infra-estrutura como força produtiva; despolitiza a instância do poder, permitindo que as decisões não sejam mais tomadas à base do consenso, mas por uma minoria de tecnocratas, legitimados como *experts*. Estes, em nome da ciência e com o auxílio das técnicas e meios que ela fornece, tomam decisões que afetam a maioria. A “efetividade” com que funcionam a infra-estrutura e instância política servem de legitimação da minoria diante da maioria. Esta aceita inquestionavelmente as decisões como impostas por uma racionalidade técnica, pela necessidade econômica (FREITAG, 1979).

Portanto, a ciência é uma atividade social e de natureza dinâmica. Por ser uma produção de um contexto específico, de uma determinada sociedade, a ciência é profundamente marcada pela cultura na qual está inserida, relacionando-se com algumas estruturas econômicas, políticas e ideológicas. Mais especificamente, sendo determinada e também determinando tais estruturas, funcionando como um

instrumento de dominação de determinados grupos sociais por outros aos quais ela serve, garantindo mais riquezas e poder.

2.1.2. Tecnologia e Sociedade

Da mesma forma que a ciência, a tecnologia apresenta uma imagem convencional frente à sociedade, na qual normalmente são atribuídas visões que a consideram como um mero produto material (normalmente moderno) ou ainda, como resultado da aplicação de conhecimentos científicos.

Sem dúvida muitas outras visões sobre tecnologia poderiam ser citadas. A partir de uma extensa revisão da literatura, Veraszto (2009), sintetizou dez concepções sobre tecnologia que abrangem um grande espectro de compreensão sobre a mesma, são elas: intelectualista, utilitarista, tecnologia como sinônimo de ciência, instrumentalista, neutralidade tecnológica, determinismo tecnológico, universalidade da tecnologia, pessimismo tecnológico, otimismo tecnológico e sociossistema. Ao longo desta seção, as facetas destas concepções serão discutidas. Contudo, mesmo considerando esta construção teórica feita pelo autor muito rica, não se utilizará diretamente, por acreditar que os limites de cada uma delas não são tão bem definidos, podendo haver recorrentemente uma sobreposição de cada forma de compreensão. Assim, parte-se do princípio que o senso comum engloba, de maneira geral, duas grandes visões de tecnologia, como apresentado no início da seção, nas quais muitas das concepções propostas por Veraszto estão de alguma forma presentes.

A primeira visão de senso comum considera a tecnologia como um produto da indústria, tal como máquinas, computadores, telefones, *tablets*, entre outros, ou seja, artefatos que supostamente viriam para melhorar a vida das pessoas e, conforme sugerem os exemplos citados, são considerados modernos. Por isso, essa visão tem um caráter instrumentalista, ou seja, a tecnologia é entendida como um instrumento construído para auxiliar as diversas tarefas demandadas pelos humanos. Além disso, ao desconsiderar todo o processo envolvido na produção desses artefatos, sugere um caráter utilitarista à mesma, isto é, apenas o resultado pós-produção é o que importa, portanto, sua finalidade, sua utilização. Ainda, essa eliminação do processo, esconde os diversos contextos políticos, econômicos, sociais e culturais subjacentes à

tecnologia, como se esta fosse neutra e universal, ou seja, a mesma em qualquer lugar, independente de qualquer contexto.

Já a segunda visão de senso comum, bastante difundida pelo meio acadêmico, é aquela que compreende a tecnologia como ciência aplicada. Nesse caso, a tecnologia seria um conhecimento prático que deriva diretamente dos conhecimentos científicos e, portanto, é redutível a ela. Conforme apontam Bazzo *et al.* (2003) esta visão está subjacente ao modelo linear de desenvolvimento, portanto, pode-se dizer que carrega consigo uma ideia de neutralidade científico-tecnológica e também determinista da tecnologia, já que é totalmente autônoma, isto é, isenta do controle humano.

Essas visões de senso comum abordam um conceito bastante amplo e complexo, como é a tecnologia, de forma reduzida, desconsiderando uma série de fatores que estão envolvidos no planejamento, na produção e no uso das tecnologias. Na medida em que alguns aspectos importantes sobre ela forem sendo desenvolvidos no decorrer desta seção, a fragilidade de tais visões ficará mais evidente.

Técnica e Tecnologia

A literatura aponta que técnica, ciência e tecnologia são frequentemente confundidas e até mesmo apresentadas como sinônimos umas das outras (MIRANDA, 2002). Em vista disso, é importante fazer uma reflexão sobre alguns aspectos relativos a elas para que seja possível compreender melhor a tecnologia.

Miranda (2002), apoiada em Ruy Gama (1986), explicita uma distinção inicial entre técnica e tecnologia por meio de suas conotações conceituais, extraídas de um dicionário de ciências sociais. Por meio dessas, é possível dizer que a técnica está relacionada a um saber fazer, à capacidade de transformação e de resolução de problemas, enquanto a tecnologia diz respeito a uma razão do saber fazer, ao conhecimento que envolve as operações técnicas⁵.

Contudo, a palavra tecnologia é usada com diferentes acepções (ACEVEDO, 1998), já que ao longo da história o conceito foi interpretado de maneiras diferentes, por meio de teorias variadas e dentro de distintos contextos sociais (VERASZTO, 2009). Assim, aponta Miranda (2002), é sempre necessário indagar sobre qual contexto é feita a referência à ciência, à tecnologia e à técnica, já que o conceito sofre

⁵ Como será mostrado mais adiante, essa forma de entender técnica e tecnologia se modificou com o tempo e não representa sua compreensão moderna.

variação com a dinamicidade histórica. Esse dinamismo envolvendo a tecnologia impossibilita fornecer uma definição exata e precisa para a mesma, sendo necessário entender como este conceito foi se alterando ao longo da história.

Em diferentes momentos a história da tecnologia vem registrada junto com a história das técnicas, com a história do trabalho e da produção do ser humano. Assim, é primordial a tentativa de apresentar um marco divisório para mostrar a tênue linha que separa a técnica da tecnologia (VERASZTO, 2009).

Portanto, como propõem Veraszto (2009) e Miranda (2002), é necessário fazer uma distinção entre técnica e tecnologia por meio de um olhar histórico, através do qual seja possível perceber a evolução da técnica e da tecnologia dentro de diversos contextos sociais. É consenso na literatura que o surgimento da técnica está atrelado ao surgimento do homem (ACEVEDO, 1998; BAZZO *et al.*, 2003; MIRANDA, 2002; VERASZTO, 2009), de forma que a história do homem se entrelaça com a história da técnica sendo inconcebível a existência de um sem o outro.

Inclusive, Veraszto (2009) aponta que a enorme quantidade de concepções errôneas sobre tecnologia encontradas hoje em dia podem ser um reflexo do desconhecimento da evolução sociocultural do homem.

Uma diferenciação entre o homem e seu ancestral *Australopitecus* reside no uso e produção de ferramentas (ACEVEDO, 1998). Sabe-se que o homínido já fazia uso de ferramentas, porém, diferentemente do homem, ele não tinha a intenção de criar e modificar as mesmas, limitando-se a utilizar como uma extensão do corpo aquilo que a natureza lhe fornecia de forma bruta.

Segundo Acevedo (1998), o *Australopitecus Africanus*, uma espécie carnívora, a partir do momento em que desceu das árvores deparou-se com dois problemas: a necessidade de alimentação (era necessário dilacerar a carne para ingeri-la) e de defesa de seu território. Da necessidade de resolver estes dois problemas pode se dizer que tem origem a técnica e, como aponta Veraszto (2009):

Estas colocações de Acevedo (1998) são capazes de trazer de imediato à mente a cena de abertura do filme 2001, Uma Odisséia no Espaço, onde de forma poética-visual, Kubrick (1968) reconfigurou os primórdios da humanidade mostrando uma descoberta colossal: a concepção da primeira ferramenta, a criação do primeiro utensílio. O homínido ao encontrar um esqueleto de um grande herbívoro, apodera-se de um dos seus maiores ossos e começa a desferir golpes contra os restos esqueléticos. De maneira conjunta, intelecto e instrumento, técnica e pensamento, diferenciaram este ser de todos os demais existentes até então. Este nosso antepassado, ilustrado no filme, associa em seus pensamentos o esqueleto encontrado

com o animal real. Aquele osso nunca mais seria apenas um osso. Seria um poderoso instrumento de caça e de defesa (VERASZTO, 2009).

Neste trecho o autor traz um exemplo do surgimento das primeiras técnicas e do próprio homem. No momento em que o hominídeo tem a intencionalidade de quebrar ossos para produzir uma ferramenta, que servirá para caçar e dilacerar a carne que irá ingerir, nasce concomitantemente a técnica (a modificação do papel do osso, a fabricação desse instrumento representa um saber fazer) e o homem (que age intencionalmente, que tem poder de transformação aliado ao pensamento).

Assim, como indica Veraszto (2009), as técnicas primitivas tiveram origem no período Paleolítico, possivelmente com a fabricação e o uso da pedra lascada, uso do fogo e cozimento de alimentos. Tais técnicas, portanto, não se apoiaram em uma base teórica, constituindo-se de forma empírica (provavelmente por tentativa e erro), como uma necessidade para enfrentar os desafios diários expostos pela natureza.

Contudo, uma primeira evolução dessas técnicas primitivas começou a ocorrer no período Neolítico, onde puderam ser estendidas e aperfeiçoadas em função do surgimento da agricultura, da domesticação de animais, fabricação de utensílios de cerâmica, confecção de tecidos, produção de vinho e cerveja, do descobrimento dos metais, entre outros (VERASZTO, 2009). Ou seja, agora a técnica não se limita apenas a invenção e uso de instrumentos, mas também desencadeia um processo de transformação nas formas e usos dos mesmos, além de permitir ao homem estabelecer as primeiras formas de organização social.

Outra característica da técnica nesse período é o fato de seu surgimento ser compreendido como um presente divino, sendo seus detentores considerados mágicos ou sacerdotes. Estes, por sua vez, a guardavam como um segredo e escolhiam quem seria favorecido com sua respectiva transmissão (VERASZTO, 2009).

Porém, na Grécia antiga, a técnica aparece de maneira mais evoluída, deixando de ser um ente mítico (VERASZTO, 2009). As *techné*, como eram denominadas, representavam ao mesmo tempo uma aplicação prática e um conhecimento universal, sendo este último predominante sobre o primeiro. Assim, neste momento a técnica (*techné*) passa a ser uma forma ou modo de conhecimento aplicado à prática e que é transmitido de geração para geração por meio do ensino (MIRANDA, 2002).

Portanto, a técnica não representava mais um simples fazer manual, embora também não representasse uma forma de conhecimento puro ou contemplativo, mas um conhecimento interessado na resolução de problemas práticos, de forma que “dela era possuidor o artífice ou artesão que ao fabricar os produtos manufaturados (prática) detinha o conhecimento da constituição de todo o processo de produção (conhecimento universal)” (MIRANDA, 2002). Tal conhecimento técnico, agora mais elaborado e sistematizado, deixou de ser divino e passou a ser possível de ser aprendido, auxiliando os homens a curar doenças, na construção de edifícios, fabricação de máquinas, desenvolvimento de atividades como a matemática e o comércio, entre outros (VERASZTO, 2009).

Na Idade Média, em função da difusão do cristianismo, houve um interesse muito maior no desenvolvimento da técnica do que conhecimentos relacionados à contemplação da natureza. Consequentemente a técnica continuou se aperfeiçoando. Ocorreram avanços nas técnicas de tecelagem, da medicina, da arquitetura, das navegações entre outras. Além disso, destaca Veraszto (2009), nos moinhos medievais começavam a aparecer formas mais apuradas e especializadas de técnicas, que foram importantíssimas para o processo de industrialização subsequente.

Contudo, com o surgimento do Renascimento uma nova forma de pensar também emergiu, a relação entre o homem e a natureza mudou significativamente, de forma que este passou a querer dominá-la e explorá-la com o intuito de tirar o máximo proveito. Com o advento da Ciência Moderna o homem conquistou uma importante aliada nesse processo de exploração, acreditava-se que “tudo que pudesse ser feito pelo homem poderia sê-lo por intermédio de conhecimentos científicos” (MIRANDA, 2002).

Porém, a ciência sozinha nem sempre era capaz de resolver alguns problemas técnicos da época, inclusive, muitas vezes precisava recorrer a conhecimentos práticos para obter instrumentos mais precisos, como é o caso de Galileu, por exemplo, que na construção da luneta tomou emprestado as técnicas de artesãos vidreiros (VERASZTO, 2009).

O fato é que da aliança entre a ciência moderna e a técnica emerge a chamada tecnologia, como indica Vargas *apud* Miranda:

No início do século XVII, dois fatos cooperaram para o aparecimento da tecnologia como uma aproximação da técnica com a ciência moderna. O primeiro foi o aparecimento, na Europa, de uma crença de que tudo que pudesse ser feito pelo homem poderia sê-lo por intermédio de conhecimentos científicos. O segundo foi que a ciência experimental exigia, para seus experimentos, instrumentos de medida precisos que teriam que ser fabricados ou por cientistas com dotes artesanais ou por artesãos, informados pelas teorias científicas.

Essa, sem dúvida, foi a origem da tecnologia como utilização das teorias científicas na solução de problemas técnicos [...] Os primeiros sucessos apareceram ao se explicar o funcionamento das máquinas a vapor por meio de teorias científicas para a construção de máquinas elétricas e confirmou-se com a eletrônica; não se sabe exatamente onde termina a ciência e começa a técnica (MIRANDA, 2002).

Contudo cabe destacar que esta tecnologia a qual se refere o autor representa na verdade o sentido moderno de tecnologia, isto é, não se pode negar a existência da tecnologia antes da modernidade, o fato é que a partir da era moderna não é mais possível entendê-la como um simples estudo da técnica, mas um ente que vai além disso, que implica em utilizar teorias científicas na resolução de problemas técnicos (MIRANDA, 2002).

A união do conhecimento prático e do conhecimento teórico não foi ao acaso, como aponta Miranda:

Tal necessidade não acontece por acaso ou aleatoriamente; ela é fruto de um projeto político, econômico, social, enfim de uma nova cosmovisão, o qual está sendo engendrado neste período: trata-se do surgimento da sociedade capitalista (MIRANDA, 2002).

Portanto, o propósito desta seção não foi definir o que é técnica ou tecnologia, mas mostrar que são entes diferentes, certamente relacionados e que só podem ser entendidos dentro de um dado contexto. Desta forma, a técnica moderna não representa mais um simples fazer manual, como descrito no início da seção, pois agora está ancorada na ciência e mais do que isso, é influenciada por uma nova postura do homem. Isso fica claro em um exemplo que Miranda cita a partir de Heidegger:

Se, antes, seu esforço consistia em preparar a terra para plantar e colher, no modo de exigir e desafiar da técnica moderna, a ação do camponês, agora é outra, porque sua exigência para com a natureza também é outra. Não se trata somente de pôr a semente no solo, e sim desafiar a natureza no sentido de extrair dela o máximo de proveito e o mínimo de despesas (MIRANDA, 2002).

Da mesma forma a tecnologia, na modernidade, passou a significar mais que o simples estudo sobre a técnica. Além disso, deve estar claro que tecnologia não é a

mesma coisa que a técnica, um conjunto de técnicas ou uma evolução da técnica. Como aponta Ruy Gama, “a passagem da técnica para a tecnologia (e esta não exclui a primeira) não é a questão da gradação ou desenvolvimento interno ao campo das técnicas: é a questão que se refere à formação socioeconômica em que se realiza” (GAMA, 1986).

Tecnologia como produção social

Strieder (2012), a partir de uma revisão da literatura que examinou o trabalho de diversos autores dedicados ao estudo da tecnologia (Milton Vargas, Val Dusek, Marcos Barbosa de Oliveira, Alberto Cupani, Álvaro Vieira Pinto, Carlos Osório, Miguel Quintanilla, Carl Mitchan, Andrew Feenberg, Renato Dagnino, Maíra Baumgarten e Amilcar Herrera), destaca a existência de diferentes pontos de vista sobre compreensões da tecnologia.

Esses olhares, que estão associados a compreensões sobre a tecnologia, enfatizam discussões sobre a mesma enquanto: estudo da técnica; relacionada à ciência; artefato; instrumento; organização de ações; sistema de relações e sistema sociotécnico. Em cada caso, como colocam Feenberg e Dagnino, estão implícitos níveis de compreensão sobre neutralidade e determinismo, que na perspectiva dos autores, sintetizam as diferentes concepções (STRIEDER, 2012).

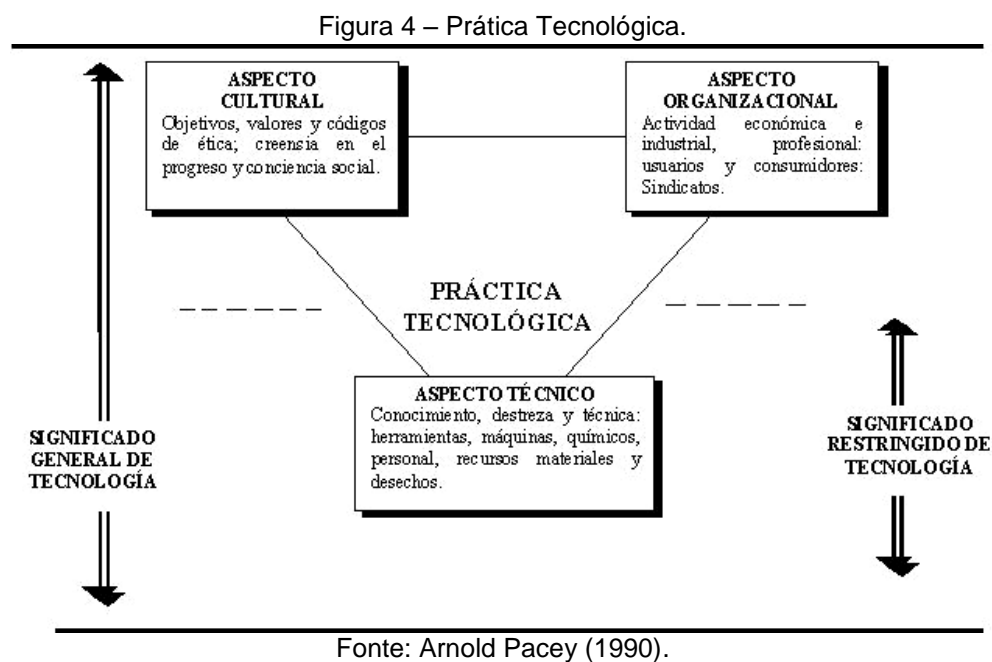
Além disso, pela leitura desta revisão, parece estar claro que a maioria dos autores preocupa-se em discutir a tecnologia propondo significados distribuídos em uma espécie de *continuum*, que apresenta, em um extremo, compreensões mais instrumentais e, em outro, compreensões que articulam a tecnologia com fatores sociais, apontando este segundo lado como mais apropriado. Propõe-se, portanto, em uma compreensão mais elaborada, a necessidade de entender a tecnologia como uma atividade humana, executada dentro de um dado contexto, no qual existem fatores econômicos, políticos, culturais e ideológicos que a influenciarão.

Assim, para compreender melhor a tecnologia, sem o pretexto de conceituá-la, será desenvolvida a ideia de prática tecnológica proposta por Pacey (1990), que se estrutura exatamente na concepção de tecnologia como uma atividade humana e não neutra.

Diante dos múltiplos significados atribuídos à palavra tecnologia, Pacey propõe fazer uma distinção entre seus diferentes níveis de significação e, para isso, sugere a prática tecnológica.

Deste modo, seríamos capazes de observar os aspectos da tecnologia que estão ligados aos valores culturais e os que, em certo sentido, são independentes deles. Assim, estaríamos em condições de apreciar a tecnologia como uma atividade humana e como parte da vida. A consideraríamos como algo que implica não somente em máquinas, técnicas e conhecimentos rigorosamente precisos, senão também padrões de organização característicos e valores ambíguos (PACEY, 1990, tradução nossa).

Assim, nesta proposta, a tecnologia não seria limitada apenas a aspectos técnicos, como comumente é entendida, apresentando também aspectos organizacionais e culturais, que permitem perfeitamente caracterizá-la como uma atividade não neutra. O esquema da Figura 4 ilustra a noção de prática tecnológica.



Os aspectos técnicos envolvem conhecimentos, habilidades e técnicas, ferramentas, máquinas, recursos humanos e materiais; os aspectos organizacionais referem-se a fatores político-administrativos, ou seja, à atividade econômica e industrial, à gestão, à atividade profissional dos agentes envolvidos na produção, aos sindicatos e empresários, aos usuários do que é produzido; já os aspectos culturais compreendem os objetivos e finalidades, os valores e códigos éticos, as crenças sobre o progresso, a criatividade.

Entendendo, portanto, a prática tecnológica como uma composição articulada destes três aspectos, pode-se distinguir dois níveis de significação para a tecnologia. Em um nível restrito, a tecnologia é identificada apenas pelos aspectos técnicos da prática tecnológica, sendo os aspectos culturais e organizacionais considerados externos a ela. Desta forma, no sentido restrito, a tecnologia é considerada um ente

neutro ou, como afirma Pacey, “é amoral em essência, algo à parte dos valores, um instrumento que pode ser usado tanto para o bem ou para o mal” (PACEY, 1990). Por outro lado, em um nível amplo, a tecnologia seria composta pelos três aspectos da prática tecnológica, portanto, uma atividade humana e permeada por valores da sociedade. Assim, nesta perspectiva entende-se que a tecnologia, longe de ser neutra, é determinada pelas características da sociedade na qual se insere, pelas condições sociopolíticas e culturais desta.

Esta visão ampla de tecnologia não se limita à contemplação dos três aspectos de maneira isolada, mas em profunda articulação. Assim, por exemplo, quando se considera que a tecnologia inclui artefatos, não cabem olhares instrumentalistas e utilitaristas, isto é, considerar artefatos tecnológicos apenas como objetos físicos que são projetados para estender a capacidade humana ou com finalidades específicas. Como aponta Custer (1995), primeiramente é necessário perceber que os artefatos tecnológicos não se resumem a objetos físicos, possuindo um significado muito mais amplo, onde poderia se incluir a linguagem, leis e sistemas de gestão, por exemplo. Os artefatos tecnológicos existem inicialmente no mundo das ideias, podendo ter formas físicas ou não. Portanto, como fruto da inteligência humana, sua produção não ocorre em função do uso ou da aplicação, mas em função da cultura na qual os sujeitos responsáveis pela sua produção e utilização estão inseridos. Isto é, são os valores, as prioridades e necessidades de uma dada cultura que irão determinar os tipos de artefatos desenvolvidos e como serão utilizados pelas pessoas. Portanto, é necessário ampliar a visão utilitarista sobre os artefatos para uma visão cultural (CUSTER, 1995).

A abordagem proposta por Pacey configura a tecnologia em uma perspectiva cultural, permitindo compreendê-la como uma atividade humana que, por assim constituir-se, “deve ser pensada no contexto das relações sociais e dentro de um determinado desenvolvimento histórico” (CORRÊA, 1997). Desta forma, a tecnologia circunscreve-se em “um campo de saberes em disputa, de exercícios de poder e de lutas por hegemonia” (FIGUEIREDO, 1989).

Pode-se dizer, então, que a tecnologia é fruto de escolhas e decisões sobre sua produção, difusão e consumo, que estão condicionadas às condições sociopolíticas e culturais nas quais esta atividade humana se desenvolve. Tais escolhas e decisões são feitas por sujeitos e expressam necessidades historicamente

construídas e socialmente diversificadas, sendo, na maioria das vezes, contraditórias e havendo prevalência de algumas sobre outras (FIGUEIREDO, 1989). Assim,

São as relações sociais que definem os parâmetros para o estabelecimento de necessidades que conduzirão ao desenvolvimento e uso de determinadas tecnologias. São elas, também, que criam possibilidades diferenciadas para que certos sujeitos (nações, classes sociais ou grupos) conduzam o, e apropriem-se do, avanço tecnológico transformando-o em força produtiva, instrumento de dominação política e/ou fator ideológico de legitimação do Estado. E isso, tendo em conta que as novas tecnologias vão se construir, por seu turno, em elementos condicionantes das próprias relações sociais (FIGUEIREDO, 1989).

A tecnologia, então, é função da estrutura social que a conforma, podendo criar condições de emancipação como de dominação dos sujeitos, de acordo com as necessidades sociais que estiver se propondo a satisfazer. Por outro lado, não se deve entender que apresenta um desenvolvimento unidirecional: ao mesmo passo em que é influenciada pela estrutura social também condiciona a própria estrutura da sociedade, criando condições de transformação ou manutenção desta (FIGUEIREDO, 1989).

Que possibilidades serão, efetivamente, concretizadas, vai depender da natureza da disputa entre necessidades sociais expressas por sujeitos distintos e das condições efetivas para que prevaleçam umas sobre as outras. A tecnologia desenvolve-se, portanto, num campo de interesses em disputa, num campo de conflitos (FIGUEIREDO, 1989).

Não cabem, portanto, discursos que assumam a tecnologia como uma entidade autônoma, já que está imersa em um palco de disputas entre diferentes necessidades sociais. Na maioria das vezes, as necessidades sociais que prevalecem são aquelas que favorecem os interesses de um grupo específico da sociedade, permitindo a legitimação deste e a dominação dos demais grupos.

Figueiredo (1989) aponta que a prevalência de determinados sujeitos sobre outros é um resultado da relação entre o avanço tecnológico, o desenvolvimento científico e a produção econômica que se estabeleceu a partir da Revolução Industrial.

De fato, da mesma forma que a ciência, a tecnologia apresenta uma dimensão econômica, desempenhando um papel essencial no sistema de produção, troca e distribuição de bens. Sendo incorporada à sociedade como força produtiva, a tecnologia está ligada à busca de lucro, na medida em que tal incorporação permite aumentar a produtividade e a extração de mais-valia relativa. Embora o avanço tecnológico possa aliviar as funções do trabalhador, é evidente que não é este o seu

objetivo, considerando que, além de garantir o tão desejado lucro, com o aumento da produtividade conduz também ao desemprego e acaba servindo como meio de exploração e dominação da classe trabalhadora.

Desta forma, é possível perceber que o desenvolvimento tecnológico não beneficia igualmente os diferentes sujeitos da sociedade e isto se dá, como vem sendo exposto, em função da prevalência de determinadas necessidades sobre outras, resultantes do campo de conflitos e de exercício de poder no qual se insere a tecnologia. Assim, não se pode compreender que o avanço tecnológico deriva unicamente de pressões econômicas, mas que, além dessas, depende principalmente dos interesses prevaletentes em um dado momento histórico.

Figueiredo (1989) destaca que o Estado é responsável por regular esse campo de conflitos que dirige o avanço tecnológico. Demonstrando que a ciência e a tecnologia são eficientes na condução do crescimento econômico e satisfazem os interesses e necessidades coletivos, ele acaba sendo responsável pela reprodução da sociedade, em sua diversidade e suas desigualdades. Portanto,

O Estado regula, então, a reprodução contraditória de necessidades expressas em interesses em confronto e, ao fazê-lo, legitima-se e cria as condições necessárias para o subsequente exercício dessa mesma regulação. É nesses termos que o Estado garante o desenvolvimento tecnológico: atendendo, diferenciadamente, a interesses diversos. É também, nesses termos, que o Estado investe, diretamente, em tecnologia, provendo recursos para pesquisa básica, aplicada ou tecnológica; além de indiretamente, criar condições para que tal desenvolvimento se processe com recursos não estatais (FIGUEIREDO, 1989).

Como articulador desses interesses contraditórios, o Estado, com a intenção de manter o crescimento econômico, acaba intervindo essencialmente em favor dos interesses do capital privado, contribuindo para a acumulação e para a preservação das relações de produção.

E mesmo com toda essa complexa teia de interesses, condicionamentos e consequências, a tecnologia é vista como um processo neutro que beneficia a todos de maneira igual. A concepção de tecnologia neutra a coloca fora do âmbito das decisões humanas, fora do contexto na qual se realiza e, conseqüentemente, reduz seu significado a um mero instrumento que pode ser utilizado tanto para o bem quanto para o mal, independente do contexto no qual isso venha a ocorrer.

Quando a tecnologia se apresenta desta forma, isto é, como um processo neutro que está igualmente a serviço de todos, vislumbra-se sua dimensão ideológica

(FIGUEIREDO, 1989). Como vem sendo apresentado, o desenvolvimento tecnológico ocorre na medida em que permite a maximização de lucros e, ao mesmo tempo, uma maior exploração da força de trabalho, sempre aliado a interesses dominantes. Esses fatores (dominação e exploração da força de trabalho) são ocultados por esta dimensão ideológica da tecnologia, ou seja, pela sua suposta neutralidade. Como esclarece Figueiredo:

O conteúdo ideológico da tecnologia, então, nada mais é do que a expressão de interesses dominantes que se beneficiam com a direção tomada pelo progresso técnico e que intentam perpetuar essa dominação pela apresentação da tecnologia como um conjunto de processos e resultados neutros (FIGUEIREDO, 1989).

Portanto, fica evidente que o caráter ideológico da tecnologia mascara o fato de ela ser uma atividade humana, interessada e dependente de um dado contexto, de uma dada situação concreta, possibilitando, desta forma, que sirva à dominação, à reprodução das relações capitalistas e à legitimação do sistema. Resumindo, como afirma Figueiredo:

A tecnologia é ideologia na medida em que dissimula as relações de poder e a dominação política que conduzem o avanço tecnológico dificultando, assim, a problematização dos próprios fundamentos do poder nas sociedades contemporâneas. É ideologia sempre e quando se apresenta como um conjunto homogêneo de efeitos semelhantes para todos, sejam positivos ou negativos. Tanto é ideológica a concepção de avanço tecnológico como condição de emancipação da humanidade como o é a crença de que o desenvolvimento tecnológico significa a destruição do próprio homem (FIGUEIREDO, 1989).

Portanto, pelo que foi desenvolvido nesta seção, pode se dizer que a tecnologia representa uma temática bastante complexa. Sem o pretexto de defini-la, mostrou-se que ela tem relação com a técnica, com a ciência (esta relação será melhor explorada na seção seguinte) e, principalmente, com a sociedade. Engloba tanto elementos materiais (como ferramentas e máquinas, por exemplo) quanto não materiais (conhecimentos, linguagem e organização, por exemplo), constituindo-se em um processo.

Como um processo realizado por homens e para homens em um dado momento histórico, a tecnologia deve ser pensada em função do contexto no qual se realiza, com seus condicionantes econômicos, políticos e culturais. Desta forma, sua neutralidade não pode ser sustentada, já que resulta de decisões políticas e incorpora interesses de determinados grupos. Assim, o desenvolvimento tecnológico, embora

possa estar voltado para o bem estar social da população (se estas forem as necessidades sociais responsáveis por conduzi-lo), normalmente não o é, ocorrendo, de maneira geral, em função da obtenção de lucro e poder, servindo para a dominação de outros grupos. Contudo, o desenvolvimento tecnológico não é unidirecionado, se por um lado ele produz efeitos sobre a sociedade (como a obtenção de lucro para poucos e, eventualmente, alguns benefícios para a população), por outro ele é moldado pela estrutura social. “A tecnologia, portanto, pertence a um meio, atua sobre ele, o molda e sofre influências do mesmo” (VERASZTO, 2009).

2.1.3. Ciência e Tecnologia

Até o momento foram discutidas algumas características importantes sobre a ciência e a tecnologia, bem como suas relações com a sociedade. Contudo, alguns aspectos chave para um entendimento inicial das complexas relações CTS ficaram obscurecidos e serão agora, por meio da discussão das relações entre a ciência e a tecnologia, problematizados.

Segundo Gardner (1994), a relação entre ciência e tecnologia pode ser analisada sob diferentes perspectivas. Por uma análise ontológica caberia indagar sobre a natureza da ciência e da tecnologia e de que forma são semelhantes e diferentes. Já por uma perspectiva epistemológica, por exemplo, se buscaria entender como são adquiridos e validados os conhecimentos nesses campos. Caberiam, questionamentos do tipo: A tecnologia é um produto da ciência? A ciência é um produto da tecnologia? Ou existe uma relação dual entre elas? Também poderia se pensar em uma interpretação normativa, isto é, compreender qual o valor atribuído a cada uma delas, se é o mesmo ou se uma tem maior valor que outra.

De acordo com o que vem sendo desenvolvido nesta seção, entende-se que a ciência e a tecnologia não têm a mesma natureza, mas, apesar de serem atividades distintas e com características próprias, estão profundamente imbricadas, conforme será mostrado a seguir.

A tecnologia tem uma história própria que se desenvolveu concomitantemente à da ciência. Por isso, pode-se dizer que inicialmente essas atividades eram desempenhadas de maneira autônoma uma da outra e seu desenvolvimento acompanhava a divisão de classes sociais, isto é, a ciência era desenvolvida por

aristocratas ou religiosos, enquanto a tecnologia ficava restrita aos artesãos, sendo que a primeira apresentava um status superior à segunda (FIGUEIREDO, 1989).

Contudo, com as transformações socioeconômicas ocorridas principalmente a partir da revolução industrial, estas duas atividades começaram a se aproximar, tornando a distinção entre ambas cada vez menos óbvia.

Por mais que a ciência e a tecnologia tenham se aproximado, é importante, ainda, não confundir esses dois empreendimentos. Por um lado, a história da ciência e a da tecnologia desenvolveram-se bastante independentemente durante longos períodos. Por outro lado, a natureza das atividades de elaboração de conhecimentos e geração de tecnologias continuam sendo, em princípio, distintas (FIGUEIREDO, 1989).

Assim sendo, como aponta Gardner (1994), um primeiro passo para explorar as relações entre a ciência e a tecnologia é definir e distinguir as mesmas. Contudo, como foi dito anteriormente, definir estas entidades é uma tarefa bastante complexa e sujeita a reducionismos. Inclusive, o próprio autor destaca que estes termos não são bem definidos e estão associados a uma ampla variedade de significados, como os que ele cita:

Tecnologia pode se referir a artefatos ('a impressora a laser é uma bela peça de tecnologia'), processos ('agora temos a tecnologia para gerar eletricidade a partir de resíduos'), sistemas sociais ('os EUA e o Japão lideram o mundo em tecnologia'), campos de trabalho ('Pat quer trabalhar com tecnologia'), ou campos de estudo ('Mumford foi um escritor no início da história da tecnologia'). Ciência, termo também amplo, pode significar conhecimento organizado sobre fenômenos naturais ('a teoria da relatividade de Einstein foi uma grande contribuição para a ciência'), os processos de pensamento que geram esse conhecimento ('descoberta da estrutura do DNA foi um triunfo da ciência moderna'), ou como uma rubrica para um conjunto de disciplinas ('A Psicologia enquanto ciência tem um século de idade'), mas também pode se referir a sistemas sociais e campos de trabalho e estudo. Os termos são usados de forma diferente por vários autores, em várias culturas, e em vários momentos históricos (GARDNER, 1999, tradução nossa).

Por outro lado, alguns contrastes entre elas são mais fáceis de serem identificados. Para diferenciar ciência de tecnologia, Acevedo Díaz (1996b) propõe três critérios: (1) as características do conhecimento tecnológico; (2) as atitudes frente a publicações; e (3) os laboratórios de investigação acadêmica e não acadêmica. Por meio destes critérios o autor destaca que o conhecimento tecnológico possui características próprias que são fruto do tipo de questões para as quais a tecnologia se volta e, portanto, constitui-se de métodos e, muitas vezes, teorias específicas, não necessariamente oriundas da ciência. Além disso, o segundo critério reside no fato de que os cientistas publicam artigos em busca de reconhecimento e financiamentos, já

as produções em tecnologias são patenteadas, sendo as publicações apenas uma forma de publicidade. Por fim, o terceiro critério evidencia uma comparação entre os locais de realização da ciência e da tecnologia. O autor indica que os laboratórios científicos podem ser vistos como locais destinados à elaboração de conhecimentos científicos, de conversão de dinheiro em conhecimento para posterior publicação em revistas. Já os centros de tecnologia empenham-se na busca de novos processos de fabricação de materiais e produtos comerciais melhores. Todavia, destaca ainda que parcerias entre estes dois locais ocorrem com certa frequência.

Custer (1995) destaca que um mecanismo para estabelecer algumas diferenças entre a ciência e a tecnologia é compreender os objetivos de cada uma delas. Para Figueiredo (1989), “a principal atividade desenvolvida pela ciência é a de penetrar os fenômenos da realidade objetivando compreender suas relações mais fundamentais e determinantes” . Desta forma, seu produto seria a construção e reconstrução de explicações de fenômenos físicos e sociais, obtendo níveis cada vez mais aprofundados de conhecimento. De maneira diferente, ela aponta que a tecnologia teria como característica a intenção de maestria e controle dos fenômenos.

Similarmente, Gardner (1999) aponta que o objetivo do cientista é construir novos conhecimentos e entendimento teórico; já o objetivo do tecnólogo é projetar, fazer e melhorar artefatos, materiais, sistemas e procedimentos com a intenção de atender às necessidades humanas. O autor acredita que a distinção entre ciência e tecnologia é válida de ser mantida, pois a indefinição dessa distinção pode conduzir a crenças equivocadas sobre as relações entre elas.

Assim, assumindo que ciência e tecnologia são diferentes e que sua forma de relacionamento no presente não é igual como se dava no passado, suas relações serão discutidas a partir de quatro abordagens possíveis, propostas por Gardner: demarcacionista, idealista, materialista e interacionista.

A abordagem demarcacionista concebe que historicamente a tecnologia se desenvolveu de maneira independente da ciência. Desta forma, estes dois campos são considerados separados um do outro. Os defensores dessa abordagem fundamentam-se no fato de que muitos artefatos foram desenvolvidos sem o recurso de pesquisas científicas, mas por meio de um processo de transmissão e evolução de um conhecimento prático. Facas de pedra, cerâmica, pontes, barcos à vela e garrafas

de vidro são alguns exemplos de artefatos desenvolvidos sem conhecimento científico (GARDNER, 1999).

Gardner (1999) acrescenta ainda que o melhoramento de vários artefatos tecnológicos se deu com pouquíssimo uso de conhecimentos científicos (exemplo - substituição das rodas de pá por hélices nos motores marinhos) ou com base em conhecimentos hoje considerados equivocados (exemplo – os irmãos Montgolfier acreditavam que o seu bem sucedido balão de ar quente se elevava por causa da fumaça).

Embora essa perspectiva considere que ciência e tecnologia são entes diferentes, com características e objetivos específicos, peca por não estabelecer nenhum tipo de relação entre ambas e por considerar cientistas e tecnólogos raças completamente diferentes. Além disso, por conceber cada uma delas delimitada por apenas sua respectiva esfera, essa abordagem demarcacionista carrega implicitamente uma posição de ciência e tecnologia neutras.

A relação de autonomia entre a ciência e a tecnologia concebida pelo modelo demarcacionista não é vislumbrada em uma abordagem idealista, por exemplo, na qual se estabelece uma perspectiva de dependência entre elas a partir de uma estrutura hierárquica. De outra forma, a abordagem idealista considera que a tecnologia é dependente da ciência, sendo por ela originada, estando, portanto, subordinada à ciência. Tecnologia é ciência aplicada!

Acevedo Díaz (2006) aponta que este modelo de relação entre ciência e tecnologia é derivado da filosofia positivista e sua transmissão ao público foi feita por famosos divulgadores da ciência como Isaac Asimov e Carl Sagan. Além disso, pontua que alguns filósofos analíticos como Mário Bunge contribuíram para a aceitação desse paradigma da filosofia da tecnologia.

Esta visão está subjacente ao modelo linear de desenvolvimento, pois equivale a dizer que a ciência é o que impulsiona o desenvolvimento tecnológico que, conseqüentemente, produz efeitos sobre a sociedade. Contudo, essa forma de relacionar ciência e tecnologia parte da premissa que a primeira é uma forma de conhecimento superior aos demais, representando a única forma objetiva de conhecimento do qual outras formas irão derivar. Assim, se os efeitos produzidos pelo desenvolvimento tecnológico beneficiam a população de maneira geral, os méritos

recaem sobre a ciência, enquanto que se os efeitos são prejudiciais, a culpa recai sobre a tecnologia.

Mesmo sendo possível encontrar uma série de exemplos históricos que corroborem a abordagem idealista (por exemplo, a descoberta dos raios x resultou quase que imediatamente em aplicações médicas; estudos de Franklin sobre tempestades elétricas resultaram na produção dos para-raios), atualmente tais exemplos são raros e esta visão é considerada demasiadamente simplista, sendo que muitas críticas a ela são tecidas na literatura.

A partir de uma análise historiográfica Staudenmaier (1985 *apud* Bazzo *et al.*, 2001), elenca alguns argumentos que vêm sendo expostos na literatura para atacar essa abordagem:

- 1) A tecnologia modifica os conceitos científicos, isto é, há uma complexidade na transição do conhecimento científico para o conhecimento tecnológico, de forma que a maior parte dos conceitos utilizados é peculiar à área ou, os que são oriundos da ciência, sofrem significativas transformações para serem utilizados.
- 2) A tecnologia utiliza dados problemáticos diferentes dos da ciência. Os problemas para os quais a tecnologia se volta são de pouco interesse do campo científico.
- 3) A especificidade do conhecimento tecnológico, já mencionado anteriormente. Cabe acrescentar que o conhecimento tecnológico é menos abstrato e idealizado que o científico.
- 4) A dependência da tecnologia das habilidades técnicas.

Tais posições não negam relações entre a ciência e tecnologia, apenas evidenciam que não são da forma estabelecida pela abordagem idealista. Além disso, propor que a tecnologia é um mero produto da ciência significa desconsiderar que a mesma é uma expressão da cultura, permeada de fatores econômicos, políticos e ideológicos.

Já a abordagem materialista assume uma posição oposta à idealista, isto é, considera que a tecnologia precede histórica e ontologicamente a ciência. A seguinte frase fornece uma ideia do pensamento que perpassa tal posição:

“O quebra-nozes não é uma aplicação da lei da alavanca; em vez disso, a criação, fabricação e o uso dos quebra nozes (e muitos outros artefatos) foram

essenciais para o desenvolvimento das leis de alavanca” (GARDNER, 1999, tradução nossa).

Assume-se nesta visão que a experiência humana com ferramentas, máquinas, instrumentos de medida e outros materiais é fundamental para o desenvolvimento de conceitos científicos. Assim, a tecnologia não pode ser a aplicação de leis científicas, já que tais leis são concebidas depois que as pessoas tiveram experiências com a tecnologia (GARDNER, 1999).

Assim, este modelo de relação entre ciência e tecnologia está fundamentado em argumentos ontológicos, como o fato de a tecnologia ser considerada indispensável para a construção de teorias científicas e, principalmente, argumentos históricos. Vários exemplos de situações históricas que corroboram esta posição podem ser citados. Sabe-se, por exemplo, que boa parte do desenvolvimento da termodinâmica se deu posteriormente à construção das primeiras máquinas térmicas e, provavelmente, se deve à reflexão teórica sobre estas.

Da forma semelhante, Gardner (1999) demonstra historicamente que a metalurgia também precedeu a química dos metais. Atualmente, os engenheiros químicos têm um controle bastante eficaz de propriedades de materiais como o ferro através da manipulação de seus compostos; entretanto, esse conhecimento se constituiu séculos depois do início de atividades práticas relacionadas à metalurgia. Além disso, o carvão era utilizado como combustível para o derretimento de metais mesmo antes de seus efeitos químicos e físicos serem entendidos. O tratamento térmico de alimentos é outro exemplo de processo tecnológico que antecede as pesquisas sobre micro-organismos desenvolvidas por Pasteur (GARDNER, 1999).

Poderia ainda encontrar outros exemplos na medicina, na biologia e na agricultura. Contudo, cabe destacar que este modelo retrata de maneira satisfatória a relação entre ciência e tecnologia em um determinado período histórico, mas não é possível sustentá-lo em uma fase mais recente da história humana, onde a tecnologia é extremamente impregnada pela ciência. Isso conduz a uma outra abordagem para as relações entre ciência e tecnologia que é mais aceita em tempos atuais: a abordagem interacionista.

Esta posição assume que atualmente ciência e tecnologia estão profundamente imbricadas, se reforçando e beneficiando mutuamente. Assim sendo, o trabalho de cientistas e tecnólogos não se dá de maneira isolada, eles aprendem uns com os

outros. Gardner (1999) afirma que este aprendizado pode se dar pela apropriação, por parte dos tecnólogos, de trabalhos publicados por cientistas; com os cientistas examinando artefatos construídos pelos tecnólogos; ou ainda, tudo isso de maneira concomitante.

O benefício mútuo entre a ciência e a tecnologia e o aprendizado daqueles que as produzem ocorre mesmo que seus trabalhos não se desenvolvam de maneira sincronizada, sendo que em um determinado momento a pesquisa científica pode servir ao desenvolvimento de novas tecnologias, bem como as tecnologias podem auxiliar na construção e reconstrução de teorias científicas.

Essa relação simbiótica entre ciência e tecnologia que ocorre nas atividades de desenvolvimento, pesquisa e inovação é denominada contemporaneamente de tecnociência. Segundo Gardner (1999), essa interação foi potencializada pela criação de grandes pesquisas financiadas, principalmente, por indústrias, gerando grandes contribuições para campos de engenharia elétrica e química, biotecnologia, computação, telecomunicação, entre outros. Alguns exemplos que dão suporte a essa abordagem são o desenvolvimento do marca-passo cardíaco e do microscópio eletrônico.

Por outro lado, embora se acredite que esta seja a abordagem mais apropriada atualmente, não se pode assumir uma postura extremista, tendo em mente que nem sempre teoria e prática andam juntas e, muitas vezes, cientistas irão reivindicar maior status que tecnólogos. Além disso, nenhuma dessas quatro abordagens por si só é capaz de dar conta das complexas e dinâmicas relações entre ciência e tecnologia, sendo a diferença entre essas abordagens, muitas vezes, pouco nítida. Certamente a origem e a evolução da ciência e da tecnologia estão distanciadas no tempo, de forma que uma identidade entre as duas é impossível de ser concebida. Ao mesmo tempo, como foi apresentado, uma relação entre elas que aponte para outro extremo, no qual elas venham a se constituir de maneira independente uma da outra, também não encontra respaldo histórico. Da mesma forma, não é possível atribuir valores hierárquicos diferenciados para cada uma delas, isto é, a tecnologia não pode ser considerada uma aplicação de ciência assim como a condição extrema de que a ciência se desenvolve somente a partir do desenvolvimento tecnológico precedente também não se sustenta ao longo de toda a história da humanidade.

Assim, em vista da complexidade que envolve as relações entre ciência e tecnologia, entende-se que ao longo do desenvolvimento histórico da humanidade em determinados momentos a tecnologia exerceu maior influência sobre a ciência e em outros a ciência assim o fez. Contudo, em um período mais recente estas se aproximaram e passaram a influenciar-se mutuamente, tornando menos nítida uma separação entre ambas. Assim, a abordagem interacionista parece propor um posicionamento equilibrado destas relações, sem dar voz a posturas extremistas; cabe alertar, entretanto, que se por um lado isso parece estabelecer melhor as relações entre a ciência e a tecnologia, por outro borra um pouco os limites que as distinguem, tornando menos óbvio o fato de serem atividades de naturezas diferentes.

2.2. Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade

A área educacional não se manteve isolada dos movimentos de reação social e investigação acadêmica que ocorreram a partir da década de 60. Entre o final da década de 70 e início da década de 80 um conjunto de ações voltadas à inovação no ensino de ciências foram desenvolvidas com um enfoque mais crítico e contextualizado para o ensino de ciências e para tópicos relacionados com a ciência e a tecnologia. Trata-se da educação CTS (CEREZO, 1998). Assim, conforme aponta Fourez (1995b), pode-se dizer que a educação CTS emerge como uma resposta a uma crise no ensino de ciências:

Frequentemente se propõe o movimento CTS como uma resposta ao desgaste dos programas clássicos de ensino de ciências. Há muitas décadas, tanto em países industrializados como nos demais, surgem vozes preocupadas com o insucesso desse ensino: os alunos estão sendo formados apenas para utilizar as ciências na vida cotidiana e, o que é pior, parece ser crescente a aversão a elas. Claramente, se reconhece cada vez mais que o ensino clássico de ciências está desembocando hoje em uma crise, para não dizer em um fracasso (FOUREZ, 1995b, tradução nossa).

Desta forma, tais ações originadas no final da década de 70 compreendiam a introdução de novas propostas desafiadoras à situação do ensino de ciências, a proposição de novos objetivos para a educação científica, o delineamento de estruturas curriculares CTS, a estruturação de projetos que abrangiam dimensões CTS, a publicação de livros sobre a temática, a criação de programas universitários, entre outros (AIKENHEAD, 2003).

Entretanto, conforme aponta Aikenhead (2003), não havia um consenso sobre como denominar todo esse conjunto de ações que vinham evidenciando a temática, já que havia uma diversidade de pontos de vista, tais como: ciência e/em sociedade; ciência e tecnologia; a interação de ciência e tecnologia com a sociedade e a cultura, C/T/S, dentre outros. Em função disso, em 1982, em uma reunião informal realizada dentro do simpósio da “International Organization for Science and Technology Education” (IOSTE), educadores resolveram criar um grupo de trabalho com o lema CTS. A escolha desse nome foi possivelmente inspirada no trabalho de John Ziman (1980b), “Teaching and Learning about Science and Society”, no qual ele se referia ao enfoque CTS em sua articulação com o ensino.

Cerezo (1998), propõe entender o CTS no âmbito educacional a partir da aplicação dos objetivos inspiradores do movimento CTS como um todo. Sendo dois destes objetivos, a contextualização da ciência e da tecnologia e a promoção de uma participação pública em oposição ao modelo tecnocrático, é possível dizer que a educação CTS implica em mudanças nos conteúdos de ensino e mudanças metodológicas e atitudinais por parte dos grupos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Como explica o autor:

Trata-se de mudanças que, em última instância, têm por objetivo aproximar as duas célebres culturas, a humanística e a científico-tecnológica, separadas tradicionalmente por um abismo de incompreensão e desprezo (SNOW, 1964): alfabetizando em ciência e tecnologia cidadãos que sejam capazes de tomar decisões informadas, por um lado, e promovendo o pensamento crítico e a independência intelectual sobre os especialistas a serviço da sociedade, por outro (CEREZO, 1998, p.47, tradução nossa) .

Desta forma, entende-se que o objetivo central da perspectiva CTS é promover uma alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, possibilitando que estes construam conhecimentos em ciência e tecnologia e estejam aptos para fazer uso social destes, desenvolvendo atitudes e valores que os auxiliem a compreender os impactos sociais da ciência e da tecnologia e a participar de processos de tomada de decisão relativos a elas, bem como atuar na solução de problemas relacionados à tecnociência.

É importante destacar que existe pouco consenso em relação à temática CTS, sendo que a ideia geral aqui apresentada é apenas uma dentre várias definições possíveis para o movimento CTS. Contudo, segundo Membiela (2001) e Santos e Mortimer (2000), muitos autores como Aikenhead (1994b), Cheek (1992), Holman

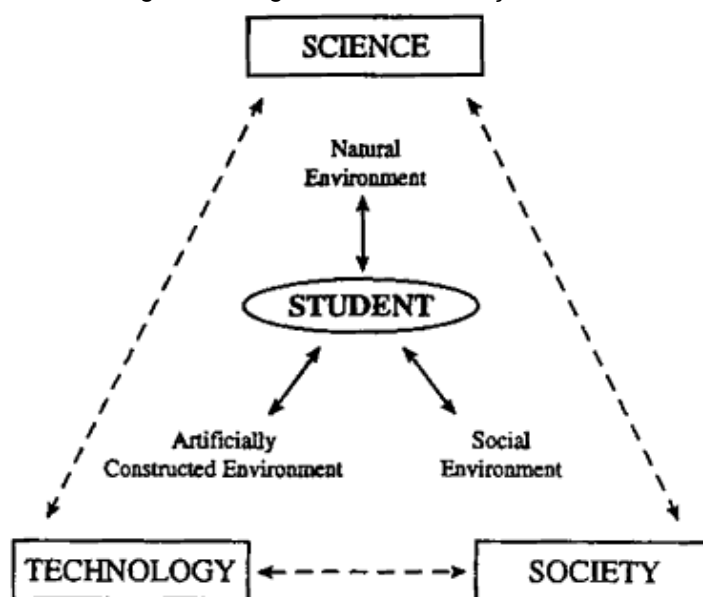
(1988), Membiela (1995), Rubba e Wiesenmayer (1988), Solomon (1993), Yager (1990) e Zoller (1982) têm apontado nessa direção.

2.2.1. Significados do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade

Segundo Santos (2011), diversas concepções sobre CTS foram desenvolvidas em trabalhos de educação científica, de forma que uma série de significados diferentes tem sido atribuída ao enfoque.

Para Aikenhead (1994b), em relação ao ensino tradicional, a educação CTS representa um tipo de mudança paradigmática e sua essência reside no ensino dos fenômenos naturais contextualizados em seus meios tecnológico e social. Diferentemente do ensino tradicional, esse ensino é centrado no aluno e seu significado é explicado por Aikenhead através da Figura 5.

Figura 5 – Significado da educação CTS.



Fonte: Aikenhead (1994b).

Segundo ele, os estudantes tendem a integrar a sua compreensão pessoal do ambiente natural (conteúdo da ciência) com o ambiente artificialmente construído pelo homem (tecnologia) e com o ambiente social (sociedade). Essas relações lógicas estabelecidas entre os estudantes e os três ambientes são representadas pelas setas cheias da Figura 5. Já as setas pontilhadas, representam as conexões que devem ser estabelecidas pelos materiais CTS, ou seja, de certa forma representam a função do ensino de ciências nessa perspectiva: o ensino dos fenômenos naturais que incorpora os ambientes social e tecnológico, relacionando-os.

Por outro lado, Solomon (1988b *apud* SANTOS; SCHNETZLER, 2010) aborda os três componentes da tríade CTS de maneira separada, elucidando o significado individual de cada um dentro do enfoque. Assim, para ciência destaca que se deve ensinar o caráter provisório e incerto das teorias científicas, possibilitando que os alunos estejam aptos a avaliar as aplicações da ciência considerando as controvérsias existentes. Para a tecnologia, destaca que deve ser mostrada como a aplicação de diferentes formas de conhecimento para atender às necessidades sociais, de forma que os alunos possam compreendê-la como um processo de produção social e, portanto, dependente da sociedade. Por fim, com relação à sociedade, a autora propõe que se leve os alunos a compreenderem seu papel como cidadãos, estimulando-os a participar democraticamente da sociedade.

Já para Yager (1996) significa iniciar o ensino a partir de uma situação – uma questão, um problema ou um tópico – na qual o professor possa, de maneira criativa, ajudar os estudantes a perceberem a potencialidade e a utilização de conceitos básicos implicados na resolução dessa respectiva situação.

Portanto, segundo esse autor, CTS significa partir de questões dos estudantes, utilizando recursos que permitam trabalhar na resolução do problema e, sempre que possível, avançar para um estágio em que se estimule a tomada de decisão frente a problemas reais. Assim, o enfoque “CTS torna o ensino de ciências atual e uma parte do mundo real. CTS proporciona um contexto para a aprendizagem de conceitos básicos e habilidades” (YAGER, 1996).

Além disso, esse autor acrescenta que “CTS significa chegar ao mundo das aplicações, ao mundo da tecnologia, o mundo onde o estudante faz sua própria conexão com a vida e com as disciplinas tradicionais” (YAGER, 1996).

Em suma, para ele CTS exige um novo modelo de educação, cujo significado pode ser aprofundado e mais claramente compreendido quando contrastado ao ensino tradicional. Zoller e Watson (1974 *apud* SANTOS; SCHNETZLER, 2010) construíram um quadro (Quadro 1) no qual sintetizam algumas das principais diferenças entre o ensino tradicional e o ensino CTS.

Quadro 1 – Comparação entre o ensino tradicional e a educação CTS.

Ensino Clássico	Educação CTS
1. Organização conceitual da matéria a ser estudada.	1. Organização em temas tecnológicos e sociais.

2. Método científico (Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descoberta.).	2. Potencialidades e limitações da tecnologia.
3. Ciência como modo de explicar o universo, com esquemas conceituais interligados.	3. Exploração, uso e decisões são submetidos a julgamento de valor.
4. Busca da verdade científica.	4. Prevenção de consequências.
5. Ciência como processo, atividade universal, corpo de conhecimento.	5. Desenvolvimento tecnológico depende das decisões humanas.
6. Ênfase à teoria para articulá-la com a prática.	6. Ênfase à prática para chegar à teoria.
7. Lida com fenômenos isolados do ponto de vista disciplinar (análise de fatos, exata e imparcial).	7. Lida com problemas no seu contexto real (abordagem interdisciplinar).
8. Busca novos conhecimentos para compreensão do mundo natural (ânsia de conhecer).	8. Busca implicações sociais dos problemas tecnológicos; tecnologia para a ação social.

Fonte: Santos e Schnetzler (2010).

Inicialmente pode-se dizer que a comparação entre as duas perspectivas de ensino reforça as concepções de Yager e Aikenhead que CTS significa uma inovação, uma mudança paradigmática no ensino de ciências. A transição de um enfoque que prioriza o estudo dos conteúdos científicos por eles mesmos, que os aborda de forma descontextualizada, a partir de uma visão positivista, na qual o conhecimento científico e tecnológico é considerado neutro, objetivo, provado e superior a qualquer outro, para um enfoque que trata dos conteúdos científicos a partir de problemas, de forma contextualizada, interdisciplinar e comprometido com uma visão de ciência não ingênua, exige a renovação de objetivos para o ensino de ciências, novas formas de selecionar e organizar conteúdos, novas metodologias e, principalmente, reformas curriculares, o que pode ser considerado uma inovação, tal como os autores propõem.

Ademais, essa comparação permite vislumbrar que o CTS significa também proporcionar aos estudantes uma imagem adequada sobre a natureza da ciência e da tecnologia. Também esclarece outro significado, talvez um dos mais importantes, que está relacionado ao desenvolvimento de atitudes e valores necessários para o exercício da cidadania e participação social.

Outra possível e importante forma de compreender o significado do enfoque pode ser através das relações de interdependência existentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Mckavanagh e Maher (1982 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2000) organizaram em um quadro (Quadro 2) tais relações, no qual estabelecem seis

formas de interações entre ciência, tecnologia e sociedade que devem constituir o núcleo da educação CTS.

Em suma, tendo em vista a pluralidade de significados que podem ser atribuídos ao enfoque CTS conforme foi apresentado brevemente nesta seção, é possível conceber que tal enfoque:

[...] aponta para um ensino que ultrapasse a meta da aprendizagem de conceitos e de teorias centrados em conteúdos canônicos. Um ensino que tenha uma validade cultural, para além da validade científica, e como meta ensinar a cada cidadão o essencial para chegar a sê-lo de fato, aproveitando os contributos de uma educação científica e tecnológica. Ao contrário de isolar, procura que se estabeleçam interconexões entre as ciências naturais e os campos social, tecnológico, comportamental, cognitivo, ético e comunicativo (SANTOS, 1999).

Quadro 2 – Aspectos a abordagem CTS.

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: Santos e Mortimer (2000).

Portanto, o enfoque CTS se pauta em um ensino contextualizado e interdisciplinar, focado no aluno e com sentido para o mesmo, sentido este proporcionado pelas relações mútuas entre ciência, tecnologia e sociedade. Contudo, o enfoque CTS não significa apenas uma nova metodologia, como pode estar sugerindo, significa mais que isso, conforme apontam Hunsche *et al.* (2009):

[...] CTS é muito mais do que uma nova metodologia. Implica, acima de tudo, um redimensionamento no campo curricular, sendo este o ponto de partida para a constituição de temas, problemas reais, vividos pela comunidade escolar. Temas, problemas reais marcados pela complexidade, não abarcável pelo viés disciplinar. Não abarcável, inclusive, pelos conhecimentos das assim chamadas ciências naturais. Uma compreensão mais crítica, dos problemas vividos, pode estar associada a movimentos de transformação, de superação (HUNSCHE *et al.*, 2009).

Dessa forma, pode se considerar que uma educação fundamentada nas inter-relações CTS significa também assumir uma visão transformadora da sociedade e fortalecedora dos sistemas democráticos. Por fim, essa perspectiva significa ainda conceber novos objetivos para a educação científica, tais objetivos serão discutidos na próxima seção.

2.2.2. Objetivos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade

Bochecco (2011) fez um mapeamento dos objetivos educacionais do enfoque CTS na educação básica. Para delimitá-los, o autor recorreu aos trabalhos dos três autores mais citados nas produções bibliográficas nacionais: Décio Auler, Walter Bazzo e Wildson Santos.

Pela análise de alguns trabalhos de Décio Auler, o autor elencou cinco referências internacionais às quais Auler recorreu para delimitar os objetivos da perspectiva CTS na educação básica.

- 1) Caamano (1995), que fez um mapeamento dos principais objetivos apontados pela literatura, são eles: (1) promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com tecnologia e fenômenos cotidianos; (2) abordar o estudo de temas que sejam socialmente relevantes; e (3) abordar implicações relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia, bem como proporcionar que os estudantes adquiram uma compreensão adequada da natureza da ciência.
- 2) Rubba e Wiesenmayer (1988), que apontam como objetivo principal a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente e tecnologicamente para: (1) o exercício de tomada de decisão; e (2) o desenvolvimento de ações sociais responsáveis.
- 3) Aikenhead (1987), que assim como Rubba e Wiesenmayer propõe como objetivo a alfabetização científica e tecnológica, acrescentando, ainda, o desenvolvimento do pensamento crítico.

- 4) Acevedo Díaz (1996b) e também Waks (1990), alinhados aos autores já citados, propõem como principal objetivo a alfabetização científica e tecnológica.

Contudo, Bochecco (2011) afirma que em vários trabalhos Auler salienta a necessidade de ter cautela na transposição dos objetivos educacionais de outros contextos para o brasileiro e, além disso, acrescenta outro objetivo para o enfoque CTS para o nosso contexto: o aumento na cultura de participação da população em assuntos relacionados à ciência e à tecnologia.

Já para Walter Bazzo, os objetivos são proporcionar uma nova postura epistemológica, pautada pelo questionamento à ordem capitalista. De outra forma, parece propor que o enfoque CTS permita desenvolver valores com preocupações relacionadas às necessidades sociais e humanas.

Por fim, Bochecco (2011) pontua que Wildson Santos evidencia em seus trabalhos essencialmente três objetivos:

- 1) O desenvolvimento para a tomada de decisão com relação a questões sociais, econômicas, políticas e tecnológicas;
- 2) Possibilitar que os estudantes compreendam seu papel na sociedade e tenham uma visão adequada sobre a natureza da ciência;
- 3) Desenvolvimento de uma alfabetização científica e tecnológica que permita aos estudantes construir conhecimentos e valores necessários à tomada de decisão.

Portanto, de maneira geral, o enfoque CTS tem por objetivo proporcionar que os estudantes tenham uma compreensão da natureza da ciência mais adequada, compreendam seu papel na sociedade e passem a ter uma cultura maior de participação. Que saibam se posicionar frente a questões relacionadas à ciência e à tecnologia e estejam aptos para a tomada de decisão e para a realização de ações sociais responsáveis. Porém, o objetivo mais evidenciado e que tem um profundo imbricamento com os demais é a promoção da alfabetização científica e tecnológica.

Alfabetização científica e tecnológica

Segundo Santos (2007a) a alfabetização científica começou a ser debatida já no início do século XX, mas ganhou maior destaque a partir de 1950. Outros trabalhos (BOCHECCO, 2011; SASSERON; CARVALHO, 2011) destacam que o termo

alfabetização científica (“scientific literacy”) foi utilizado pela primeira vez por Paul Hurd em 1958, em um artigo que delimitava novos objetivos para a educação.

Contudo, este conceito sofreu transformações e recebeu diversas interpretações, de forma que seu significado passou a ser controverso (ACEVEDO DÍAZ *et al.*, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; KRASILCHIK; MARANDINO, 2007; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; SANTOS, 2007a; SASSERON; CARVALHO, 2011). Laugksch (2000 *apud* ACEVEDO DÍAZ *et al.*, 2003) identificou cinco fatores que seriam responsáveis por este caráter polêmico e difuso do significado da alfabetização científica: (1) os diferentes grupos interessados na alfabetização científica e tecnológica; (2) as distintas definições conceituais para o termo; (3) sua natureza absoluta ou relativa; (4) as finalidades e a variedade de propósitos para defendê-la; (5) as diversas maneiras de mensurar o nível de alfabetização das pessoas.

No Brasil, como apontam Krasilchik e Marandino (2007), é possível verificar que as definições não são muito claras na bibliografia sobre o tema e também entre os profissionais que atuam nessa perspectiva. Inclusive, Sasseron e Carvalho (2011) acrescentam que há uma pluralidade semântica, de forma que é possível encontrar trabalhos que utilizam denominações diferentes como alfabetização científica, letramento científico e enculturação científica para designar o mesmo objetivo desse ensino de ciência.

Nas publicações utilizadas como referência neste trabalho, observa-se uma polarização no uso do termo: alguns optam por utilizar alfabetização (ACEVEDO DÍAZ *et al.*, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; BOCHECCO, 2011; CHASSOT, 2003; FOUREZ, 1995b; KRASILCHIK; MARANDINO, 2007; LEAL; GOUVÊA, 2002; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2011), enquanto outros letramento (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2005; SANTOS, 2007a).

Em vários desses trabalhos encontram-se reflexões sobre as diferenças entre alfabetização e letramento (AULER; DELIZOICOV, 2001; CHASSOT, 2003; KRASILCHIK; MARANDINO, 2007; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; MAMEDE; ZIMMERMANN, 2005; MARTINS, 2008; SANTOS, 2007a; SASSERON; CARVALHO, 2011). Estas reflexões buscam fundamentação no campo da linguagem, apropriando-se dos significados atribuídos a estes termos por renomadas pesquisadoras dessa área, como Angela Kleiman e, principalmente, Magda Soares.

No campo da linguagem, alfabetização e letramento, são empregados com sentidos diferentes, cada um com sua especificidade sem, entretanto, desconsiderar que estão intimamente relacionados. Alfabetização faz referência à apropriação de conhecimentos e habilidades necessários para ler e escrever, enquanto que o letramento é empregado com um sentido mais amplo, referindo-se às práticas sociais que utilizam a leitura e a escrita.

Desta forma, a alfabetização científica e tecnológica trata-se de uma metáfora que faz referência à importância que a alfabetização teve no século passado para os cidadãos poderem integrar-se à sociedade, designando saberes que são necessários na atual sociedade caracterizada pela tecnociência, da mesma forma como saber ler e escrever na língua materna foi no século passado (FOUREZ, 1995b).

Martins (2008) faz críticas à metáfora da alfabetização incorporada aos trabalhos da área de ensino de ciências, destacando que tal apropriação do campo da linguagem é complexa e envolve uma diversidade de perspectivas. Assim, propõe uma distinção entre alfabetização, alfabetismo e letramento. Apoiada em pesquisadores da área da linguagem a autora destaca que a alfabetização representa um processo e o alfabetismo e o letramento estados assumidos por aqueles que aprenderam a ler e escrever. Desta forma, uma pessoa alfabetizada seria capaz de decodificar a linguagem, isto é, ler e escrever com uma compreensão não problematizadora, mas bastante instrumental. Já uma pessoa letrada seria capaz de fazer o uso destes conhecimentos na vida social de forma mais ampla e crítica, que permita a participação na sociedade, o questionamento de suas bases e a consequente transformação.

De acordo com essa conceituação, uma pessoa alfabetizada, que sabe ler e escrever, pode não ser letrada, caso não faça uso da prática social de leitura, ou seja, apesar de ler, não é capaz de compreender o significado de notícias de jornais, avisos, correspondências, ou não é capaz de escrever cartas e recados. Isso é o que se tem chamado de analfabetismo funcional. Ao contrário, uma pessoa pode não ser alfabetizada, mas ser letrada se tiver contato diário com as informações do mundo da leitura e da escrita, por meio de pessoas que lêem ou escrevem para ela as notícias de jornal, as cartas ou os recados (SANTOS, 2007a).

Assim, transpondo estas definições para o campo científico, a alfabetização estaria relacionada à aprendizagem dos conceitos e seus significados, a saber ler e escrever sobre ciência, enquanto o letramento representaria o uso dos conceitos para uma visão crítica do mundo, para exercer práticas sociais relacionadas à ciência.

Mesmo considerando que o termo alfabetização seja inadequado (CHASSOT, 2003) e, como foi apresentado, possa assumir um significado reduzido, será o termo utilizado neste trabalho, pois, como apontam Krasilchik e Marandino (2007), ele já se consolidou na prática social. Inclusive, a maior parte das referências utilizadas neste trabalho faz menção ao termo alfabetização científica, em sentido mais amplo, de letramento. Cabe destacar que ao utilizar o termo alfabetização científica neste trabalho se assume que seu significado engloba também a ideia de letramento.

Desta forma, uma maneira de conceituar a alfabetização científica pode ser

como o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem. Amplio mais a importância ou as exigências de uma alfabetização científica. Assim como exige-se que os alfabetizados em língua materna sejam cidadãos e cidadãos críticos, em oposição, por exemplo, àqueles que Bertolt Brecht classifica como analfabetos políticos, seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-los, e transformá-los para melhor (CHASSOT, 2003).

Também, de forma semelhante, “como a capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia, mas também participar da cultura científica de maneira que cada cidadão individual e coletivamente, considerar oportuno” (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007). Ou ainda, segundo Hazen e Trefil (1995 *apud* LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p.3), “como o conhecimento necessário para entender os debates públicos sobre as questões de ciência e tecnologia”.

Para Fourez (1997 *apud* BOCHECCO, 2011), os objetivos gerais da alfabetização científica e tecnológica podem ser agrupados em três campos:

- 1) Pessoal e humano: busca favorecer o desenvolvimento de uma autonomia crítica aos indivíduos, dando condições para que estes possam posicionar-se frente à sociedade tecno-científica e familiarizar-se com o mundo da ciência e da tecnologia;
- 2) Social, cultural e ético: possibilitar que os indivíduos tenham a capacidade de comunicar-se com outros indivíduos e participar de debates democráticos que exijam o uso do senso crítico e de conhecimentos, tendo em vista uma sociedade mais igualitária;
- 3) Econômico: fazer o uso adequado dos conhecimentos, agindo com responsabilidade e ética frente as mais variadas situações concretas.

Desta forma,

[...] as pessoas poderiam ser consideradas científica e tecnologicamente letradas quando seus conhecimentos e habilidades dão a elas um certo grau de autonomia (a habilidade de ajustar suas decisões às restrições naturais ou sociais), uma certa habilidade de se comunicar (selecionar um modo de expressão apropriado) e um certo grau de controle e responsabilidade em negociar com problemas específicos (técnico, mas também emocional, social, ético e cultural) (SANTOS, 2007a).

De acordo com Lorenzetti e Delizoicov (2001), Krasilchik e Marandino (2007), Santos (2007a) e Bochecco (2011), Shen (1975) indica três noções diferentes para alfabetização científica, são elas: prática, cívica e cultural. Estas noções se diferenciam entre si por meio dos objetivos, conteúdo, forma, público-alvo e meios de disseminação.

A alfabetização científica prática relaciona-se a necessidades humanas essenciais, permitindo que o indivíduo possa resolver problemas básicos do seu cotidiano de maneira imediata. Já a alfabetização científica cívica relaciona-se à atuação dos indivíduos na sociedade, possibilitando que estes estejam atentos à ciência e seus impactos na sociedade e possam vir a tomar decisões mais bem informadas. Por fim, a alfabetização científica cultural é aquela relacionada ao interesse em saber mais sobre ciência e, de maneira geral, é disponível a uma pequena parte da população.

Embora a ideia de promover a alfabetização científica e tecnológica desperte um certo encanto, é necessário ter um olhar cuidadoso, observando que: (1) não é uma condição fácil de ser atingida em sua plenitude e, inclusive, é considerada por muitos uma utopia; (2) o domínio do conhecimento científico, bem como o preparo para agir como cidadão, não asseguram a participação automática tão enfatizada pela alfabetização científica e tecnológica; e (3) as conotações ideológicas assumidas pela alfabetização científica e tecnológica podem tanto permitir que os cidadãos tomem decisões e participem ativamente para promover uma transformação das suas condições na sociedade como pode possibilitar a perpetuação das relações que já vigoram no sistema.

Assim, como propõem Auler e Delizoicov (2001), é possível analisar a alfabetização científica e tecnológica por duas perspectivas: a reduzida e a ampliada. Na perspectiva reduzida os conteúdos são estudados por si mesmos e de maneira descontextualizada, havendo um endosso à neutralidade da ciência e da tecnologia

relacionada aos seguintes mitos: superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia e o determinismo tecnológico. Poderia se dizer que esta é uma alfabetização funcional na qual não são evidentes possibilidades de transformação, apenas de ajustes ou adaptações à sociedade. Já a perspectiva ampliada busca problematizar os mitos citados, proporcionando uma leitura crítica do mundo e favorecendo ações que questionem as ideologias dominantes e conduzam à transformação das condições dos cidadãos na sociedade, ou seja, poderia se dizer que é uma alfabetização emancipatória.

2.2.3. Aspectos pedagógicos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade

Nesta seção serão abordados alguns aspectos pedagógicos do enfoque CTS, tais como: abordagens, conteúdos, sequências didáticas, aspectos curriculares, estratégias didáticas e materiais CTS.

Tais aspectos relativos ao enfoque CTS, embora discutidos de maneira separada, não são independentes uns dos outros e, além disso, da mesma forma que os significados e objetivos, não apresentam compreensões únicas, conforme destacam Auler e Bazzo (2001):

[...] Não há uma compreensão e um discurso consensual quanto aos objetivos, conteúdos, abrangência e modalidades de implementação deste movimento. O enfoque CTS abarca desde a ideia de contemplar interações entre ciência, tecnologia e sociedade apenas como fator de motivação no ensino de ciências, até aquelas que postulam, como fator essencial desse enfoque, a compreensão dessas interações, a qual levada ao extremo por alguns projetos, faz com que o conhecimento científico desempenhe um papel secundário (AULER; BAZZO, 2001).

Assim, alguns pontos de vista sobre esses aspectos do enfoque serão apresentados e discutidos a partir da compreensão do autor, fundamentada na literatura revisada.

Abordagens CTS

Muitos autores destacam a existência de uma variada possibilidade de abordagens que o enfoque CTS pode assumir. Para Acevedo-Díaz, Vásquez-Alonso e Manassero-Mass (2002) existem duas grandes formas de abordar o enfoque CTS:

- 1) *Baseada em questões da ciência e da tecnologia que afetam a vida da sociedade*, portanto um ensino preocupado em tratar de problemas

importantes da sociedade e até do cotidiano dos alunos, nos quais muitas interações das pessoas com a ciência e a tecnologia aparecem;

- 2) *Baseada em aspectos sociais e culturais da ciência e da tecnologia*, ou seja, uma abordagem preocupada em integrar a ciência e a tecnologia à cultura dos indivíduos, contribuindo para a formação de cidadãos responsáveis.

Embora essas duas abordagens tenham aspectos diferenciados: a primeira possui maior compatibilidade com a organização curricular tradicional (nessa modalidade o CTS é mais facilmente inserido), é mais motivadora e interessante; e a segunda é menos compatível com a estrutura curricular tradicional e mais distante da ciência e da tecnologia, os autores destacam que as mesmas não devem ser entendidas de maneira excludente, mas sim complementar.

Já para Santos (2001), o enfoque CTS abriga uma vasta gama de tendências, que podem ser agrupadas em três categorias, de acordo com o valor atribuído à ciência (Cts), à tecnologia (cTs) e à sociedade (ctS).

Na abordagem Cts é dado privilégio a aspectos científicos, enfatizando a natureza e a história da ciência. Há também o propósito de promover uma aproximação entre ciência e tecnologia, mas no sentido de mostrar a tecnologia como aplicação da ciência ou ainda, em um nível um pouco mais sofisticado, de desenvolver a chamada “consciência tecnológica”.

Nessa abordagem não há abandono de conteúdos científicos, entretanto, há uma seleção destes, dando menos ênfase ao modelo tradicional e atribuindo maior valor a tópicos com utilidade social ou com valor humanístico. Contudo, não permite, no que diz respeito à tecnologia, compreensões aprofundadas, já que pode disseminar uma visão ingênua desta (como ciência aplicada). Além disso, é comum haver apenas menções esporádicas, acidentais ou até mesmo secundárias sobre tecnologia, ou seja, meramente pontuais, ilustrativas e com o objetivo apenas de melhorar a aprendizagem dos conteúdos.

Todavia, Santos (2001) destaca que esse viés pode contribuir para o “desenvolvimento da assim chamada ‘consciência tecnológica’, isto é, a consciência das implicações pessoais, sociais, morais, econômicas e, sobretudo, ambientais do desenvolvimento tecnológico”.

Na abordagem cTs é dado privilégio à tecnologia, propondo o conhecimento prático como um elo de ligação entre a ciência e a tecnologia. Nesse caso, prática é entendida em um sentido mais amplo, isto é, não apenas como competências manuais, mas também como o uso social do conhecimento, normalmente, em contextos relacionados ao cotidiano do aluno. Portanto, nessa abordagem é promovida uma articulação entre tecnologia e ciência, os alunos são levados a conhecer melhor os processos e artefatos tecnológicos e a usar esses conhecimentos fora do sistema educacional.

Contudo, a autora salienta que esta abordagem pode conduzir a “um regresso à ‘lógica industrial’ ou ‘empresarial’ da escola, às grandes significações utilitárias da escola, cujas principais figuras são, a ‘produção industrial de cidadãos’ e a ‘formação empresarial de trabalhadores’” (SANTOS, 2001). Ademais, considera que se levada ao extremo pode, ainda, conduzir a uma dependência exagerada da ciência perante a tecnologia e, até mesmo, defender valores tecnocráticos.

Por fim, a abordagem ctS tem como primeira referência a sociedade, o que significa que o ensino de ciências se dá por meio da análise e discussão de questões sociais, culturais e de valores. Dessa forma, a ciência e a tecnologia são meios para compreender problemas sociais, não sendo estudadas simplesmente por si mesmas.

Com isso, vislumbra-se a abertura da escola a problemas ditos externos à comunidade científica, que permitem uma melhor compreensão da natureza da ciência e representam “uma forma de levar os cidadãos à participação em debates públicos” (SANTOS, 2001). A autora salienta que essa abordagem quando levada ao extremo pode conduzir à perda de importância dos conhecimentos científicos.

Por outro lado, segundo Membiela (2001) amparado em Zimam (1980a) e Solomon (1988a), pode-se considerar que dentro do enfoque CTS existem pelo menos cinco abordagens ou dimensões, não excludentes:

- 1) *Aproximação cultural*: visa proporcionar uma formação científica dirigida a todos os cidadãos e não uma formação dirigida apenas a futuros cientistas, ou seja, é uma abordagem que visa tornar a ciência parte da cultura dos cidadãos;
- 2) *Educação política para a ação*: um ensino de ciências preocupado em formar cidadãos preparados para participação política adequada;

- 3) *Educação interdisciplinar*: se propõe a articular várias disciplinas entre si, inclusive as ciências sociais;
- 4) *Questões problemáticas*: vislumbra a abordagem de problemas locais que afetam a vida dos alunos;
- 5) *Orientação vocacional*: visa estabelecer relações com o trabalho que os alunos irão realizar no futuro.

É importante destacar que não existe uma forma correta de abordar o enfoque CTS, a literatura aponta uma grande variedade de abordagens igualmente válidas. Inclusive, a partir destas abordagens que foram expostas nessa seção, é possível observar semelhanças e a possibilidade de complementaridade entre elas, já que não apresentam posturas antagônicas. Assim, entende-se que o processo de ensino-aprendizagem dentro da perspectiva CTS pode ser conduzido por abordagens que englobam desde as influências mútuas CTS, podendo enfatizar prioritariamente algum dos entes da tríade, até aquelas que, além disso, são pautadas pela promoção de visões mais amplas de CTS, envolvendo a resolução de problemas, a tomada de decisões e a conscientização política.

Conteúdos CTS

Quando se trata do enfoque CTS, em vista das grandes dissonâncias com o ensino tradicional, fica evidente que a forma de selecionar os conteúdos e de trabalhá-los em sala de aula demanda mudanças significativas. Os conteúdos nessa perspectiva não se limitam mais a conceitos de Física, Química ou Biologia isolados e abordados por si próprios, eles (os conteúdos) assumem uma nova perspectiva, tanto no que diz respeito a sua constituição quanto a sua seleção.

Uma abordagem CTS, além de incluir o conteúdo de ciência, irá incluir o chamado de conteúdo CTS, o qual Aikenhead (1994b) propõe que seja:

[...] composto de uma interação entre ciência e tecnologia ou entre ciência e sociedade e qualquer uma das combinações abaixo:

- Um artefato tecnológico, processo ou especialidade tecnológica;
- As interações entre tecnologia e sociedade;
- Uma questão social relacionada à ciência ou à tecnologia;
- Conteúdo de ciência que tenta explicar um tópico social relacionado com ciência e tecnologia;
- Uma questão filosófica, histórica ou social de dentro da comunidade científica ou tecnológica (AIKENHEAD, 1994b, tradução nossa).

Dessa forma, o conteúdo dentro da perspectiva torna-se mais abrangente e complexo, além de adquirir certa flexibilidade. Tais características, por sua vez, requerem um processo de seleção de conteúdos para viabilizar o processo de ensino-aprendizagem. Para Hickman *et al.* (1897 *apud* MEMBIELA, 2001), existem alguns critérios que são essenciais a serem considerados na hora de selecionar o conteúdo, tais como:

- É diretamente aplicável à vida atual dos estudantes?
- É adequado ao nível de desenvolvimento cognitivo e a maturidade social dos estudantes?
- É um tema importante no mundo atual para os estudantes e provavelmente permanecerá como tal para uma proporção significativa deles na vida adulta?
- Os estudantes podem aplicar seu conhecimento em contextos distintos dos científicos escolares?
- É um tema pelo qual os estudantes demonstram interesse ou entusiasmo? (MEMBIELA, 2001, tradução nossa).

Há um item que pode vir a integrar o conteúdo CTS que merece especial destaque: a questão social/tema. Na verdade, este é um dos mais importantes componentes do conteúdo CTS, tendo em vista que os currículos CTS, na maioria das vezes, são articulados em torno de temas/problemas/questões sociais.

Para identificar um tema social relativo à ciência, Ramsey (1993 *apud* SANTOS, 2000) apresenta três critérios: (i) deve ser de natureza controvertida; (ii) deve ter um significado social; (iii) deve, em alguma dimensão, ser relativo à ciência e à tecnologia.

As questões sociais relativas à ciência, segundo Aikenhead (1994b), podem ser de dois tipos:

- 1) Questões sociais externas à comunidade científica: aquelas que abordam tópicos relacionados à “ciência e sociedade”, tais como aquecimento global, conservação de energia, poluição, clonagem, alimentos transgênicos.
- 2) Questões sociais internas à comunidade científica (aspectos sociais da ciência): aquelas de natureza filosófica e epistemológica, tais como a natureza das teorias, discriminação das mulheres na área, as controvérsias internas da comunidade científica.

Membiela (2001) sintetizou um conjunto de temas que poderiam ser abordados em sala de aula, são eles: crescimento populacional, qualidade do ar e da atmosfera, a fome no mundo, recursos hídricos, saúde e doenças humanas, uso do solo, recursos

minerais, uso e escassez de energia, extinção das espécies, reações nucleares, poluição, conservação de recursos naturais, meios de comunicação.

Embora essa lista contenha temas relevantes para um ensino CTS de maneira geral, é importante destacar que a abrangência e a relevância dos temas variam muito de acordo com o contexto sociocultural em que se dá o processo de ensino-aprendizagem, ou seja, para uma dada região e época haverá temas de maior potencialidade. Assim, esses temas que foram organizados por Membiela a partir de referências internacionais talvez possam não ser tão significativos para o contexto brasileiro, que é bastante diferenciado dos países de primeiro mundo. Santos e Mortimer (2000) apresentam um conjunto de temas, para o contexto brasileiro, que poderiam ser discutidos em sala de aula, são eles:

(1) exploração mineral e desenvolvimento científico, tecnológico e social. Questões atuais como a exploração mineral por empresas multinacionais, a privatização da Companhia Vale do Rio Doce, as propostas de privatização da Petrobras, etc. são alguns exemplos de possibilidades nesse tema; (2) ocupação humana e poluição ambiental, na qual seriam discutidos os problemas de ocupação desordenada nos grandes centros urbanos, o saneamento básico, a poluição da atmosfera e dos rios, a saúde pública, a diversidade regional que provoca o êxodo de populações, a questão agrária; (3) o destino do lixo e o impacto sobre o ambiente, o que envolveria reflexões sobre hábitos de consumo na sociedade tecnológica; (4) controle de qualidade dos produtos químicos comercializados, envolvendo os direitos do consumidor, os riscos para a saúde, as estratégias de marketing usadas pelas empresas; (5) a questão da produção de alimentos e a fome que afeta parte significativa da população brasileira, a questão dos alimentos transgênicos; (6) o desenvolvimento da agroindústria e a questão da distribuição de terra no meio rural, custos sociais e ambientais da monocultura; (7) o processo de desenvolvimento industrial brasileiro, a dependência tecnológica num mundo globalizado; nesse tema poderia ser discutida, por exemplo, a exportação de silício bruto ou industrializado; (8) as fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos; (9) a preservação ambiental, as políticas de meio ambiente, o desmatamento (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 11).

Essas são apenas possibilidades, ainda podem haver contextos mais específicos com seus respectivos temas que podem ser selecionados pelo professor a partir dos critérios já mencionados. Todavia, segundo Rubba (1991 *apud* SANTOS, 2008), seria interessante que os temas fossem determinados pelos próprios estudantes, pois certamente seriam temas relevantes para eles, despertariam interesse em estudar e gerariam a necessidade de aprender um determinado conteúdo científico.

Portanto, uma abordagem com o enfoque CTS não significa abandonar conteúdos e esvaziar o currículo. Simplesmente os conteúdos deixam de ser

abordados com fim neles mesmos passando a ser considerados como meios para a compreensão e problematização de temas sociais. Assim, os conceitos científicos continuam presentes no currículo, porém são abordados de uma forma contextualizada e com significado para o aluno, possibilitando que este possa perceber sua utilidade além do contexto escolar, na sua vida. Além disso, a natureza do conteúdo trabalhado na abordagem CTS inviabiliza o hábito comum dos professores de “varrer programas” a todo custo, ela requer que os professores selecionem os conceitos de ciências que serão tratados.

Sequências didáticas CTS

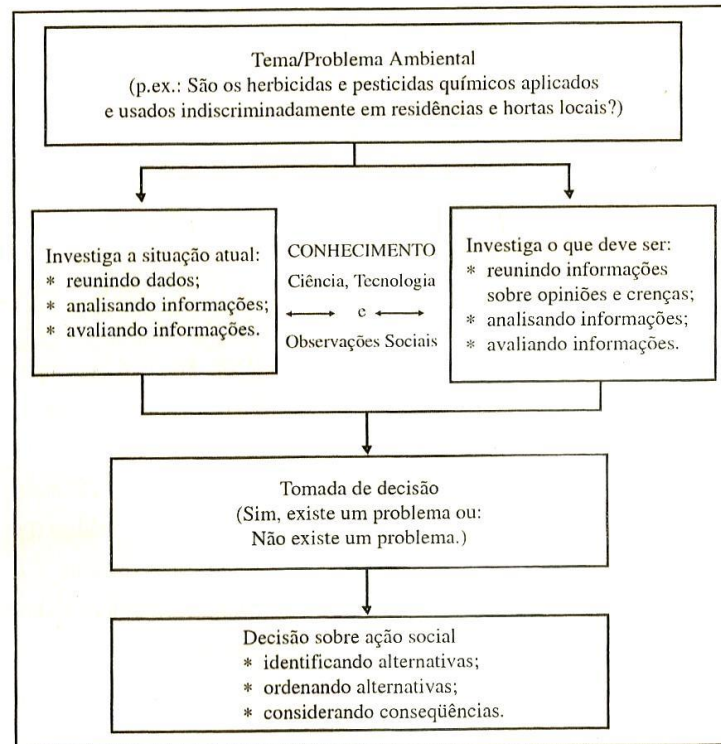
A literatura aponta que os modelos ou sequências didáticas que devem conduzir um ensino CTS podem ser bastante variados. Serão apresentados nesta seção alguns modelos.

Uma sequência didática apontada na literatura é a proposta por Waks (1992 *apud* MEMBIELA, 2001), denominada espiral de responsabilidade. Neste modelo de ensino há cinco fases ordenadas, sequenciadas segundo uma espiral.

Etapa 1 – autocompreensão: o aluno reconhece suas necessidades, valores e responsabilidades. Etapa 2 – estudo e reflexão sobre temas CTS: o aluno constrói e se apropria dos conhecimentos sobre a ciência e a tecnologia, bem como seus impactos sociais. Etapa 3 – tomada de decisão: considerando os fatores científicos, técnicos, éticos, econômicos e políticos, o aluno aprende sobre os processos de decisão e de negociação, para que possa posteriormente botar isso em prática. Etapa 4 – ação social responsável: o estudante planeja e implementa ações, tanto de maneira individual quanto coletiva. Etapa 5 – integração: momento em que o estudante deve ir além do tema específico estudado, considerando relações CTS mais amplas que integrem questões éticas, sociais e de valores pessoais.

Outra sequência pode ser a da Figura 6, na qual é marcante a proposição de problemas sociais como pontos de partida e chegada.

Figura 6 – Sequência inspirada na concepção CTS.



Fonte: Santos e Schnetzler (2010).

Nesta sequência pode se dizer que há o desenvolvimento de três etapas, em um primeiro momento, é introduzido um tema por meio de um problema social, seguido do estudo de conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais relacionados a este, finalizando com a resolução do problema por parte dos alunos (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

A partir de um estudo de diferentes sequências desenvolvidas em materiais CTS, Aikenhead (1994b) propôs uma sequência comum que melhor as caracteriza, esquematizada na Figura 7.

A seta da figura indica a sequência de eventos que poderão compor o ensino CTS. Assim, segundo essa proposição, o ensino inicia a partir da sociedade, com a introdução de um problema social, seguindo da análise de uma tecnologia relacionada ao tema social e, em uma terceira etapa, do conteúdo científico que aprofunda o entendimento da questão social e da tecnologia. Após isso, a tecnologia é então estudada em função do conteúdo científico apresentado e a sequência tem seu fim novamente na sociedade com a retomada do problema social.

Figura 7 – Sequência didática para uma abordagem CTS.



Fonte: Aikenhead (1994b).

Como exemplo de uma proposta elaborada com base nessa sequência destaca-se o trabalho de Teixeira (2003), no qual é apresentada uma sequência de aulas sobre reprodução humana que foram construídas inspiradas no modelo proposto por Aikenhead (Quadro 3).

Quadro 3 – Sequência didática inspirada na concepção CTS.

1. Questão social introduzida	A classe faz a leitura e discussão dos artigos (textos geradores): “Brasileiras esterilizadas” e “Pobreza sai da barriga” e, ainda os textos sobre educação sexual e planejamento familiar propostos por Dimenstein (1998, p. 60-63).
2. Uma tecnologia relacionada ao tema social é analisada	Métodos contraceptivos (apresentação inicial e análise).
3. Conteúdo científico é trabalhado	Reprodução humana: aparelhos reprodutivos (morfologia e fisiologia).
4. A tecnologia é estudada em função dos conteúdos	Métodos contraceptivos – retomada de análise com base nos conceitos estudados.
5. Retomada da questão social	(Re)discussão da matéria dos textos geradores, a partir dos conteúdos estudados e das implicações sociais, econômicas, políticas e culturais.

Fonte: Teixeira (2003).

Embora seja possível utilizar várias sequências para conduzir uma proposta CTS, é válido destacar que Aikenhead estudou diversos materiais pautados por esta

perspectiva com o intuito de identificar a sequência mais eficaz e, ao fazer isso, constatou que a sequência esquematizada na Figura 7 parece ser a mais adequada para desenvolver uma proposta CTS.

Aspectos curriculares

Ao longo desta seção estão sendo apresentados alguns pontos de vista relativos ao enfoque CTS. Por meio destes percebe-se que a literatura destaca a existência de uma vasta gama de conteúdos que o enfoque pode abordar, de uma diversidade de objetivos almejados, de sequências possíveis que o ensino nesta modalidade pode assumir e, conseqüentemente, de abordagens, concebendo, assim, currículos com características bastante distintas.

Entretanto, em meio a essa multiplicidade de propostas que vêm sendo denominadas CTS, nem todas estão centradas nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, o que tem levado ao delineamento de categorias curriculares para classificá-las de acordo com o foco central (SANTOS; MORTIMER, 2000). Através dessas categorizações é possível ter uma ideia geral das diversas propostas e entender cada uma delas melhor, desde aquelas que se dizem CTS, mas praticamente não contemplam a perspectiva, até aquelas que radicalizam, concebendo propostas que abandonam o conhecimento científico.

Aikenhead (1994b) construiu um esquema que descreve possíveis currículos CTS. Tal esquema representa uma espécie de classificação dos mesmos constituída por oito categorias que relacionam a maneira e o grau de inserção do conteúdo CTS ao “conteúdo puro de ciências”. Abaixo é apresentado um quadro (Quadro 4) que contém as categorias propostas por Aikenhead, estando dispostas de maneira que ao avançar de categoria a proporção de conteúdo CTS aumenta em relação ao conteúdo tradicional.

Quadro 4 – Categorias curriculares CTS.

Categoria	Descrição	Exemplos
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação	Ensino tradicional com menção a temas CTS.	<i>O que muitos professores fazem para “dourar a pílula” de cursos puramente conceituais.</i>

2. Incorporação eventual de conteúdo de CTS	Ensino tradicional com conteúdos CTS como apêndice.	<i>Science and Technology in Society</i> (SATIS, UK), <i>Consumer Science</i> (EUA), <i>Values in School Science</i> (EUA).
3. Incorporação sistemática de conteúdo CTS	Ensino tradicional acrescido de pequenos estudos CTS integrado ao conteúdo de ciências.	<i>Havard Project Physics</i> (EUA), <i>Science and Social Issues</i> (EUA), <i>Nelson Chemistry</i> (Canadá), <i>Interactive Teaching Units for Chemistry</i> (UK), <i>Science, Technology and Society</i> , Block J. (EUA). Three SATIS 16-19 modules (<i>What is Science? What is Technology? How Does Society decide?</i> – UK).
4. Disciplina científica por meio de conteúdo CTS	CTS organiza os conteúdos, mas a seleção do conteúdo é feita a partir de uma disciplina.	<i>ChemCon</i> (EUA), os módulos holandeses de física como <i>Light Sources</i> .
5. Ciências por meio do conteúdo CTS	CTS organiza o conteúdo e a sequencia. Conteúdo é ditado pelo conteúdo CTS e multidisciplinar.	<i>Logical Reasoning in Science and Technology</i> (Canadá), <i>Modular STS</i> (EUA), <i>Global Science</i> (EUA), <i>Dutch Environmental Project</i> (Holanda), <i>Salters' Science Project</i> (UK)
6. Ciências com conteúdo CTS	O conteúdo CTS é o foco e o conteúdo científico enriquece a aprendizagem.	<i>Exploring the Nature of Science</i> Ing.) <i>Society Environment and Energy Development Studies</i> (SEEDS) modules (EUA), <i>Science and Technology 11</i> (Canadá)
7. Incorporação de ciências ao conteúdo CTS	O foco é o conteúdo CTS. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente.	<i>Studies in a Social Context</i> (SISCON) in Schools (UK), <i>Modular Courses in Technology</i> (UK), <i>Science A Way of Knowing</i> (Canadá), <i>Science Technology and Society</i> (Austrália), <i>Creative Role Playing Exercises in Science and Technology</i> (EUA), <i>Issues for Today</i> (Canadá), <i>Interactions in Science and Society</i> – vídeos (EUA), <i>Perspectives in Science</i> (Canadá)
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão social ou tecnológica	<i>Science and Society</i> (UK.), <i>Innovations: The Social Consequencies of Science and</i>

	importante. Conteúdo apenas mencionado para vinculação com as ciências.	<i>Technology program (EUA), Preparing for Tomorrow's World (EUA), Values and Biology (EUA).</i>
--	---	--

Fonte: Santos e Mortimer (2000).

O autor esclarece que estas categorias não têm a pretensão de avaliar abordagens e também não contempla estratégias de ensino, contexto educacional e perspectiva pedagógica subjacente ao processo de ensino-aprendizagem, tendo apenas a função de descrever a estrutura integrativa de conteúdos CTS e conteúdos de ciência. Além disso, apesar de não ser possível dizer que uma categoria representa mais uma perspectiva CTS do que outra, entende-se que as categorias de 3 a 6 são as mais frequentemente encontradas na literatura como representantes do enfoque CTS (AIKENHEAD, 1994b).

Por outro lado, de forma análoga a Glen Aikenhead, Bazzo *et al.* (2003) apresentam outra forma, mais sucinta, de descrever a estrutura integrativa entre conteúdos CTS e conteúdos de ciência. São elas:

Enxerto CTS: trata-se de introduzir alguns tópicos de CTS no currículo de ciências com o objetivo de complementar o ensino ou torná-lo mais atraente ao aluno. A estrutura curricular tradicional fica praticamente inalterada.

Ciência e tecnologia através de CTS: consiste em estruturar o ensino dos conceitos científicos por meio do CTS.

CTS puro: significa focar o ensino em conteúdos CTS, deixando o conteúdo científico em segundo plano. Por vezes o conteúdo científico é utilizado apenas para enriquecer a explicação do conteúdo CTS, ou ainda, há apenas a menção de termos científicos sem a explicação dos mesmos.

Contudo, apesar de todas essas classificações, é importante ter consciência que posturas extremistas são perigosas, isto é, tanto um ensino focado apenas em aspectos CTS quanto um ensino puramente conceitual são configurações de certo modo prejudiciais ao ensino de Física. Por um lado, tem-se uma configuração que conduz a desvalorização dos conceitos científicos ou o famoso “esvaziamento do currículo”, enquanto por outro, tem-se uma configuração na qual os conceitos são estudados com fins neles próprios, de forma pouco contextualizada e comprometida com questões sociais, ou seja, praticamente o problemático ensino tradicional. Assim, é necessário que haja um equilíbrio na constituição do currículo, de forma que este

seja pautado tanto por conteúdos CTS quanto por conteúdos de ciência, sem concentrar muito em um ou outro.

Estratégias didáticas

Não é adequado dizer que existam estratégias específicas ao enfoque CTS, além disso, conforme apontam Cruz e Zylbersztajn (2001), este enfoque é bastante multifacetado com relação às estratégias de ensino. No entanto, parece haver um consenso sobre a importância de propor estratégias que favoreçam a interdisciplinaridade e a interação (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001). Diante disso, refletindo sobre o significado da educação CTS:

[...] pode-se verificar que as estratégias empregadas nos cursos CTS pressupõem e implicam a participação ativa dos alunos mediada pela ação docente, significando a adoção de uma concepção construtivista para o processo de ensino-aprendizagem, caracterizado pela construção e reconstrução de conhecimentos pelos alunos (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Assim, entre as estratégias mais usualmente empregadas estão (SANTOS; SCHNETZLER, 2010):

- palestras;
- demonstrações;
- sessões de discussões;
- trabalhos em grupo;
- resolução de problemas;
- simulações e jogos de papéis;
- fóruns e debates;
- pesquisas de campo;
- visitas a indústrias e museus.

Essa diversidade de estratégias de ensino refletem o fato da perspectiva CTS não representar um método de ensino (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001). Além disso, dentre tais estratégias, cabe dar destaque à resolução de problemas, que no ensino de Física tem um papel importantíssimo na condução do aprendizado. Segundo

Peduzzi (1997), na resolução de um problema o estudante não é conduzido à solução de maneira imediata, pelo contrário, resolver um problema significa envolver-se em um processo de reflexão e tomada de decisões. Sendo o enfoque CTS preocupado com o desenvolvimento de um pensamento reflexivo e com a tomada de decisão, a resolução de situações-problema pode ser um excelente aliado no processo de ensino-aprendizagem, pois vai permitir que o aluno mobilize conhecimentos formais de Física necessários à resolução da situação proposta e tome sua decisão ancorado nestes.

Materiais CTS

Conrado e El-Hani (2010) apontam que vários trabalhos, como os de Fraga (2007), Pinheiro *et al.* (2007), Cunha (2008) e Vasconcellos e Santos (2008), destacam que uma das principais dificuldades na implementação de propostas CTS é a escassez de materiais que contemplem a perspectiva.

Refletindo sobre a importância que se atribui ao livro didático no processo de ensino-aprendizagem, principalmente no Brasil, onde há uma cultura de trabalhar os conteúdos do livro, da forma como são apresentados e na ordem proposta, fica bastante evidente a dificuldade que será enfrentada por um professor ao tentar implementar uma proposta com enfoque CTS se não houver materiais que o contemple.

Não significa que o professor necessite de um livro que aborde o enfoque CTS para poder desenvolver uma proposta, mas sem este se torna bem mais difícil e demorado, mesmo considerando que o docente teve contato com esta perspectiva durante a sua formação.

Abaixo é apresentado um quadro (Quadro 5) no qual estão contidos alguns critérios que os especialistas consideram essenciais na constituição de materiais CTS.

Quadro 5 – Critérios que devem estabelecer materiais pautados pela perspectiva CTS.

1. Responsabilidade	O material desenvolve a compreensão dos alunos relativamente à sua interdependência como membros da sociedade e da sociedade como agente responsável dentro do ecossistema da natureza;
2. Influências mútuas CTS	As relações da tecnologia, ciência e sociedade umas com as outras são claramente apresentadas;

3. Relação com as questões sociais	As relações dos desenvolvimentos tecnológicos e científicos com a sociedade são claramente estabelecidas, no sentido de uma atenção dirigida;
4. Balanço de pontos de vista	O material apresenta um balanço de diferentes pontos de vista sobre questões e opções, sem necessariamente se esforçar por esconder a perspectiva do autor;
5. Tomada de decisões e resolução de problemas	O material empenha os alunos na procura de soluções para problemas e para competências de tomada de decisão;
6. Acção Responsável	O material encoraja os alunos para que se envolvam em acções sociais ou pessoais, depois de ponderarem as consequências de valores e efeitos projectados por vários cenários e opções alternativas;
7. Integração de um ponto de vista	O material ajuda os alunos a aventurarem-se para além da matéria do assunto específico até considerações mais alargadas de ciência tecnologia e sociedade que incluam um tratamento de valores/éticas pessoais e sociais.

Fonte: Santos (2001).

2.2.4. Críticas ao enfoque CTS

Embora tenha se dado um tom bastante otimista à perspectiva CTS ao longo deste capítulo, é relevante apontar que o mesmo tem sido alvo de muitas críticas que não podem ser negligenciadas. Acevedo Díaz *et al.* (2003) apresentam algumas das principais críticas direccionadas ao enfoque CTS pela literatura internacional, bem como respostas para as mesmas. Apresentam-se, assim, de forma sintética, as críticas mais relevantes apontadas pelos referidos autores.

Como primeira crítica, talvez uma das mais contundentes, destaca-se a definição pouco precisa sobre o CTS, uma vez que responde a uma diversidade de interesses que conduzem a uma multiplicidade de enfoques, muitas vezes, contraditórios. Devido a essa característica, critica-se a ausência de uma base unificadora e aponta-se a insuficiência do enfoque em contemplar níveis de alfabetização científica necessários. Em resposta a esta crítica aponta-se que o problema não reside necessariamente na pluralidade de perspectivas, podendo este ser considerado mais um indicativo de vitalidade do enfoque do que debilidade do mesmo, mas a maneira pouco cuidadosa com que as relações entre a ciência, a

tecnologia e a sociedade têm sido estabelecidas, principalmente por materiais didáticos. É esta apropriação ingênua e pouco comprometida que oferece ameaças ao CTS e permite relativizá-lo, mas não necessariamente da pluralidade de perspectivas.

Outra crítica que pode ser citada é a inclinação do ensino de ciências (nos Estados Unidos e Canadá) com enfoque CTS a abordagens pautadas nos impactos sociais e ambientais da ciência e da tecnologia que deixam em segundo plano abordagens preocupadas com aspectos culturais e processos sociais da ciência e tecnologia. Três motivos são apontados para explicar a preferência da primeira em relação à segunda: (1) é apontada como mais interessante, motivadora e relevante; (2) mais compatível com a organização curricular; (3) mais compatível com a formação disciplinar dos professores que, inclusive, creem que as outras abordagens conflitam com a educação científica.

Como consequência da pequena influência da segunda abordagem, verifica-se a pouca eficiência em promover uma melhor compreensão da natureza da ciência. Portanto, embora a discussão das relações CTS seja complexa, criticam-se abordagens superficiais que se limitam apenas aos impactos da ciência e da tecnologia. Contudo, quanto a esta crítica aponta-se que uma forma não precisa, necessariamente, excluir a outra.

Ainda, o papel secundário atribuído à tecnologia dentro do enfoque CTS conduz a olhares receosos para a perspectiva por parte de prestigiados pesquisadores internacionais em ensino de ciências. De fato, como denuncia a crítica, muitas vezes a tecnologia acaba tendo pouca ênfase ou, até mesmo, ficando esquecida em determinadas abordagens, contudo, talvez a forma de solucionar este problema não seja desqualificar o enfoque CTS como um todo.

Adiciona-se a estas críticas apontadas pelos autores outra que é frequentemente direcionada ao enfoque CTS: o possível esvaziamento do currículo, uma vez que o enfoque estaria preocupado demais com pressupostos filosóficos, políticos, econômicos, éticos, etc. Como foi problematizado na seção anterior, isto até pode acontecer quando se propõem abordagens extremistas, contudo, não é o que se tem defendido para a perspectiva CTS na educação básica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Os trabalhos desenvolvidos por Vygotsky e seus colaboradores nas décadas de 20 e 30 do século passado forneceram os elementos fundamentais da teoria sociocultural⁶. Entretanto, o desenvolvimento da teoria sociocultural na Ciência e no ensino de Ciências, segundo Lemke (2001), é produto do desenvolvimento das ciências humanas e sociais, ocorrido apenas a partir da década de 60. Essa demora em ganhar adeptos é associada à formação dos pesquisadores em ensino de ciências, que privilegia a psicologia cognitiva e omite outras disciplinas que fundamentam a perspectiva sociocultural, tais como a filosofia, a sociologia, a antropologia, entre outras.

O “objetivo de uma abordagem sociocultural é explicar as relações entre a ação humana, por um lado, e as situações históricas, institucionais e culturais nas quais essa ação ocorre, por outro.” (WERTSCH *et al.*, 1998). Portanto, nesse tipo de abordagem, a unidade de análise é a ação humana, na qual indivíduo e sociedade (bem como o funcionamento mental e o contexto sociocultural) estão atrelados (WERTSCH *et al.*, 1998).

Assim, adotar uma perspectiva sociocultural no ensino significa visualizar ciência, pesquisa em ciência ou a educação em ciências como atividades sociais humanas realizadas dentro de determinados contextos sociais, políticos, econômicos e institucionais, levando em consideração as complexas relações entre esses contextos (LEMKE, 2001). Um exemplo de visão de ciência em uma perspectiva sociocultural pode ser a de Thomas Kuhn, onde o julgamento e a escolha de teorias são feitos por membros da comunidade científica, envolvendo acima de tudo acordos e negociações, como em qualquer outra instituição social.

Quanto à aprendizagem, seus pressupostos vão além daqueles defendidos pelas teorias cognitivistas. Embora não negue a existência de estruturas mentais envolvidas no processo de aprendizagem, a perspectiva sociocultural considera que

⁶ A terminologia utilizada para designar esta abordagem é variada. Segundo Wertsch *et al.* (1998), Vygotsky e seus seguidores geralmente falavam em abordagem “histórico-social” e “histórico-cultural”. De acordo com Ribas e Moura (2006), há autores que designam a abordagem por “sociocultural” e outros, ainda, que para dar a devida ênfase à transformação histórica trazida por Vygotsky, a chamam de “sócio-histórico-cultural”. Neste trabalho, seguindo Wertsch *et al.* (1998), será adotada a terminologia “sociocultural”. Tais autores não negam a importância histórica presente na teoria, mas acreditam que o termo adotado é mais adequado por se tratar de como a perspectiva de Vygotsky tem sido apropriada em debates contemporâneos das ciências humanas.

é muito mais importante entender o contexto em que esta ocorre, a história de vida do sujeito em questão (sua origem, comunidade da qual faz parte, etc.) e as relações entre eles, já que segundo essa perspectiva, o sujeito não é visto como um ser à parte do mundo que o cerca, mas como um ser social, isto é, um ser constituído principalmente a partir das suas relações com os outros. Levar em consideração estes aspectos, que transcendem a cognição, acaba sendo de grande valia, pois apenas os fatores biológicos não são capazes de explicar a maioria dos eventos que ocorrem em ambientes nos quais se deseja que a aprendizagem se construa.

A teoria de Vygotsky coloca o papel dos aspectos socioculturais na formação do ser humano em uma posição hierarquicamente distinta do papel dos aspectos biológicos. As chamadas *funções mentais superiores* têm origem nas relações sociais, enquanto que mecanismos mais elementares têm sua origem nos aspectos biológicos (daí o termo *superiores*⁷). Desta forma, o autor pode ser considerado um dos principais representantes da perspectiva sociocultural e neste trabalho será um dos aportes teóricos.

Outro aporte teórico que será utilizado neste trabalho, também enquadrado em uma perspectiva sociocultural, é a filosofia da linguagem proposta por Bakhtin. Embora Vygotsky e Bakhtin nunca tenham tido contato, suas ideias apresentam muitos pontos de encontro, contudo, como será visto na seção 3.2, as ideias de Bakhtin vão além das de Vygotsky, propondo uma abordagem mais abrangente para o funcionamento mental no qual a natureza dialógica da linguagem desempenha um papel nuclear.

Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar os aportes que, enquadrados na perspectiva sociocultural, fundamentam o trabalho: a teoria vygotkyana e a filosofia da linguagem do círculo de Bakhtin.

3.1. A teoria da mediação de Vygotsky

O psicólogo russo Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), deixou à humanidade uma vasta, complexa e preciosa produção acadêmica que, mesmo sofrendo inúmeros empecilhos à sua publicação e divulgação, disseminou-se pelo

⁷ Essa terminologia será melhor explicada mais adiante.

mundo e passou a ser utilizada como referência em diversas áreas, como a Psicologia, Educação e o ensino de Ciências.

O objetivo central de sua teoria consiste em caracterizar os processos tipicamente humanos do comportamento (processos psicológicos superiores) e elaborar hipóteses de como essas características se formam ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida de um indivíduo (VYGOTSKY, 1988).

Segundo um dos maiores estudiosos da teoria vygotskyana, James Wertsch, ela está estruturada em três grandes pilares interconectados, são eles (WERTSCH, 1995):

- 1) a crença no método genético ou evolutivo;
- 2) a tese de que os processos psicológicos superiores têm suas origens em processos sociais;
- 3) a tese de que os processos mentais superiores podem ser entendidos somente por meio do estudo dos instrumentos e signos que atuam como mediadores desses processos.

Dessa forma, ao longo desta seção, pretende-se apresentar brevemente esses três pilares fundamentais, sem necessariamente seguir a ordem proposta por Wertsch. Inicialmente será feita uma contextualização da necessidade de se propor um método, seguida da apresentação do método genético-experimental e dos conceitos de mediação e internalização. Por fim, apresenta-se uma importante implicação educacional da teoria vygotskyana: a zona de desenvolvimento proximal.

3.1.1. Crise na psicologia: a necessidade de um método

Muitos pesquisadores, entre eles Vygotsky, apontavam que a psicologia na década de 1920 estava passando por um período de crise. As análises e respectivas conclusões elaboradas sobre essa crise foram diferentes para cada pesquisador que as estudou. Para Vygotsky, o problema consistia em falta de unidade e coerência nas construções teóricas oriundas das pesquisas em psicologia. A psicologia, tal como se apresentava, parecia uma mistura desarticulada de todas essas construções teóricas (VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

Essas divergências podem ser agrupadas em duas fortes orientações dicotômicas da psicologia no início do século XX: uma naturalista e outra idealista. Por

um lado tratava-se de explicar os processos psicológicos como processos naturais, incorporando métodos das ciências naturais para estudá-los; de outro, havia a tentativa de descrever tais processos de maneira subjetiva, por considerá-los unicamente mentais, isto é, manifestações do espírito e da consciência, logo inacessíveis (RIVIÈRE, 1985).

A primeira orientação, da psicologia como ciência natural, encontra fundamentação epistemológica no empirismo e se detinha em quantificar fenômenos observáveis, limitando-se apenas ao estudo dos *processos elementares*⁸, ignorando *processos psicológicos superiores*⁹. Já a segunda, da psicologia como ciência mental, não ignorava as funções complexas, porém não conseguia ir além da mera descrição subjetiva dos fenômenos, sendo incapaz de produzir descrições desses complexos fenômenos.

Vygotsky acreditava ser necessário propor algo novo para superar essa crise: uma terceira via que não fosse a do objetivismo reducionista nem a do subjetivismo descritivo. Ao propor uma nova abordagem ele defendia a necessidade de uma metodologia, isto é, de um conjunto geral de pressupostos sobre os quais se constituíssem métodos de pesquisa aceitáveis e uma definição do objeto de estudo da psicologia (VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

Para conceber essa proposta Vygotsky buscou fundamentação nos pressupostos do materialismo histórico e dialético, conforme apontam Cole e Scribner (1998):

Vygotsky viu nos métodos e princípios do materialismo dialético a solução dos paradoxos científicos fundamentais com que se defrontavam seus contemporâneos. Um ponto central desse método é que todos os fenômenos sejam estudados como processos em movimento e em mudança (COLE; SCRIBNER, 1988).

O materialismo representa uma perspectiva que recusa toda separação entre matéria e espírito, defendendo que o homem se desenvolve não por si mesmo, via

⁸ Processos ou funções psicológicas elementares são aquelas de natureza biológica, sujeitas à interferência do meio externo, portanto, involuntárias. Estão presentes tanto em humanos como em animais, são exemplos desses processos: reações automáticas e reflexos incondicionados e condicionados.

⁹ Exemplos de processos ou funções psicológicas superiores seriam a atenção voluntária, o raciocínio lógico, a imaginação, o planejamento de ações. Esse tipo de função difere das elementares, pois são sempre voluntárias, conscientes, sendo características unicamente do ser humano. Além disso, a origem delas é sociocultural (surtem da relação entre os homens e também destes com o mundo por meio do trabalho) - tal fato ficará claro mais adiante.

ideias abstratas, mas a partir do concreto, ao interagir com a natureza e ao modificar os meios de produção material. Ou seja, o homem, por meio do trabalho, age sobre a natureza e produz seus materiais de consumo, transformando a natureza e ao mesmo tempo a si próprio, pois nesse processo modifica também suas necessidades.

É por meio do trabalho que o homem faz história: o resultado e as consequências de todas as mudanças e transformações geradas pelo homem para produzir os meios materiais necessários para sobreviver (trabalho) dão origem à história. Assim, pode-se dizer que o materialismo histórico “busca compreender a sociedade humana, estudando a evolução desta sociedade e de como os homens a utilizam” (PEREIRA; FRANCIOLI, 2011).

Na teoria marxista, segundo o princípio da dialética, nada é estático. A natureza, a sociedade e o homem são vistos como algo em movimento e em constante transformação, são entes que estão em processo e evoluindo. Desta forma, o materialismo dialético busca compreender as mudanças a partir da realidade em que elas acontecem.

Portanto, a fundamentação que serviu de base para Vygotsky, o materialismo histórico e dialético, é um quadro teórico-metodológico de análise do desenvolvimento humano, que leva em consideração que o homem se desenvolve à medida que age e transforma a natureza e neste processo também se modifica (PEREIRA; FRANCIOLI, 2011).

3.1.2. O método genético-experimental

Em vista da incapacidade das então principais vertentes da psicologia em abordar as funções psicológicas superiores, Vygotsky subsidiou-se no marxismo e propôs um método mais abrangente que os tradicionais.

Vygotsky acreditava (e engenhosamente demonstrou) que ao experimento cabia o importante papel de desvendar os processos que comumente estão encobertos pelo comportamento habitual. Ele escreveu que num experimento adequadamente concebido, o experimentador pode criar processos que “põem à mostra o curso real do desenvolvimento de uma determinada função”. Ele chamou esse método de “genético-experimental” (COLE; SCRIBNER, 1988).

A essência do método genético-experimental consiste no fato de que todos os fenômenos psíquicos possuem uma história caracterizada por mudanças e,

consequentemente, só podem ser abordados em seu âmago se forem estudados a partir de sua origem e evolução, isto é, se sua gênese for estudada.

A base desse método para analisar as funções psicológicas superiores é composta de três princípios:

- i) *Analisar processos e não objetos*: ao considerar que as funções psicológicas são processos que sofrem mudanças, Vygotsky defende o estudo dos processos em detrimento o dos objetos (fatos isolados), pois apenas os processos implicam em mudanças que podem ser estudadas. Assim, a tarefa da pesquisa é reconstruir cada estágio de desenvolvimento do processo até atingir os seus estágios iniciais.
- ii) *Explicação versus descrição*: para Vygotsky a descrição dos fenômenos não ultrapassa o nível das aparências, limitando-se a efeitos externos, como se fosse uma análise fotográfica. O que ele propõe é que se vá além, buscando as causas, a essência dos fenômenos, e isso só é possível pela explicação, pois apenas ela é capaz de revelar as relações dinâmico-causais subjacentes ao fenômeno.

Para ilustrar a diferença entre análise explicativa e descritiva, Vygotsky traz um exemplo simples:

Uma baleia, do ponto de vista de sua aparência externa, situa-se mais próxima dos peixes do que dos mamíferos; mas quanto à sua natureza biológica, está mais próxima de uma vaca ou de um veado do que de uma barracuda ou de um tubarão (VYGOTSKY, 1988).

Portanto, a análise descritiva diria que a baleia é um peixe, mas uma análise explicativa, que busca a essência (nesse caso biológica) não cometeria esse tipo de reducionismo, caracterizando a baleia como um mamífero. Tal raciocínio se aplica também às funções mentais.

- iii) *O problema do “comportamento fossilizado”*: os comportamentos fossilizados representam aqueles processos psicológicos que se apresentam como involuntários, por terem, ao longo do tempo, se tornado automatizados, mascarando o processo complexo que deu origem a cada um deles. Assim, esses comportamentos nada dizem sobre sua verdadeira natureza, criando grandes dificuldades para a análise psicológica. O pesquisador deve, portanto, desconsiderar o

caráter automático, mecanizado e fossilizado desses comportamentos e reconstruir o processo de gênese desses.

3.1.3. Mediação

Na concepção de Wertsch (1995) o conceito central da teoria vygotskyana é o de *mediação*, pois muitos aspectos importantes da teoria só podem ser entendidos em função deste. A mediação “permite explicar, por exemplo, os processos de internalização e objetivação, as relações entre pensamento e linguagem ou a interação entre sujeito e objeto do conhecimento” (PINO, 1991).

A mediação pode ser definida, em um sentido amplo, conforme explica Pino (1991, p. 33), “como toda a intervenção de um terceiro “elemento” que possibilita a interação entre os “termos” de uma relação”. Neste caso, alguns exemplos de mediadores poderiam ser o professor, no caso da relação entre aluno e conhecimento; um livro, para essa mesma relação; um talher, na relação entre alimento e indivíduo; e assim por diante. Porém, essa definição tão abrangente não demarca muito bem o significado de mediação empregado por Vygotsky, que possui um sentido mais restrito, como segue:

O termo mediação é utilizado para designar a função que os sistemas gerais de sinais desempenham nas relações entre os indivíduos e destes com seu meio. Mais especificamente, é utilizado para designar a função dos sistemas de signos na comunicação entre os homens e na construção de um universo sociocultural (PINO, 1991).

Ou seja, para Vygotsky a relação entre o sujeito e o mundo não é direta, mas mediada por *alguns* elementos intermediários, externos¹⁰ ao organismo, aos quais ele denominou como *instrumentos* e *signos*. Cada um destes elementos tem um papel específico no processo de mediação, porém ambos servem para auxiliar as atividades humanas, ampliando possibilidades, como se fossem “próteses” que aumentam o poder das mãos e do intelecto.

Os instrumentos são elementos interpostos entre o sujeito e o objeto, externamente orientados que provocam mudanças no meio externo, já que possibilitam ampliar as possibilidades de agir sobre o meio. Por exemplo, um serrote

¹⁰ A princípio externos. Conforme será mostrado posteriormente, ao longo do desenvolvimento do indivíduo alguns destes recursos mediadores são internalizados e passam a ser utilizados em um plano interno.

é um instrumento mais eficiente para partir ao meio uma tábua espessa do que as mãos, então, seu uso permite que o homem amplie sua capacidade de agir sobre o meio (tábua) com o intuito de modificá-lo (dividir). Vários outros exemplos poderiam ser citados, uma faca para cortar o pão, uma flecha para caçar um animal distante, entre outros, mas independente da situação, os instrumentos sempre serão de natureza concreta e atuarão como recursos que permitem ao homem modificar seu ambiente, realizar trabalho.

Quanto ao uso dos instrumentos como elemento mediador, uma característica importante que, inclusive, diferencia o uso feito pelos animais e homens é que estes últimos os desenvolvem para a realização de atividades específicas, têm a capacidade de guardá-los para serem usados posteriormente, de transmitir suas funções aos demais membros do grupo e, principalmente, de transformá-los e aperfeiçoá-los ou ainda criar novos instrumentos (OLIVEIRA, 1995).

Wertsch ;1998) usa uma metáfora do salto com vara para exemplificar o dinamismo do processo de mediação ocasionada pela transformação ou introdução de novos meios mediacionais. A vara é um instrumento que possibilita desempenhar com mais eficiência a ação de saltar a uma determinada altura, sem ela o ser humano não é capaz de atingir muito mais de dois metros. As primeiras varas utilizadas nesse esporte olímpico eram feitas de materiais rígidos, depois, a partir de 1900, foram introduzidas varas de bambu, mais leves e flexíveis que permitiam saltos mais altos. Contudo, quando a vara era de bambu, a técnica de salto era bem diferente e a altura atingida nesses saltos era bem menor do que se atinge hoje. As complexas modificações tecnológicas introduzidas no material que compõe a vara (liga de alumínio e aço e, atualmente, fibra de carbono e fibra de vidro) melhoraram muito os resultados, mas não apenas pela melhoria do instrumento. Houve um processo dialógico no qual o homem (sujeito), ao tentar melhorar seus objetivos (o objeto da ação, que era a altura do salto) levou a uma melhoria na técnica do salto. Ou seja, ao longo do tempo o avanço tecnológico que proporcionou melhorias profundas no instrumento (intervenção no meio) levou a uma profunda revisão da técnica de salto por outro lado (modificação do processo, da própria ação).

A outra categoria de elementos mediadores, os signos, apresenta características bastante distintas dos instrumentos, embora seja possível fazer uma analogia entre ambos para compreender qual sua função:

A invenção e o uso dos signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e o uso dos instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho (VYGOTSKY, 1988).

Essa passagem esclarece que os signos são espécies de instrumentos psicológicos, isto é, são recursos internamente orientados, dirigidos para o controle do indivíduo (do psiquismo humano) e não da natureza como é o caso dos instrumentos.

Assim, os signos são elementos mediadores que auxiliam no desempenho das atividades psicológicas, permitindo que o homem possa controlar voluntariamente tais atividades ampliando, dessa forma, sua capacidade de atenção, memória, lógica, pensamento, etc. Um exemplo clássico de signo, apresentado por Vygotsky, é o de atar um nó com um laço no dedo para lembrar de algo.

Então, supondo que uma pessoa precise lembrar-se de passar na farmácia após o trabalho e para não esquecer amarra um lacinho no dedo indicador. Este laço para qualquer outra pessoa que venha a ver não tem sentido nenhum, mas para a pessoa que o colocou aí vai *significar* algo, isto é, vai lembrá-la de que precisa passar na farmácia. O laço em si não representa nada, mas em um determinado momento a ele foi atribuído um significado que vai transformá-lo em um signo que ajudará lembrar de passar na farmácia.

Portanto, os signos são elementos (sejam eles concretos ou não) que representam algo, isto é, carregam consigo um significado que representa uma determinada realidade. Outra propriedade dos signos é o fato de eles serem compartilhados pelos sujeitos, por exemplo, no trânsito, a luz vermelha da sinaleira é um signo que sinaliza que se deve parar, sempre que um indivíduo enxergar a cor vermelha ele vai associar ao ato de parar. Seja um pedestre ao olhar para o semáforo no momento de atravessar uma faixa de segurança ou um condutor ao se aproximar da mesma. Ambos sujeitos compartilham essa significação se vivem em uma comunidade em que essa cultura tenha sido estabelecida. Vários outros exemplos de signos poderiam ser citados aqui: os desenhos das placas que indicam banheiros masculino e feminino, os desenhos feitos no chão de estacionamentos para designar vagas para deficientes, as placas de trânsito, e assim por diante.

Mas um signo que ainda não foi citado e representa o sistema simbólico fundamental para os seres humanos é a *linguagem*: um signo que serve para mediar algo (objetos, ações, qualidades, etc.) e a compreensão desse algo, isto é, serve para negociar significados. É por meio dela que o homem constrói e compartilha outros signos e se apropria da cultura na qual está inserido, ou seja, uma das funções da linguagem é o intercâmbio social. Além disso, a linguagem torna-se um instrumento do pensamento, permitindo organizar, analisar, abstrair e generalizar objetos, eventos e situações, conforme exemplifica Oliveira (1995):

Ao chamar determinado objeto de cachorro estou, então, classificando esse objeto na categoria “cachorro” e, portanto, agrupando-o com outros elementos da mesma categoria e ao mesmo tempo, diferenciando-o de elementos de outras categorias. Um cachorro particular é parte de um conjunto abstrato de objetos que são todos membros da mesma categoria e distingue-se dos membros das categorias “mesa”, “girafa”, “caminhão”, etc. (OLIVEIRA, 1995).

Pode-se dizer, então, que o processo de mediação é o que origina e desenvolve os processos psicológicos superiores, a partir do meio externo, da relação com os objetos e as pessoas.

3.1.4. Internalização

Conforme vem sendo apresentado, o surgimento das funções psicológicas superiores não reside em fatores biológicos, estando relacionado intimamente ao processo de mediação, que é resultado de relações sociais. Assim, nessa perspectiva, as funções psicológicas superiores são uma transposição da atividade externa para o plano individual, ou seja, a chave para o funcionamento interno reside nos processos sociais mediados, o que permite dizer que as funções psicológicas superiores são anteriormente externas, isto é, têm origem social.

O conceito de *internalização* ajuda a compreender como se dá essa origem social das funções psicológicas superiores. Vygotsky o define como a reconstrução interna de operações que antes ocorriam externamente. Não significa dizer que a internalização é uma transferência direta ou cópia de processos exteriores, mas uma transformação dos fenômenos sociais em processos psicológicos.

Tal processo não é simples, é demorado e requer uma série de transformações, que ocorrem inicialmente no nível social (interpsicológico) e depois no nível individual (intrapsicológico). Portanto, o desenvolvimento das funções psicológicas superiores é

compreendido como “movimento de fora para dentro, envolvendo desde a dominação inicial de processos naturais, passando pela mediação externa de outras pessoas para chegar à internalização dessa mediação” (ISAIA, 1998).

O processo de evolução da fala exterior para a fala egocêntrica e desta para a fala interiorizada pode ser tomada como um exemplo que especifica o movimento da internalização, como propõe Góes (1991):

No desenvolvimento inicial, a fala do outro dirige a atenção e a ação da criança; aos poucos, a criança também usa a fala para afetar a ação do outro. A partir dessa fala multifuncional vem delinear-se uma diferenciação: ao mesmo tempo que a criança compreende e usa melhor a fala na regulação de/pelo outro, ela começa a falar *para si*. Surge a chamada fala egocêntrica, que abrange uma variedade de referências à situação presente e à ação em ocorrência. Tais referências passam, aos poucos, a corresponder a uma forma de descrição e análise da situação. Depois servem para organizar e guiar a ação; assumem uma função auto-reguladora (GÓES, 1991).

Assim sendo, em consequência desse conceito, deve-se entender o indivíduo como um ser social individualizado, pois conforme foi possível perceber no exemplo, o desenvolvimento das funções superiores consiste mais na individualização de um ser social do que em sua progressiva socialização (ISAIA, 1998).

Além disso, o processo de internalização também ocorre com o uso de signos externos:

O uso de signos externos é também reconstruído radicalmente. As mudanças nas operações com signos durante o desenvolvimento são semelhantes àquelas que ocorrem na linguagem. Aspectos tanto da fala externa ou comunicativa como da fala egocêntrica “interiorizam-se”, tornando-se a base da fala interior (VYGOTSKY, 1988).

Vygotsky estudou as operações com signos fazendo experimentos com crianças, adolescentes e adultos. Nesses estudos, verificou que no decorrer do desenvolvimento o uso de signos externos deixava de ser necessário, pois estes eram interiorizados, passando a existir em um plano interno, totalmente simbólico. Segundo Oliveira (1995), isso permite ao homem fazer representações mentais do mundo e, portanto, substituir o real, o que caracteriza o principal tipo de mediadores a serem considerados na relação do homem com o mundo.

3.1.5. A zona de desenvolvimento proximal

Uma das grandes preocupações de Vygotsky foi a relação entre o aprendizado e o desenvolvimento humano. As três principais abordagens dessa relação na época

não o agradavam e sua crítica às mesmas o conduziu à elaboração do conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)*.

Vygotsky identifica dois níveis de desenvolvimento:

- i) o *nível de desenvolvimento real*, referente aos problemas que o indivíduo é capaz de resolver sozinho. Este nível caracteriza o desenvolvimento de forma retrospectiva, ou seja, caracteriza os ciclos de desenvolvimento já completados, os processos psicológicos desenvolvidos até então;
- ii) o *nível de desenvolvimento potencial*, que representa aquilo que o indivíduo consegue fazer com o auxílio de um parceiro mais capaz.

A distância entre esses dois níveis de desenvolvimento é o que Vygotsky chamou de zona de desenvolvimento proximal que, segundo ele:

define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas estão em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento ao invés de frutos do desenvolvimento (VYGOTSKY, 1988).

Para Rivière (1985), a ZDP sintetiza a ideia de desenvolvimento na perspectiva vygotskyana como apropriação e internalização de instrumentos proporcionados por agentes culturais de interação. Fato também apontado por Wertsch (1995), ao indicar que a ZDP é uma região dinâmica que permite a transição do funcionamento interpsicológico para o intrapsicológico.

Portanto, esse conceito enfatiza a importância da interação entre os indivíduos para o desenvolvimento e mais ainda, se pensarmos em termos educacionais, da interação entre professor (visto como parceiro mais capaz) e aluno no processo de ensino-aprendizagem. Assim sendo, a ZDP tem papel essencial na construção do conhecimento, partindo do pressuposto que o professor precisa interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos para promover avanços que dificilmente ocorreriam espontaneamente. Para tanto, o professor necessita conhecer o nível de desenvolvimento real do aluno e conduzir o ensino para etapas que estão em processo de desenvolvimento, ou seja, o ensino deve se adiantar ao desenvolvimento!

3.2. A filosofia da linguagem de Bakhtin

Embora Vygotsky e Bakhtin tenham buscado objetivos diferentes em suas teorias, há diversos pontos de aproximação entre as ideias propostas, relacionados

principalmente ao método dialético e à visão de ciências humanas. Na questão da linguagem, Bakhtin apresenta um enfoque mais amplo, justamente por tratar de questões como luta de classes, ideologia, relações de infra-superestrutura e instituições sociais, temas pouco discutidos por Vygotsky, que limitou-se a um contexto mais restrito, de relações imediatas entre indivíduos (FREITAS, 2005).

Segundo Wertsch (1993):

Elas [as ideias de Vygotsky] sugerem, em suma, que a fim de formular uma abordagem sociocultural mais abrangente para o funcionamento mental é necessário identificar formas historicamente, culturalmente e institucionalmente situadas de ação mediada e especificar como seu domínio leva a formas particulares dessa ação mediada no plano intramental. Isso equivale a estender as ideias de Vygotsky para trazer o contexto sociocultural da ação mediada no plano intermental à tona. É a contextualização sociocultural da ação mediada que fornece a ligação essencial entre o contexto cultural, histórico e institucional de um lado e do funcionamento mental do indivíduo de outro, e é nessa conexão que as ideias de Bakhtin são relevantes (WERTSCH, 1993, tradução nossa).

Desta forma, pode-se dizer que a teoria bakhtiniana avança em relação às ideias de Vygotsky, permitindo conectar o plano intramental (e, portanto, mais individual) e o contexto sociocultural, de modo a fornecer subsídios para entender a complexa relação existente entre o desenvolvimento do indivíduo, quanto à apropriação das ferramentas mediadoras, e esse contexto mais amplo. Nesse intento, a linguagem é a ferramenta mediadora que desempenha o papel central.

A filosofia da linguagem proposta por Bakhtin e seu círculo¹¹ a partir da década de 20 do século passado se originou a partir de críticas a duas importantes correntes da linguística na época: o objetivismo abstrato e o subjetivismo individualista.

A primeira corrente, representada principalmente por Saussure, trata a língua como um sistema de formas linguísticas abstratas e estáveis (fonologia, fonética, semântica, sintaxe, morfologia), cuja função é garantir sua unicidade. Por ser regida apenas por essas leis normativas ela apresenta-se como um sistema fechado que independe de valores ideológicos, ou seja, está desvinculada do plano social, é neutra.

¹¹ O círculo de Bakhtin é o termo usado para se referir ao grupo de intelectuais (Bakhtin, Voloshinov, Medvedev, entre outros) que se reunia periodicamente no período compreendido entre 1919 e 1929 para discutir filosofia e linguagem. Essa denominação foi atribuída por estudiosos em função das polêmicas sobre a autoria de algumas obras. Em função disso, nesse trabalho será adotada tal nomenclatura, não havendo preocupação em diferenciar os autores de cada obra e, portanto, considerando as ideias partilhadas pelo conjunto.

Já o subjetivismo individualista considera que a língua se materializa em atos de fala puramente individuais, considerando-a um processo criativo constante de construção, de maneira análoga às criações artísticas.

Percebe-se aqui duas posições com fundamentos contrários, ambas rejeitadas por Bakhtin, pois enquanto uma não se debruça sobre os atos de fala, considerando que a consciência do falante é orientada pelo sistema da língua (objetivismo), a outra só considera os atos de fala como individuais, portanto isolados (subjetivismo).

Essas críticas surgem pois na concepção do autor “a língua vive e evolui historicamente na comunicação verbal concreta, não no sistema linguístico abstrato das formas da língua nem no psiquismo individual dos falantes” (BAKHTIN, 1995). Por isso, o ponto de partida na construção de sua filosofia é assumir a linguagem como um fenômeno social da interação verbal, isto é, como uma *atividade humana*. Quando Bakhtin fala em interação verbal ele não está se limitando apenas ao diálogo face a face (embora essa seja uma das formas mais importantes de interação verbal), mas todos os fatores que envolvem a comunicação verbal: gestos, posicionamentos valorativos, emoções, etc., ou seja, a interação verbal é vista como um conjunto de práticas socioculturais. Para melhor explicar o pensamento bakhtiniano, alguns conceitos importantes de sua teoria serão destacados a seguir.

3.2.1. Enunciado

A partir da interação verbal surgem os *enunciados*, que Bakhtin vai considerar como unidades reais da comunicação verbal, ou seja, unidades que garantem a existência do discurso.

[...] a utilização da língua efetua-se em forma de enunciados (orais e escritos), concretos e únicos, proferidos pelos integrantes desse ou daquele campo da atividade humana. Esses enunciados refletem as condições específicas e as finalidades de cada referido campo (BAKHTIN, 2003).

Desta forma, para Bakhtin, “a enunciação está indissolavelmente ligada às condições de comunicação, que, por sua vez, estão sempre ligadas às estruturas sociais” (BRAIT, 2005). Assim sendo, os enunciados emergem do interior das áreas da atividade humana, refletindo as finalidades e especificidades destas.

Portanto, os enunciados são analisados sempre em função do contexto em que estão inseridos, o que não acontece com as palavras e orações (unidades convencionais da comunicação), que são abstraídas do contexto. Isso indica que para

a construção de uma metodologia de análise fundamentada nesta filosofia, se adotem no presente trabalho como unidade de análise não palavras ou orações escritas/proferidas pelos licenciandos investigados, mas os enunciados destes.

Alguns aspectos que diferenciam o enunciado das unidades convencionais da comunicação (palavras ou orações) são (BAKHTIN, 2003):

- i) a *alternância* dos sujeitos falantes, que demarca os limites do enunciado;
- ii) a *conclusibilidade*, que abarca três critérios: (a) exauribilidade: quando o sujeito disse tudo o que tinha para dizer; (b) vontade: quando o sujeito disse tudo o que queria dizer; (c) acabamento: a maneira de acabar;
- iii) a relação do enunciado com o autor e com os demais parceiros da comunicação.

Aqui, novamente, podem ser encontrados subsídios para a esquematização de uma metodologia de análise: como delimitar os enunciados da pesquisa? Quando forem feitas análises de projetos, por exemplo, o projeto todo pode representar um enunciado, pois apenas ao fim do projeto o autor conclui o que pretendia falar ou, em uma aula, quando um sujeito termina de falar e outro inicia sua fala (*alternância*) estabelecendo-se a delimitação do enunciado.

Quanto à terceira peculiaridade do enunciado, há pontos interessantes a serem explorados. Um enunciado não representa um conjunto de palavras simplesmente soltas, ele sempre é expresso a alguém, a um *destinatário*. Este, por sua vez, ao ouvir o enunciado e tentar compreendê-lo assume uma postura *responsiva*, tornando-se também um falante (mesmo que não exerça a fala explicitamente). Esta ação de caráter responsivo inicia-se desde o começo do processo de compreensão, na qual para cada palavra do locutor o ouvinte opõe uma *contrapalavra* própria, que é o que caracteriza a compreensão. O conjunto de todas essas contrapalavras que são utilizadas para opor às palavras do locutor forma a *réplica* que dará continuidade ao diálogo instaurado pela interação dos enunciados. Esse aspecto da teoria bakhtiniana é um elemento muito importante quando se deseja investigar sobre aprendizado de conceitos, por exemplo.

Na verdade essas relações entre os indivíduos e seus enunciados apresentadas no parágrafo anterior representam uma condição geral da linguagem: o

*dialogismo*¹². Este conceito é fundamental na obra de Bakhtin e, de maneira simplificada, quer dizer que o indivíduo se constitui a partir de relações que o ligam a outro, isto é, que suas ações são construídas por meio de interações com as ações dos outros.

Retornando às características dos enunciados, outros elementos, esses comuns também às unidades convencionais da comunicação, são: *conteúdo temático*, *estilo* e *construção composicional*. Embora sejam tratados de maneira separada, esses três elementos estão diretamente relacionados entre si, conforme aponta Bakhtin:

Todos esses três elementos – o conteúdo temático, o estilo, a construção composicional – estão indissolivelmente ligados no todo do enunciado e são igualmente determinados pela especificidade de um determinado campo da comunicação (BAKHTIN, 2003).

O conteúdo temático é simplesmente sobre o que fala o enunciado, ou seja, qual é o tema central dele. O estilo representa os recursos utilizados pelo autor no enunciado, por exemplo, se este usa jargões, voz passiva, vocativo, escreve/fala em primeira pessoa, etc¹³. Por último, a construção composicional, faz referência à organização do enunciado, se o enunciado organiza-se com uma introdução, um desenvolvimento e uma conclusão, se expõe uma ideia e depois justifica ou o contrário, antes justifica uma ideia que expressa na sequência, etc.

Esses três elementos do enunciado, de maneira imbricada, poderiam integrar a proposta metodológica ajudando a inferir, de forma preliminar, o que o autor do enunciado está querendo dizer aos seus interlocutores, a quem se dirige e que aspectos moldam seu discurso. Por exemplo, no caso de um enunciado proferido em resposta a uma pergunta sobre pressupostos CTS, tais elementos podem auxiliar a desvelar alguns aspectos da compreensão dos pressupostos questionados que estão presentes direta ou indiretamente no enunciado do licenciando investigado e podem ainda ajudar a entender certos posicionamentos e contradições que podem aparecer nos seus discursos.

¹² Este conceito será melhor explicado mais adiante no texto.

¹³ O uso desses recursos não é uma escolha neutra ou aleatória do falante. Pelo contrário, revela uma intencionalidade e seu uso requer que haja um domínio do que Bakhtin chama de *gêneros discursivos*, o que será explicado mais adiante.

3.2.2. Dialogismo

Ao mesmo tempo em que representa um dos conceitos mais importantes para compreender as ideias de Bakhtin, revela-se como um dos mais complexos de ser compreendido.

O dialogismo é um conceito articulador das ideias bakhtinianas, pois fundamenta suas concepções de linguagem, de mundo e de vida. Embora seja utilizado com diferentes acepções, o dialogismo como visão de mundo, como um princípio geral, trata da correlação entre o *eu* e o *outro*, quer dizer, segundo essa visão o ser humano só pode ser pensado a partir das relações que o ligam ao outro, sendo o outro imprescindível para a constituição do eu, ou seja, a linguagem, as palavras, os signos e todas as ações humanas são definidas pela alteridade e são, portanto, dialógicas, conforme as palavras de Bakhtin:

A vida conhece dois centros de valores que são fundamentalmente e essencialmente diferentes, e ainda assim correlacionados um com o outro: eu mesmo e o outro; e é em torno desses centros que todos os momentos concretos do Ser são distribuídos e dispostos (BAKHTIN *apud* FARACO, 2009, p. 21).

Desta forma, quando Bakhtin concebe a língua como um fenômeno social da interação verbal, está indicando que ela não pode ser concebida apenas no nível individual. Segundo Bakhtin, a língua deve ser constituída pelo diálogo instituído pelas enunciações de pelo menos dois indivíduos. Esses enunciados formarão uma cadeia, mantendo relações de sentido uns com os outros e com enunciações anteriores, oriundas de outros diálogos, ou seja, relações entre o eu e o(s) outro(s). Essa é uma marca do dialogismo na linguagem. Assim, o dialogismo pode ser definido em dois sentidos, como aponta Brait (2005):

Por um lado, o dialogismo diz respeito ao permanente diálogo, nem sempre simétrico e harmonioso, existente entre os diferentes discursos que configuram uma comunidade, uma cultura, uma sociedade. É nesse sentido que podemos interpretar o dialogismo como elemento que instaura a constitutiva natureza interdiscursiva da linguagem.

Por outro lado, o dialogismo diz respeito às relações que se estabelecem entre o eu e o outro nos processos discursivos instaurados historicamente pelos sujeitos, que por sua vez instauram-se e são instaurados por esses discursos (BRAIT, 2005).

O primeiro sentido atribuído diz respeito ao diálogo entre discursos (enunciados), às relações interdiscursivas, apontando que todo o discurso mantém

relações com outros discursos se entrelaçando, complementando, respondendo, enfim, mantendo uma relação tensa, de choque, de contradições. É nesse ponto que o dialogismo instaura-se como um princípio constitutivo da linguagem e que torna a língua ideologicamente não neutra.

Já o segundo sentido refere-se ao diálogo entre interlocutores, o que significa dizer que o discurso não é individual, ocorre entre pelo menos dois interlocutores, entendidos como seres sociais. Desta forma, todo enunciado é uma resposta ao já dito (dá conta da presença do outro) e será orientado para a resposta (suscita respostas futuras, no outro).

A dialogicidade dos enunciados e, em especial, a alteridade, apoiadas no contexto extraverbal¹⁴, podem ajudar a compreender o que é veiculado implícita ou explicitamente nos enunciados, a quem se destinam e as influências do destinatário sobre os mesmos. Ou seja, a análise criteriosa desses enunciados, segundo os preceitos da teoria bakhtiniana, pode trazer à tona aspectos do enunciado atrelados ao(s) outro(s), constituídos a partir da interação entre os mesmos (nem sempre direta ou síncrona). A seguir, serão explicados os conceitos de gêneros discursivos e vozes, importantes para entender como essas interações entre sujeitos podem moldar discursos, mesmo sem que haja uma interação verbal direta (uma conversa frente a frente, por exemplo) entre eles.

3.2.3. Gêneros discursivos e vozes

O percurso feito por Bakhtin é, basicamente, este: a ação humana está, diretamente, ligada à utilização da língua. Como essa ação emana de determinadas esferas da atividade humana, a utilização da língua, conseqüentemente, reflete as condições e finalidades de cada uma. Esse reflexo é perceptível no conteúdo temático, no estilo e na construção composicional do enunciado. A fusão desses três elementos no enunciado em uma dada esfera determina tipos relativamente estáveis de enunciados, ou seja, os gêneros do discurso (FLORES, 1998).

¹⁴ O contexto extraverbal representa o entorno sócio-histórico-cultural envolvido na interação verbal entre sujeitos. Esses elementos que constituem o contexto da comunicação são indispensáveis para compreendê-la, pois definem: aquilo que ambos interlocutores veem, no que diz respeito tanto ao espaço físico quanto às circunstâncias socioculturais; aquilo que eles conhecem e compreendem, de maneira comum, sobre a situação compartilhada; e aquilo que avaliam em conjunto sobre essa situação de comunicação. Desta forma, os enunciados só adquirem sentido quando analisados em conjunto com a parte presumida (contexto extraverbal), que faz parte do enunciado, porém não de forma verbal.

Assim, dentro das esferas da atividade humana geram-se tipos relativamente estáveis¹⁵ de enunciados, denominados *gêneros do discurso*. Segundo Faraco (2009), eles são uma unidade de classificação que serve para reunir entes diferentes com bases em traços comuns, assim, para cada esfera da atividade, vai existir um gênero do discurso específico que não deve ser abstraído da relativa esfera de criação e utilização.

Mesmo o gênero sendo relativo a cada esfera da atividade, pode se dizer que o ser humano fala e escreve em gêneros, isto é, por ser pluriativo, ele é capaz de transitar entre diferentes gêneros e utilizá-los conforme a necessidade (FARACO, 2009).

Bakhtin classifica os gêneros de dois tipos: (a) os primários: que são simples e do cotidiano, como as conversas familiares, por exemplo; (b) os secundários: que são complexos, utilizados nas atividades científicas, artísticas, filosóficas.

É importante destacar que para Bakhtin eles não são dicotômicos, mas interdependentes, podendo, inclusive, em algumas atividades humanas, ocorrer a passagem de um gênero para outro (FARACO, 2009). Faraco (*op. cit.*), traz um exemplo para ilustrar essa situação:

Lembremos, por exemplo, de uma conferência no contexto da educação acadêmica. Trata-se de um gênero secundário bastante elaborado no decorrer da história das atividades acadêmicas, que tem certas formas relativamente estáveis de acontecer, mas que se mescla, durante sua ocorrência, com gêneros primários de vários tipos, como, por exemplo, quando o expositor conta uma piada ou faz uma réplica a uma observação espontânea de um ouvinte, e assim por diante (FARACO, 2009).

A linguagem, além de ser vista como atividade e composta por diversos gêneros é, segundo Bakhtin, atravessada por diversas vozes. Para ele, um enunciado só pode ser produzido por meio de uma voz, que não é apenas uma emissão sonora, mas uma espécie de “marca” que expressa as visões de mundo de um determinado sujeito, que expressam um posicionamento valorativo deste.

Além disso, a voz jamais se apresenta de maneira neutra e isolada de outras vozes, pois conforme foi dito anteriormente, o dialogismo é um princípio constitutivo da linguagem. O mesmo pode ser dito, portanto, sobre os enunciados, já que estes

¹⁵ Ao dizer que são relativamente estáveis, está chamando a atenção para o fato de não serem definidos para sempre, ou seja, quer dizer que sofrem contínuas transformações ao longo do tempo (historicidade) e também está salientando que suas características e fronteiras são imprecisas (FARACO, 2009).

são permeados por inúmeras vozes que “vão se apoiar mutuamente, se interiluminar, se contrapor parcial e totalmente, se diluir em outras, se parodiar, se arremedar, se polemizar velada ou explicitamente e assim por diante” (FARACO, 2009).

A busca pelas vozes dos sujeitos de pesquisa é um elemento relevante a ser integrado à proposta metodológica de análise, já que por meio deste é possível evidenciar os pontos de vista sobre determinado tema abordado no discurso (como por exemplo, o ponto de vista sobre a neutralidade da ciência, sobre modelos de ensino CTS, sobre o papel do professor nesta modalidade, etc.).

Além disso, a identificação das diferentes vozes (a do próprio autor do enunciado, do professor, dos colegas, dos artigos...) que compõem as enunciações de cada indivíduo possibilita compreender como se dá a construção do conhecimento externalizado no enunciado, na medida em que forem identificadas quais vozes foram incorporadas ao discurso e como elas são utilizadas para responder e contrapor outras vozes. A partir disso, pode-se vislumbrar possíveis relações entre as falas dos sujeitos de pesquisa e o contexto institucional, por exemplo.

Já os gêneros discursivos, por estarem diretamente relacionados a situações sociais de interação, ajudam a buscar elementos dessas situações nos enunciados, possibilitando averiguar mudanças e transformações nas mesmas.

4. FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A DISCIPLINA DE METODOLOGIA DO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo serão tecidas algumas reflexões sobre a formação de professores de ciências a partir de apontamentos da literatura da área. Estas reflexões servirão de subsídios para a estruturação da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física”, na qual a presente pesquisa foi desenvolvida. O trabalho está inserido neste contexto de atuação pois a perspectiva CTS, inexistente no curso de Licenciatura em Física da UFRGS, foi abordada dentro desta disciplina conforme será explicado e justificado neste capítulo. Assim, depois de propor algumas reflexões sobre a formação de professores que se mostram importantes dentro da proposta do trabalho, serão discutidas algumas relações entre o professor e sua formação no enfoque CTS. Depois, com base nessas considerações, será apresentada a estrutura da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” bem como a descrição de sua implementação ao longo de um semestre, de forma a caracterizar o contexto extra-verbal que envolve esta pesquisa.

4.1. Formação de professores de ciências

A formação docente é uma das grandes linhas de pesquisa da área de ensino de Ciências que, segundo Carvalho (2001), é discutida pela sociedade educacional desde a década de 70.

Estudos têm apontado um significativo aumento da produção nesta área nos últimos anos (JESUS *et al.*, 2011; SLONGO *et al.*, 2010). Mas, apesar disso, também destacam que as pesquisas desenvolvidas têm sofrido muitas modificações quantitativas e qualitativas, de forma que houve uma ampliação do espectro de questões investigadas, bem como os modos de produzi-las, incorrendo em problemas metodológicos e de referencial teórico.

Assim, como afirmam Jesus *et al.* (2011) apoiados em Zeichner (2009), é importante alertar que muitas pesquisas trazem como tema fundamental a formação de professores, mas nem todos esses estudos são sobre formação, pois não fazem um aprofundamento teórico coerente e desenvolvem outros temas de interesse, apresentando metodologias desarticuladas da proposta apresentada.

Em um trabalho do tipo estado da arte, Jesus *et al.* (2011), a partir das categorias propostas por Iria Brzezinski¹⁶, destacam que nos principais periódicos nacionais da área de ensino de ciências prevalecem estudos sobre formação inicial de professores. Slongo *et al.* (2010), em análise de trabalhos publicados nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), entre 1997 e 2005, chegaram a mesma constatação, sendo que os trabalhos sobre formação inicial foram os mais desenvolvidos juntamente com os de formação continuada.

Apesar disso, Schnetzler (2000), baseada em sua experiência como formadora de professores e pesquisadora em ensino de ciências, destaca que nos últimos 30 anos prevalecem pesquisas cujos temas são problemas da formação de professores, geralmente constatando a ocorrência de uma má formação dos mesmos. Paralelamente, salienta que esta mesma literatura tem apontado diversas contribuições para melhorar tal formação. Apesar disso, a autora percebe que “os anos passam, mas tanto problemas quanto sugestões se repetem, de forma tal que parece que muito pouca coisa de fato muda” (SCHNETZLER, 2000).

De fato, Maldaner (2000) aponta que há um consenso de que os cursos de formação de professores da área científica não conseguem atender às necessidades de nenhum nível de ensino, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos e em outros estados ibero-americanos.

A literatura aponta que há problemas estruturais relacionados, principalmente, aos obsoletos modelos tradicionais de formação, conforme indicam Delizoicov *et al.* (2002):

Os desafios do mundo contemporâneo, particularmente os relativos às transformações pelas quais a educação escolar necessita passar, incidem diretamente sobre os cursos de formação inicial e continuada, cujos saberes e práticas tradicionalmente estabelecidos e disseminados dão sinais inequívocos de esgotamento (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

O fato é que as licenciaturas apresentam um modelo formativo de professores muito próximo ao de quando foram criadas (PEREIRA, 1999; SCHNETZLER, 2000). Segundo Saviani (2009), a organização e implementação dos cursos de licenciatura

¹⁶ No artigo intitulado “Pesquisa sobre formação de profissionais da educação no GT 8/Anped: travessia histórica”, Iria Brzezinski considerou algumas categorias para mapear a produção na área de formação de professores. São elas: concepções de docência e de formação de professores, políticas e propostas de profissionais da educação, formação inicial, formação continuada, trabalho docente, identidade e profissionalização docente, revisão de literatura.

se deram na década de 30, sendo estruturados a partir de um modelo conhecido como “esquema 3+1”.

O curso de formação, neste esquema compreende, nos primeiros três anos, o estudo de disciplinas específicas, os conteúdos “culturais-cognitivos”, como chama Saviani, e, ao final, no último ano de formação, na forma de apêndice e com menos importância, os aspectos pedagógico-didáticos. Este modelo de formação coloca a docência em segundo plano, minimizando a importância da mesma, já que é marcado por uma estrutura muito mais próxima a um curso de bacharelado do que a um curso de licenciatura, constituindo uma luta entre dois modelos:

De um lado está o modelo para o qual a formação de professores propriamente dita se esgota na cultura geral e no domínio específico dos conteúdos da área de conhecimento correspondente à disciplina que o professor irá lecionar. Considera-se que a formação pedagógico-didática virá em decorrência do domínio de conteúdos, do conhecimento logicamente organizado, sendo adquirida na própria prática docente ou mediante mecanismos do tipo “treinamento em serviço”. [...] A esse modelo se contrapõe aquele segundo o qual a formação de professores só se completa com o efetivo preparo pedagógico-didático (SAVIANI, 2009).

Desta forma, em decorrência da tensão entre estes dois modelos, Saviani aponta um dos dilemas que atravessam a questão da formação docente: a dissociação entre forma e conteúdo.

Em decorrência, constata-se que as faculdades tendem a reunir os especialistas das formas abstraídas de conteúdos, enquanto os institutos e faculdades correspondentes às disciplinas que compõem os currículos escolares reúnem os especialistas nos conteúdos abstraídos das formas que os vinculam (SAVIANI, 2009).

Existe, portanto, uma estrutura formativa fragmentada e desarticulada; por um lado aprende-se o “conteúdo” com aqueles que não dominam a “forma”, por outro, aprende-se a “forma” com aqueles que não dominam o “conteúdo”, portanto, uma “forma” demasiada abstrata e totalmente descontextualizada do “conteúdo”.

E assim apresentam-se muitos cursos de licenciatura até hoje, nos quais a grade curricular enfatiza caminhos paralelos e independentes por diversos semestres, ocorrendo um possível cruzamento e articulação mais ao final do curso, com as disciplinas de “Prática de Ensino” e “Didática Específica” (SCHNETZLER, 2000). Um caminho (que constitui grande parte do currículo) é conduzido pelos professores universitários ligados aos institutos ou departamentos, sendo pautado pela exposição rápida e massiva de conteúdos – de forma a possibilitar o efetivo cumprimento do

programa estabelecido, pelo excesso de exercícios a serem resolvidos, com pouco espaço para questionamentos e problematizações. Normalmente, estes professores universitários têm a convicção de que basta uma boa formação em conteúdos para preparar os futuros professores (MALDANER, 2000). O outro caminho, de menor predominância dentro do currículo, é conduzido pelos professores ligados à Faculdade de Educação e trata das disciplinas didáticas, da parte responsável pela formação pedagógica dos futuros professores, na qual se deve possibilitar, então, a reelaboração pedagógica dos conteúdos para que possam ser trabalhados na educação básica. São disciplinas de psicologia, sociologia, metodologia, legislação e prática de ensino que, por serem genéricas demais, desvinculadas da realidade e do conteúdo, não se “encaixam” sobre a “base” fornecida pelo outro caminho que segue a formação docente (MALDANER, 2000). É o velho dilema da desvinculação entre forma e conteúdo apontado por Saviani que, ainda hoje, impossibilita que os cursos de formação sejam pensados como um todo.

Assim, os professores dos institutos ou departamentos de química [e física], ao atribuírem às faculdades de educação a tarefa de "formarem professores de química [e física]", esquecem ou ignoram que os conteúdos químicos [e físicos] que ministram precisam ser pedagogicamente transformados no curso da formação docente, disponibilizando-os para a promoção da aprendizagem dos futuros alunos de seus licenciandos quando, por sua vez, professores. Em outras palavras, ignoram o que Perrenoud (1993) define como a *essência do ensinar*, isto é, a *transposição didática*. Esse conceito implica que a docência necessita integrar o conhecimento acadêmico de química [e física] ao conhecimento pedagógico sobre o processo de ensino-aprendizagem. Já que os licenciandos não poderão ensinar diretamente os conteúdos conforme os aprendem nas disciplinas específicas de química [e física], com quem aprenderão sobre o que, como e por que ensinar determinado conteúdo químico [e físico] nas escolas média e fundamental? Certamente não será com os pedagogos, pois esses sabem outras coisas, mas não química [e física]. À medida que não há espaço, tempo e nem interesse naquelas disciplinas para 'transposições didáticas de temas químicos [e físicos] para a escola básica', os licenciandos, tão logo se formam, acabam tornando-se presas fáceis de livros didáticos (SCHNETZLER, 2000, grifos do autor).

Essa forma de conceber a formação docente que vem sendo descrita é pautada pelo que a literatura denomina racionalidade técnica. Maldaner (2000) destaca que a racionalidade técnica é sustentada pela concepção positivista do século XIX, e que “o conhecimento instrumental e prático torna-se conhecimento profissional, baseado nos resultados da pesquisa científica que, por sua vez, cabe às universidades e instituições de pesquisa específicos realizar” (MALDANER, 2000). Há, portanto, uma instância de *status superior* (meio acadêmico) capaz de produzir o conhecimento

teórico que, por sua vez, é aplicado em uma outra instância, de *status* inferior (prática cotidiana), para a solução de problemas. Dentro desta perspectiva, “o professor é visto como um técnico, um especialista que aplica com rigor, na sua prática cotidiana, as regras que derivam do conhecimento científico e pedagógico” (PEREIRA, 1999). A formação docente pautada pela racionalidade técnica, dentre vários fatores, implica (MALDANER, 2000; PEREIRA, 1999; SCHNETZLER, 2000):

- 1) Uma separação entre teoria e prática, vislumbrada em diversos níveis: (1) na estrutura curricular de forma geral na qual, primeiramente, se fornece um profundo estudo teórico e, apenas depois, trata-se da prática profissional, principalmente, nos estágios ao final do curso. Isso implica que o conhecimento teórico tem prioridade na formação de professores enquanto a formação prática fica em segundo plano e restrita ao final de tal formação e, além disso, que a prática assume uma concepção de aplicação de conhecimentos; (2) uma desarticulação entre as disciplinas específicas e as pedagógicas, conforme já mencionado; (3) uma desarticulação entre as próprias disciplinas de cunho específico e destas com o ensino de ciências na educação básica; (4) uma desarticulação entre as disciplinas de cunho pedagógico e destas com o ensino de ciências na educação básica; (5) distanciamento entre pesquisa e ensino.
- 2) O papel do professor reduzido a um mero executor de tarefas, no qual não há espaço para criação ou reflexão, mas apenas para implementação de propostas curriculares a partir da transmissão direta de conteúdos. Na maioria das vezes o processo aplicacionista incumbido ao professor falha, principalmente, por ser baseado em casos ideais muito distintos das situações reais com as quais se depara.
- 3) O reforço da formação ambiental dos professores, iniciada ainda durante a escolarização básica.

Muitas críticas têm sido tecidas a esse modelo formativo, principalmente, a partir da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, que proporcionou uma nova onda de debates sobre a formação de professores (PEREIRA, 1999). Acompanhando as reformas educacionais propostas para a educação básica, a formação de professores também passou por um processo de regulamentação, de forma a construir uma sintonia entre os princípios estabelecidos pela LDB e a formação docente, assumindo

o suposto objetivo de superar o tradicional modelo formativo e suas dicotomias. Esta regulamentação se deu pela instituição das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2001a).

Este documento estabelece princípios norteadores, diretrizes para a formação e critérios para a organização curricular, propondo uma revisão do processo formativo de professores a partir dos históricos problemas dos campos institucional e curricular que precisam ser enfrentados. Além dos problemas já citados nesta seção, esse documento problematiza outras questões que necessitam ser destacadas.

No campo institucional um problema para o qual o documento chama a atenção é a tensão licenciatura X bacharelado, evidenciando que a organização institucional determina a organização curricular e, por assim ser, prioriza a formação do bacharel, tornando a licenciatura um anexo deste curso e impossibilitando que exista uma identidade própria da mesma. Ressalta ainda que a formação dos professores tem assumido características que a aproximam muito mais dos cursos de bacharelado ao qual estão vinculados (Física, Química, Biologia, etc.) do que a um perfil compartilhado entre os cursos de licenciatura em geral. Em vista desse problema, as diretrizes propõem que os cursos se estruturam de forma a priorizar a formação de uma identidade pertinente à licenciatura desde o início, incluindo já nos primeiros semestres disciplinas integradoras¹⁷ e, a partir da segunda metade do curso, disciplinas que articulem teoria e prática, justificando que os princípios pedagógicos e práticos são essenciais para a produção de tal identidade.

Outro problema do campo institucional colocado pelas diretrizes é o distanciamento entre as instituições formadoras e o sistema de ensino da educação básica. A crítica levantada é que os cursos de formação raramente propiciam em suas disciplinas oportunidades para que os documentos oficiais da educação sejam lidos e discutidos pelos futuros professores, que acabam ingressando na educação básica sem conhecer os mesmos ou, quando conhecem, é apenas de forma superficial. Segundo as diretrizes a inclusão desses documentos nos cursos de formação é condição para que os professores possam se inserir aos projetos de educação.

Contudo, embora se concorde que a leitura e análise crítica de tais documentos representam uma importante ação no processo formativo, cabe destacar que isso não

¹⁷ Disciplinas integradoras são aquelas que visam articular os conteúdos específicos com os de cunho pedagógico.

é suficiente para que o professor se engaje nos projetos da educação ou, como implicitamente a legislação determina, que o professor implemente as políticas elaboradas. Maldaner (2000) destaca que “firmou-se a convicção, entre as autoridades educacionais, de que esses documentos possam se constituir em um eixo de transformação da educação no país” (MALDANER, 2000), mas, contrariamente, não é isso que tem se verificado ou se acredita que venha a ocorrer, pois não há um debate significativo em torno de tais documentos. De outra forma, o que se defende é que os professores participem da elaboração de propostas para a reforma educativa, sentindo-se compromissados com elas e valorizados em sua profissão.

Porém o que se observa é um processo excludente e discriminatório, no qual os professores não são ouvidos e controles sobre eles, e sobre o sistema educacional como um todo, são implantados (MALDANER, 2000). Em contrapartida a estas políticas vindas de cima para baixo, verifica-se a resistência dos educadores às mudanças propostas pelas mesmas. Portanto, apenas apropriar-se da legislação não basta, é necessário “criar condições concretas de participação dos professores em um movimento de baixo para cima, na realização das pesquisas e dos estudos sobre a prática educacional nas escolas [...]” (MALDANER, 2000).

Já no campo curricular, as diretrizes apontam uma quantidade maior de problemas a serem enfrentados. Uma primeira questão destacada é a desconsideração do repertório de conhecimento dos professores em formação. Sobre esse aspecto destacam que os conhecimentos prévios dos estudantes de licenciatura nem sempre são considerados no planejamento e no desenvolvimento das ações pedagógicas. É possível entender que o documento se refere a dois tipos de repertórios de conhecimento: aqueles que deveriam estar bem consolidados ao final do ensino médio e aqueles referentes à profissão.

Sobre os primeiros alertam para o fato de que muitas vezes os estudantes chegam ao ensino superior com lacunas que não são consideradas e muito menos supridas pelos cursos de formação. Quanto aos segundos, embora não se afirme explicitamente, parece constituir em uma problematização à formação ambiental, que de alguma forma constrói saberes relativos à profissão.

Esta formação ambiental se inicia muito cedo, ainda quando estes licenciandos eram estudantes da escola básica e vai sendo edificada em uma série de concepções sobre ensino-aprendizagem, aluno, avaliação, sala de aula, relação professor-aluno

etc. Isso tudo poderia ser entendido, segundo Maldaner (2000), como uma concepção (tácita) de currículo que os professores adotam. “Tácito, porque o professor não sabe/conhece o enfoque de currículo que utiliza no seu trabalho pedagógico: ele não teve acesso a essa informação” (MALDANER, 2000). Este aspecto da formação ambiental merece bastante atenção, pois segundo Carvalho e Gil-Perez (1995), a “influência desta formação incidental é enorme porque corresponde a experiências reiteradas e se adquire de forma não-reflexiva como algo natural, óbvio, o chamado “senso comum”, escapando à crítica e transformando-se em um verdadeiro obstáculo” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995). Assim sendo, o professor tende a reproduzir essas práticas com as quais teve contato, tanto na escola básica e, até mesmo, na universidade.

Isso permite afirmar que a formação dos professores inicia bem antes de este entrar na universidade, assim como não é nesta que tal formação irá ser concluída. Mas, mais do que isso, indica a importância de se considerar e problematizar o repertório de conhecimentos trazidos pelos licenciandos, assim como, e, principalmente, de a universidade romper com modelos que perpetuam visões docentes de senso comum, pois se “admite como fato indiscutível que os professores não aplicam os métodos que lhes foram *predicados* mas os métodos que lhe foram *aplicados*” (MALDANER, 2000, grifos do autor).

Tais preocupações com as experiências dos professores como alunos ao longo de toda a trajetória escolar se fazem presentes nas diretrizes e são evidenciadas a partir de um dos princípios orientadores da formação docente: a simetria invertida. Por meio deste conceito entende-se que “a situação de formação profissional do professor é invertidamente simétrica à situação de seu exercício profissional” (MELLO, 2000), isto é, ele aprende a ser professor em um lugar semelhante ao qual irá atuar, porém, na condição invertida, como aluno. De outra forma, este conceito implica que haja coerência entre a formação oferecida e aquilo que se espera dele quando professor. De maneira prática, significa, por exemplo, que não basta durante a formação dizer ao licenciando que ele deve identificar concepções prévias de seus alunos, deve contextualizar o ensino, trabalhar por competências, etc. se a sua formação não é dessa forma, não é pautada por tais princípios.

A compreensão desse fato evidencia a necessidade de que o futuro professor experiencie, como aluno, durante todo o processo de formação, as atitudes,

modelos didáticos, capacidades e modos de organização que se pretende venham a ser concretizados nas suas práticas pedagógicas (BRASIL, 2001a).

Voltando aos problemas do campo curricular abordados nas diretrizes, é destacado também o tratamento inadequado dos conteúdos. Embora este problema já tenha sido exposto nesta seção é importante retomá-lo, tendo em vista que o documento critica enfaticamente a tensão entre o pedagogismo e o conteudismo. É salientada nele a necessidade de os cursos não serem pautados apenas por uma ou outra ênfase, mas pelas duas.

Contudo, é necessário ter um olhar criterioso quanto a este ponto, pois não basta conceber a formação docente como uma simples soma de conteúdos específicos com os pedagógicos, pois ainda assim permaneceriam as fragmentações implicadas pelo modelo de racionalidade técnica.

Neste sentido, as diretrizes apontam como princípio orientador da formação dos professores a articulação entre os conteúdos específicos e pedagógicos, ou seja, que os conteúdos não sejam separados de suas didáticas específicas, mas trabalhados de maneira integrativa ao longo de todo o curso. Contudo, cabe ressaltar que mesmo nos currículos segmentados, isto é, aqueles em que as disciplinas pedagógicas não estão no último ano, mas diluídas ao longo do currículo, muitas vezes há pouca ligação entre estas e as de caráter específico, havendo perpetuação das dicotomias que se deseja superar na formação de professores.

Dentro desta perspectiva, disciplinas ditas “integradoras” têm um importante papel, no sentido que visam promover a articulação entre conhecimentos específicos e pedagógicos e destes com a prática docente. No caso dos cursos de licenciatura em Física seriam exemplos as disciplinas de “Metodologia do Ensino de Física”, “Prática de Ensino de Física”, “Instrumentação para o Ensino de Física”, entre outras.

Por outro lado, Schnetzler (2000) defende que a “efetividade da integração de conteúdos pedagógicos com conteúdos específicos não pode se restringir somente a essas disciplinas” (SCHNETZLER, 2000). Ainda com relação a estas disciplinas, mais preocupadas com a formação docente do que com a formação de pesquisadores e técnicos, Maldaner (2000) alerta que é necessário ter cuidado, pois podem conduzir a caminhos que justifiquem que as atividades de ensino deixem de ser preocupação dos professores nos departamentos específicos.

Isso tudo conduz a uma reflexão sobre o papel dos formadores de professores, fato este não evidenciado pelas diretrizes que, inclusive, impõem uma série de

desafios aos formadores de professores. Quando se propõe que os conteúdos não estejam separados das formas de ensinar significa que, além dos conteúdos específicos necessários à sólida formação dos professores, devem ser contemplados concomitantemente os conhecimentos relativos a como reelaborar tais conteúdos e torná-los apropriados aos alunos do ensino médio, ou seja, o professor formador precisa disponibilizar aos futuros professores também os saberes e conhecimentos “relativos ao **o quê**, **o como** e **o porquê ensinar** os conteúdos que estarão sob sua responsabilidade” (SCHNETZLER, 2010, grifos do autor). Como já foi dito anteriormente, esta é uma tarefa para os professores da área específica, pois só pode ser desempenhada por alguém que conhece o conteúdo da área, o que dificilmente se verificará nos professores da faculdade de educação, por exemplo, que dominam outros conhecimentos, mas não os de Física, Química, Biologia, etc.

Exceto os poucos formadores com a necessária preparação para promover o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos específicos em interface com os complexos conhecimentos pedagógicos, sabe-se que a maioria dos formadores de professores são bacharéis especialistas em alguma área do campo científico.

Estes, de maneira geral, raramente se apropriam de pesquisas da área de ensino, muitas vezes não conhecem a realidade da educação escolar básica (já que normalmente não possuem experiência nenhuma nesse nível de ensino), pouco sabem sobre os documentos oficiais balizadores da educação básica e superior e, ainda, desconhecem a didática própria das disciplinas que lecionam. O que se verifica é o despreparo e o desconhecimento sobre os processos de ensino e aprendizagem pelos quais tais formadores são responsáveis, com a consequente reprodução do modelo de transmissão-recepção, reforçando a formação ambiental e as consequentes concepções de senso comum (VIVEIRO; CAMPOS, 2011).

Esta situação não parece muito favorável às mudanças que se espera no processo formativo de professores, tendo em vista que os formadores são responsáveis por conduzir as necessárias transformações propostas pelos documentos oficiais e pesquisas, não apenas no âmbito do currículo dos cursos e ementas de disciplinas, mas principalmente em sua atuação direta no processo de formação, sem ter condições para isso. Neste sentido, pesquisadores como Schnetzler (2010) destacam a necessidade de se desenvolver com urgência ações e

programas de formação continuada de formadores tendo em vista a melhoria da formação dos professores.

Contudo, embora este texto esteja focando bastante em duas importantes dimensões da formação docente, cabe ressaltar que considerar apenas as mesmas como suficientes para a formação dos professores seria ingênuo e limitado demais. A formação deve englobar também outras dimensões que, inclusive, são pouco enfatizadas ou até mesmo esquecidas pelas diretrizes. Neste sentido, poderia se dizer, conforme Kuenzer (2011), que a formação de professores deve contemplar os seguintes eixos:

- *contextual*, articulando os conhecimentos sobre educação, economia, política e sociedade, e suas relações, tomadas em seu desenvolvimento histórico;
- *epistemológico*, integrando as teorias e princípios que regem a produção social do conhecimento;
- *institucional*, contemplando as formas de organização dos espaços e processos educativos escolares e não escolares;
- *pedagógico*, integrando os conhecimentos relativos a teorias e práticas pedagógicas, gerais e específicas, incluindo cognição, aprendizagem e desenvolvimento humano;
- *prático*, de modo a integrar conhecimento científico, conhecimento tácito e prática social;
- *ético*, compreendendo as finalidades e responsabilidades sociais e individuais no campo da educação, em sua relação com a construção de relações sociais e produtivas, segundo os princípios da solidariedade, da democracia e da justiça social;
- *investigativo*, comprometido com o desenvolvimento das competências em pesquisa, tendo em vista o avanço conceitual na área do trabalho e da educação (KUENZER, 2011).

Outro problema apontado pelas diretrizes é a concepção restrita de prática. Sobre este aspecto, destacam a necessidade de superar a noção de que o espaço reservado para a prática é apenas o estágio e que a sala de aula, em contrapartida, é onde se dá conta da teoria. Este modelo formativo que limita a prática ao estágio curricular ainda é bastante frequente e, inclusive, Pereira (1999) aponta que é possível descrevê-lo por uma analogia com o “curso de preparação de nadadores” elaborado por Jaques Busquet:

Imagine uma escola de natação que se dedica um ano a ensinar anatomia e fisiologia da natação, psicologia do nadador, química da água e formação dos

oceanos, custos unitários das piscinas por usuário, sociologia da natação (natação e classes sociais), antropologia da natação (o homem e a água) e, ainda, a história mundial da natação, dos egípcios aos nossos dias. Tudo isso, evidentemente, à base de cursos enciclopédicos, muitos livros, além de giz e quadro-negro, porém sem água. Em uma segunda etapa, os alunos-nadadores seriam levados a observar, durante outros vários meses, nadadores experientes; depois dessa sólida preparação, seriam lançados ao mar, em águas bem profundas, em um dia de temporal (PEREIRA, 1999).

O documento normativo das licenciaturas problematiza a formação docente constituída a partir de cursos estruturados entre estes dois polos isolados entre si, propondo uma concepção de prática que transcenda àquela que se materializa no curto período de tempo em que ocorre o estágio. Assim,

Uma concepção de prática mais como componente curricular implica vê-la como uma dimensão do conhecimento que tanto está presente nos cursos de formação, nos momentos em que se trabalha na reflexão profissional, como durante o estágio, nos momentos em que se exercita a atividade profissional (BRASIL, 2001a).

Portanto, conceber a prática desta forma significa vislumbrá-la como um elemento presente em diversos momentos do curso de formação, de forma transversal, por meio dos quais se busque a integração entre teoria e prática a partir de reflexões sobre a atividade profissional e pelo contato com a realidade escolar.

Isso implica que a prática deve estar presente desde o início do curso de forma a concebê-la não apenas como um momento de aplicação de conhecimentos específicos e pedagógicos, mas como um espaço de criação e reflexão. Por outro lado, deve-se ter cuidado com os currículos demasiadamente práticos, pois não se deve supervalorizar a prática e descuidar do embasamento teórico, as duas instâncias devem ser contempladas de maneira articulada, afinal, a prática pedagógica não é isenta de conhecimentos teóricos, assim como tais conhecimentos se resignificam frente à realidade escolar (PEREIRA, 1999).

O tratamento inadequado da pesquisa na formação docente é outro problema que necessita ser enfrentado segundo as diretrizes. Criticando o caráter estritamente acadêmico atribuído à pesquisa, evidenciam a carência de uma valorização dos processos de investigação na maioria dos cursos de formação. Tal carência “os priva de um elemento importante para a compreensão da processualidade da produção e apropriação do conhecimento e da provisoriade das certezas científicas” (BRASIL, 2001a).

Em vista disso, as diretrizes destacam a necessidade dos cursos formativos propiciarem aos licenciandos a construção de uma postura investigativa, considerada essencial para lidar com o dinamismo característico da sala de aula, que exige a realização de ajustes, improvisos, julgamentos, ou seja, lidar com uma série de situações que não se repetem. Contudo, é preciso deixar claro qual é a visão de pesquisa na formação do professor a qual o documento faz referência:

Por essas razões, a pesquisa (ou investigação) que se desenvolve no âmbito do trabalho de professor refere-se, antes de mais nada a uma atitude cotidiana de busca de compreensão de processos de aprendizagem e desenvolvimento de seus alunos e à autonomia na interpretação da realidade e dos conhecimentos que constituem seus objetos de ensino (BRASIL, 2001a).

Desta forma, a pesquisa na formação docente deve assumir como foco principal o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos. Por outro lado, mesmo assumindo uma noção de pesquisa diferente da acadêmica, as diretrizes também propõem que os licenciandos conheçam e saibam determinados procedimentos da pesquisa acadêmica, de forma que poderão servir de instrumentos para a produção do conhecimento pedagógico. Além disso, destacam a importância de os licenciandos terem contato com as pesquisas de sua área, pois essas podem fomentar o desenvolvimento profissional, a atualização, além de auxiliar a fazerem opções sobre conteúdos e metodologias, por exemplo. Cabe destacar, contudo, que no ensino de ciências, há muito tempo já se fala em associar ensino e pesquisa como uma necessidade formativa dos professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995), de forma que já existe um grande número de pesquisas na área abordando um novo modelo de formação docente, a do professor pesquisador.

Por fim, um último problema elencado nas diretrizes refere-se à ausência de conteúdos relativos às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's). Segundo o documento os cursos não estão preparando os professores para lidarem com novos desafios impostos pela tecnologia atualmente e no futuro. A inserção das TIC's nos cursos faz-se necessária para romper com a resistência apresentada pelos professores e para prepará-los para o que as diretrizes chamam de finalidade mais nobre da educação: “a gestão e a definição de referências éticas, científicas e estéticas para a troca e negociação de sentido, que acontece especialmente na interação e no trabalho escolar coletivo” (BRASIL, 2001a).

Diante dos problemas apontados, as diretrizes para a formação de professores propõem como princípios norteadores do preparo profissional dos professores:

- 1) A competência como concepção nuclear.
- 2) A coerência entre a formação oferecida e a prática esperada do futuro professor.
- 3) A pesquisa, com foco no processo de ensino e aprendizagem.

Os princípios dois e três já foram explorados neste capítulo, então, será agora comentado o primeiro princípio: as competências na formação docente, que são apresentadas como centrais na organização curricular e responsáveis, segundo o documento, por uma nova concepção de formação. Com um discurso que atrela a inserção das competências à superação da ineficiência do desempenho docente, as diretrizes apontam não ser suficiente aos professores o domínio de conhecimentos, mais do que isso, afirma ser necessário que estes saibam mobilizar tais conhecimentos nas diversas situações da realidade escolar. Neste sentido é que são inseridas as competências, na crítica à formação demasiadamente acadêmica e pouco comprometida com a realidade, como elementos que “só existem em situação” e, portanto, permitem a desejada articulação entre teoria e prática. Assim sendo, as competências não irão se constituir somente em um plano teórico e, muito menos, somente na prática, exigindo uma interface entre ambos.

Por outro lado, tal conceito, segundo o documento, não implica em uma exclusão de conhecimentos, sendo estes últimos considerados necessários para a construção de competências. Além disso, o desenvolvimento de competências requer uma interdisciplinaridade e, neste sentido, como uma perspectiva metodológica que propicie a integração de diferentes conhecimentos, o documento sugere que a aprendizagem seja focada em situações-problema.

Fica evidente que os conteúdos têm um papel importante na formação do professor, pois é por meio deles que as competências serão construídas e desenvolvidas. Assim, as diretrizes propõem que, tendo em vista o desenvolvimento das competências necessárias à docência, os conteúdos precisam ser tratados em suas dimensões conceitual, procedimental e de valores, devendo ser analisados e abordados de forma a constituírem uma rede de significados. Por outro lado, não são esclarecidos que conteúdos são estes.

Contudo, na literatura é possível encontrar uma série de críticas ao paradigma das competências na formação do professor. Dentre as críticas, questiona-se o que as diretrizes chamam de “novo paradigma educacional” que se constitui a partir da inclusão de competências no processo formativo. Como apontam Dias e Lopes (2003), este conceito não representa necessariamente uma inovação, pois é resultado de uma recontextualização de propostas americanas e européias anteriores. Neste processo de recontextualização é concebido um novo significado a partir de uma mescla de concepções oriundas de diferentes contextos. Assim, uma das críticas ao conceito de competências que aparece nas diretrizes é o fato de o mesmo assumir um caráter multifacetado e ambíguo.

Ao ser recontextualizado, o conceito de competências se adequa a um novo contexto e, neste sentido, as diretrizes propõem sua inserção a fim de possibilitar uma sintonia entre a escola e as mudanças da sociedade, ajustada ao mercado produtivo. Desta forma, pode-se dizer que o conceito de competências articula a estreita relação entre escola e mercado. Esse viés mercadológico atribuído à educação é fruto da influência dos países centrais, por meio das agências de fomento internacional (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, Banco Mundial – BM, Organização dos Estados Americanos – OEA, Comunidade Europeia – CE), que determinam metas que os países capitalistas periféricos devem atingir para a educação em troca de financiamentos, principalmente, no caso dos países em desenvolvimento como o Brasil (MAUÉS, 2003). É em função de interesses econômicos colocados por tais agências que se observam conceitos do campo econômico permeando as reformas educacionais, tais como: competências, avaliação de desempenho, promoção por mérito, produtividade e eficiência, entre outros (DIAS; LOPES, 2003).

Como foi dito anteriormente, o conceito de competências é proposto nas diretrizes para promover a superação do desenvolvimento ineficiente do professor (considerado o único responsável pelo fracasso na aprendizagem dos alunos), estando, portanto, associado ao desempenho que se espera do mesmo. Isso, segundo Dias e Lopes (2003), anuncia um modelo de formação que possibilita o controle da aprendizagem e do trabalho do professor, sendo este controle da eficiência pautado pela avaliação das competências. Por sua vez, verifica-se uma aproximação com modelos de reforma conservadores e de perfil técnico nos quais se

vislumbra a possibilidade de reconhecer os professores que não assumem os princípios da proposta (DIAS; LOPES, 2003).

Reforçando que o documento mascara conotações tecnicistas, as autoras denunciam uma concepção de prática profissional distorcida. Mais do que garantir um peso menor à teoria como se propõem, as diretrizes acabam vinculando uma visão bastante aplicacionista ao propor a prática como um conhecimento útil para a profissão, dando um tom bastante pragmático à formação docente, que parece muitas vezes conceber o trabalho do professor como uma atuação objetiva visando resolver problemas (DIAS; LOPES, 2003).

Entretanto, essas críticas não devem desmerecer o documento, pois mesmo marcado por características nem tão inovadoras e alinhado à ideologia neoliberal que vê a educação como um grande negócio, há vários aspectos relevantes à formação docente como pode ser evidenciado ao longo desta seção.

Contudo, no que diz respeito à formação do professor de Física, percebe-se que a concepção sobre a mesma proposta pelas Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de Física (BRASIL, 2001b) não estão alinhadas às Diretrizes Nacionais Curriculares para a Formação de Professores da Educação Básica. Considerando que legalmente os cursos de licenciatura em Física devem obedecer aos dois documentos normativos simultaneamente, as incoerências e contradições entre os mesmos tendem a introduzir obstáculos à desejada mudança na formação dos professores desta área.

De maneira geral é possível identificar alguns pontos que se contradizem nestes documentos. Uma primeira contradição pode ser apontada na estrutura geral dos cursos. Enquanto as diretrizes das licenciaturas salientam a necessidade de romper com o modelo fragmentado (3+1) em favor de um modelo articulado, as diretrizes para os cursos de Física apontam no sentido oposto, propondo um modelo do tipo 2+2 que, em essência, carrega as mesmas dicotomias do esquema 3+1. Nas diretrizes para os cursos de Física, a licenciatura deveria seguir uma estrutura que nos dois primeiros anos do curso fosse comum ao bacharelado e nos dois últimos anos estivesse voltada para a formação docente. Isso também mostra que enquanto um documento prima pela formação de uma identidade para a licenciatura o outro não tem tal preocupação, concebendo a licenciatura em Física como tendo uma identidade muito mais próxima ao curso de bacharelado.

Além disso, enquanto as diretrizes gerais criticam o tratamento inadequado dos conteúdos, propondo que ocorra uma articulação entre conhecimentos específicos e pedagógicos ao longo de todo o curso, as diretrizes para os cursos de Física parecem não ser pautadas por este princípio, o que é evidenciado pela estrutura formativa proposta (2+2). Portanto, neste documento é forte a proposição de uma formação marcada pela tensão conteudismo X pedagogismo, já que as disciplinas relacionadas à formação docente se concentram na parte final do curso apenas após a base de conhecimentos específicos. Ademais, o texto é bem claro quanto aos conteúdos curriculares do núcleo comum e simplificado no que se refere à formação profissional.

Por fim, aliado a isso tudo, surge outra divergência referente à concepção de prática. A noção restrita de prática, tão criticada pelas diretrizes das licenciaturas, é a que permeia as diretrizes para os cursos de Física. Fica bastante clara a supervalorização da teoria em relação à prática e o caráter aplicacionista atribuído à mesma neste documento, no qual o único momento destinado à prática é o estágio curricular.

Mesmo considerando que estes documentos trazem importantes contribuições para a formação do professor, cabe destacar que ainda há muito a avançar. Como aponta Saviani (2011), tais documentos fazem um diagnóstico muito adequado da formação de professores, descrevendo a situação da mesma e apontando os problemas a serem enfrentados e superados. Por outro lado, o autor destaca a incapacidade dos documentos em apontar soluções satisfatórias.

Além disso, para Saviani (2009), a formação docente não pode ser desvinculada do problema das condições de trabalho que incidem sobre a carreira docente. Segundo Kuenzer (2011), há um déficit muito grande de professores para a educação básica, situação que é ainda mais grave no caso da disciplina de Física. Pela análise dos dados, a autora destaca que a ampliação de vagas para os cursos de licenciatura não irá atender às necessidades da educação básica, pois a maioria dos licenciandos não atua como professor. Dentre as várias hipóteses que a autora levanta para o motivo pelo qual esses licenciados não atuam como professores do ensino médio emerge a questão apontada por Saviani, da baixa atratividade da carreira, que ela julga ser a hipótese mais consistente para explicar tal problema. Como características dessa carreira desestimulante ela cita: “baixos salários, precárias condições de trabalho, precário nível de profissionalização, alunos cada vez

menos comprometidos, baixo reconhecimento, alto nível de estresse e crescente intensificação de tarefas” (KUENZER, 2011).

Como apresentam Slongo *et al.* (2010), na área de pesquisa sobre formação docente, temáticas que envolvem a dimensão política da formação do professor, condições de trabalho, plano de carreira e sindicalização têm sido esquecidas na área da educação em ciências. O que também é evidenciado por Jesus *et al.* (2011) com referência à área de ensino de ciências, tendo como base uma revisão dos periódicos nacionais da área na qual foi constatado que tais trabalhos ainda são muito escassos. Aliado a isso tudo, Slongo *et al.* (2010) destacam que os resultados de pesquisa são pouco considerados na definição de políticas públicas. Conforme aponta Kuenzer (2011):

A breve análise dos dados, das políticas públicas e das diretrizes aponta para a necessidade de efetivo investimento em políticas que integrem formação, carreira, remuneração e condições de trabalho, para enfrentar uma histórica realidade de escassez, inadequação e desprofissionalização, com seus severos impactos sobre a qualidade do ensino médio, cujas matrículas decrescem a cada ano, assim como não melhoram os indicadores de permanência e de sucesso (KUENZER, 2011).

Como já foi dito anteriormente, na área de ensino de ciências tem se verificado muitos trabalhos empenhados em contribuir para a melhoria da formação dos profissionais dessa área, na maioria das vezes, estabelecendo críticas à formação como os que foram expostos ao longo do texto. Duarte *et al.* (2009), em uma revisão de trabalhos que tratam da formação inicial de professores de ciências nos periódicos da área, verificam a proposição de modelos para além da racionalidade técnica, como apontam:

A revisão dos artigos mostrou que a crítica à racionalidade técnica parece ter sido assimilada pelos pesquisadores da área de Educação em Ciências. No âmbito da formação de professores, essa crítica tem dado margem a novas formulações, apoiadas em diferentes concepções de racionalidade que se apresentam como alternativas mais adequadas, ao compreenderem a prática educacional como um fenômeno sociocultural que envolve relações humanas singulares e momentos de incerteza que escapam à racionalidade técnica (DUARTE *et al.*, 2009).

De fato, em crítica à racionalidade técnica, surgiram outros modelos de racionalidade (prática e crítica) que configuraram marcos teóricos na formação dos professores. Bastos e Nardi (2008) destacam que os debates constituídos em torno das críticas à racionalidade técnica confluíram para novos posicionamentos que procuraram resgatar o papel da “prática” no trabalho docente. Dentro desta

perspectiva encontra-se o trabalho de Donald Schön (*apud* BASTOS; NARDI, 2008), que concebe o professor como um profissional reflexivo cuja atuação se fundamenta nos seguintes conceitos: conhecimento na ação, reflexão-na-ação e reflexão-sobre-ação (BASTOS; NARDI, 2008).

O primeiro representa o conhecimento prático que fundamenta o trabalho do professor. Segundo Schnetzler (2000), tal conhecimento é decorrente das experiências passadas do professor que vão se consolidando em ações automáticas. O segundo relaciona-se a uma capacidade de improvisação do professor e significa que o mesmo pensa sobre o que faz ao mesmo tempo em que age, isto é, quando o conhecimento do professor não é suficiente para resolver uma situação com a qual se depara ele tende a reconstruir sua ação ao mesmo tempo em que a realiza. Já a reflexão-sobre-ação representa a análise que o professor faz sobre a sua ação depois que a mesma ocorreu, “permitindo ao professor um movimento contínuo de adaptação de seu ensino a contextos de atuação que são singulares e incertos por sua própria natureza” (BASTOS; NARDI, 2008).

Assim, este modelo formativo concebe o professor como um profissional que de maneira criativa e flexível resolve os problemas que surgem diariamente em sua prática profissional, não sendo um mero reproduzidor de práticas e técnicas, mas um construtor e reconstrutor de conhecimentos por meio da reflexão a partir de situações problemáticas específicas do seu contexto de atuação. Diferentemente de um modelo racionalista técnico, o paradigma do professor reflexivo assume que as situações decorrentes da prática não tem uma solução única/correta, isto é, que não existe um conhecimento específico para resolver cada problema, mas problemas em contexto que exigirão todo um processo dinâmico de reinvenção, análise, questionamentos, criação, ação, etc. Por isso neste modelo a prática tem um papel central na formação de professores como aponta Pérez Gomes (1992 *apud* SCHNETZLER, 2000) :

No modelo de formação de professores como artistas reflexivos, a **prática** adquire o papel central de todo o currículo, assumindo-se como o lugar de aprendizagem e de construção do **pensamento prático** do professor. A **prática** encontra-se sempre num equilíbrio difícil e instável entre a realidade e a simulação: por um lado, deve representar a realidade da aula, com as suas características de incerteza, singularidade, complexidade e conflito; por outro lado, deve proteger o aluno-mestre das pressões e riscos da aula real, que excedem a sua capacidade de assimilação e reação racional. Em resumo, deve ser um espaço real onde o aluno-mestre observa, analisa, atua e reflete sem a inteira responsabilidade do prático sobre os efeitos geralmente irreversíveis das suas ações (SCHNETZLER, 2000, grifos do autor).

Assim, de acordo com Alarcão (1996 apud SCHNETZLER, 2000) :

A formação de um profissional dotado de tal competência deve, portanto, comportar situações onde o formando possa praticar sob a orientação de um profissional, um formador, que, simultaneamente treinador, companheiro e conselheiro (**coach**), lhe faz a iniciação e o ajuda a compreender a realidade que, pelo seu caráter de novidade, se lhe apresenta de início sob a forma de caos (**mess**). Esta componente de formação profissional prática (**practicum**) em situação oficial, real ou simulada, é concebida como uma espécie de prisma rotativo que possibilita ao formando uma visão caleidoscópica do mundo do trabalho e dos seus problemas e, permitindo uma reflexão dialogante sobre o observado e o vivido, conduz à construção ativa do conhecimento na ação segundo uma metodologia de aprender a fazer fazendo (**learning by doing**) (SCHNETZLER, 2000, grifos do autor).

Contudo, cabe destacar que a concepção de professor reflexivo virou um certo modismo, conduzindo à necessidade de enfatizar que não é a qualquer reflexão que a perspectiva se refere, tendo em vista que tal termo apresenta vários significados, muitas vezes contraditórios (SCHNETZLER, 2000). Além disso, como apontam Nardi e Bastos (2008), nos últimos anos este paradigma tem sido alvo de muitas críticas, “dentre elas a de que a reflexão a ser empreendida pelo docente não visa a um objeto definido, tendendo a ficar restrita a questões imediatas das situações de aula, de forma a ignorar os determinantes econômicos, sociais, políticos e culturais que influenciam o processo de ensino aprendizagem” (BASTOS; NARDI, 2008).

Assim, como reação aos modelos de professor racionalista técnico e profissional reflexivo, os autores apontam o surgimento de outro marco teórico na formação docente: o professor como um intelectual crítico. Nesta perspectiva, o trabalho do professor envolve o questionamento das ideologias e das estruturas econômicas, políticas e sociais do sistema vigente, tendo em vista a transformação das condições de desigualdade e opressão (BASTOS; NARDI, 2008). Segundo Schäfer e Ostermann (2013), esta concepção tem origem em Henry Giroux com a ideia de professor intelectual transformador.

Giroux (1997) aponta que o conceito de professor intelectual oferece uma base teórica para pensar a atividade docente como um trabalho intelectual e não simplesmente técnico, ou seja, possibilita concebê-la como exercida por profissionais preparados para desenvolver a capacidade crítica dos jovens e não apenas preparados para atingirem metas que lhes são apresentadas. Como transformadores, o autor chama a atenção para a necessidade de o professor fazer uso do seu conhecimento em favor de uma transformação social, tendo em vista uma sociedade mais justa e igualitária. Neste sentido, destaca “a necessidade de tornar o pedagógico

mais político e o político mais pedagógico” (GIROUX, 1997). Tornar o pedagógico mais político significa que a escolarização deve estar voltada para o fortalecimento democrático, encorajando os estudantes a lutar para superar injustiças econômicas, políticas e sociais. Tornar o político mais pedagógico significa tornar o conhecimento problemático e tratar os estudantes como agentes críticos, dando-lhes voz ativa em suas experiências de aprendizagem. Portanto, este modelo leva em consideração a natureza social da atividade docente.

4.2. O professor e a perspectiva CTS

A literatura tem apontado um crescimento da produção brasileira referente à temática CTS nos últimos anos (ABREU *et al.*, 2009). De maneira geral, os trabalhos têm buscado investigar questões voltadas ao conhecimento da área de pesquisa, à busca de perspectivas futuras, à disseminação, à compreensão de diferentes propostas/ perspectivas e ao subsídio de práticas docentes (STRIEDER, 2012). Contudo, apesar dos avanços e conquistas verificados nas pesquisas, a apropriação da perspectiva CTS pelas instituições de ensino tem se dado muito mais no âmbito discursivo do que no âmbito educacional (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Trabalhos como o de Pinheiro *et al.* (2007) têm apontado a relevância da inserção da perspectiva CTS no ensino médio. Segundo os autores, o enfoque CTS adquire considerável valor na sociedade atual, principalmente em função de possibilitar questionamentos críticos e reflexivos sobre o contexto científico-tecnológico e social, características estas que ficaram evidentes e foram desenvolvidas no Capítulo 2 deste trabalho. Além disso, defendem que existe uma aproximação entre os objetivos propostos na LDB e configurados nos PCN's com os pressupostos do enfoque CTS, na medida em que esses documentos concebem o currículo “como uma organização conceitual com uma preocupação em temas sociais, procurando desenvolver atitudes que favoreçam o julgamento, mediante o estudo da ciência voltado aos interesses sociais, buscando a compreensão das implicações sociais dos conhecimentos científicos e tecnológicos” (PINHEIRO *et al.*, 2007). Destacam ainda outros pontos de congruência entre os documentos e o CTS, como a interdisciplinaridade e a contextualização.

Ainda sobre a introdução do enfoque em sala de aula, Aikenhead (1994a) discorda de diversos autores que afirmam não existir estudos suficientes que

confirmem os benefícios do enfoque CTS aos alunos. Segundo ele, as pesquisas sobre a perspectiva acumuladas ao longo dos anos permitem afirmar que, em comparação ao ensino tradicional, os alunos se beneficiam de forma consistente desse enfoque. A partir da análise de trabalhos publicados nessa linha, Aikenhead conclui que o enfoque CTS em comparação ao ensino tradicional oportuniza um maior letramento científico, incrementando a compreensão sobre questões sociais, despertando o interesse pela ciência, aproximando os conteúdos do cotidiano, desenvolvendo o pensamento crítico e criativo, bem como estimulando a tomada de decisão.

Infelizmente, se por um lado as pesquisas apontam a necessidade de incluir a temática na educação básica, demonstram a relevância da mesma e desenvolvem propostas para subsidiar tal inclusão, por outro, raramente se verifica a incorporação efetiva na educação básica. Não se pode negligenciar que é uma perspectiva de bastante complexidade, conforme deve ter ficado claro no Capítulo 2, mas isso não justifica sua ausência em sala de aula.

A literatura tem apontado vários obstáculos à implementação do enfoque CTS. Martins (2002) equaciona as razões que funcionam como obstáculos à implementação do enfoque CTS nas escolas em três grandes eixos: (1) os professores; (2) os programas; (3) os recursos didáticos. Apesar de propor esta divisão, a autora deixa claro que é apenas para organizar a discussão, já que as três apresentam-se profundamente relacionadas.

O obstáculo imposto pelos materiais didáticos à implementação de propostas CTS é evidenciado por diversos trabalhos (CONRADO; EL-HANI, 2010; FONTES; CARDOSO, 2006; MARTINS, 2002; MEMBIELA, 2001). Membiela (2001) aponta que tais materiais são escassos e são poucos professores que possuem tempo, energia e recursos necessários para construir seus próprios materiais. No ensino de Física brasileiro, as primeiras iniciativas neste sentido datam dos anos 90, com os materiais do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), contudo, estes valiosos materiais ainda estão muito aquém do que se espera em uma perspectiva CTS. Nos livros didáticos de Física mais atuais, com larga distribuição via Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), verifica-se a inclusão de tópicos anexos sem muito destaque, muitas vezes em quadros isolados em cantos de páginas. Martins (2002) também aponta a escassez de materiais, bem como o reduzido número de investigações

relacionadas aos mesmos, apontando para a necessidade de condução de projetos de pesquisa que produzam e avaliem materiais didáticos (entendendo estes não apenas como livros). A autora destaca ainda que a solução para este problema não é simples e rápida, mas indica que o ensino de ciências com enfoque CTS necessita de recursos didáticos que contemplem questões sociais atuais.

Martins (2002) se refere aos programas escolares como um problema, pois estes representam instrumentos oficiais da legislação educacional que condicionam o trabalho dos professores. Para ela, os programas extensos e complexos que devem ser conduzidos pelos docentes estão defasados em relação à sociedade contemporânea, além de não conterem elementos que auxiliem a despertar o interesse dos estudantes. Assim, dentro deste quadro de preocupações destaca que poderia se assumir o princípio de ensinar menos para ensinar melhor, apontando a temática CTS na organização de programas como uma via que pode ser promissora.

Por outro lado, além de defender mudanças curriculares, destaca a necessidade de proporcionar cursos de atualização para os professores com o intuito de proporcionar também mudanças na postura dos mesmos, de forma a evitar que estes apenas ajustem novas propostas a velhas práticas. Tal proposição também é enfatizada por Solbes *et al.* (2001), que apontam muitas discrepâncias entre as propostas curriculares e a prática dos professores. Esse fato é bastante relevante, pois se considerarmos os documentos oficiais brasileiros (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio), sem assumir que estes devem ser seguidos e implementados fielmente, é possível dizer que apresentam muitas contribuições interessantes para o ensino que na prática não são privilegiadas, mantendo-se as tradicionais práticas já consolidadas. Assim, mesmo que sejam criados programas curriculares inovadores, que poderiam incluir o CTS, por exemplo, é necessário conceber que sua implementação depende dos professores, sendo este outro obstáculo imposto a esse enfoque.

Ao professor é atribuído um duplo papel dentro deste cenário: por um lado representa um elemento que dificulta a implementação de propostas CTS, mas por outro, é considerado o elemento essencial na superação dos principais obstáculos impostos à perspectiva (ACEVEDO DÍAZ, JOSÉ ANTONIO *et al.*, 2002; MARTINS,

2002; MEMBIELA, 2001; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SOLBES *et al.*, 2001; TRIVELATO, 1999).

Antes de abordar os obstáculos que cercam a figura do professor e as medidas que podem proporcionar um enfrentamento dos mesmos, cabe, sem tentar traçar um perfil de um educador CTS, refletir sobre o papel assumido pelo mesmo dentro da perspectiva. Compreender tal papel permite visualizar esses problemas relativos à figura do professor dentro do complexo contexto de atuação dos docentes em um ensino de orientação CTS.

Acevedo Diaz (1996a), aponta algumas características que descrevem o papel do professor em uma perspectiva CTS, são elas: dedicar tempo suficiente para planejar suas aulas; ser flexível com relação ao currículo; proporcionar um clima afetivo, estimulante e acolhedor para promover a interação em aula; ser capaz de aprender com seus colegas e também com os alunos, atuando como sujeitos que buscam aprender novos conhecimentos; instigar o surgimento de questionamentos, solicitando uma argumentação das ideias levantadas nestes; abordar conhecimentos que se relacionam com a realidade do aluno; proporcionar que os alunos enxerguem a utilidade da ciência e da tecnologia, bem como suas limitações na resolução de problemas sociais; proporcionar uma aprendizagem que transcenda as paredes da sala de aula, educando para a vida e para viver.

Tais características, segundo o autor, não são exclusivas ao enfoque CTS e exigem bastante empenho dos professores. Porém, o que se verifica é que os mesmos apresentam muita resistência à perspectiva (SOLBES *et al.*, 2001). Trivelato (1999) aponta que eles até reconhecem a importância do CTS na vida de seus alunos para que os mesmos venham a atuar como cidadãos participantes da vida social e política do país, contudo, vislumbram tal participação restrita ao plano individual, no qual não concebem seus alunos tomando decisões que influenciarão na sociedade como um todo.

Além disso, um fato que explica o pouco envolvimento dos professores com o enfoque e a resistência evidenciada por diversos trabalhos, certamente reside em um elemento constatado por Trivelato (1999): os professores sentem-se despreparados para abordar a perspectiva CTS em sala de aula. Outro fato que também poderia explicar tal despreparo, de acordo com Membiela (2001), reside no medo que os

mesmos têm de perder sua identidade, como profissionais responsáveis por apresentar a ciência aos estudantes.

Como consequência, a maioria dos professores raramente trata de questões como as que o enfoque propõe e, quando o fazem, é de forma muito superficial, sem possibilitar o envolvimento dos alunos em discussões, restringindo-se a aspectos conceituais dessas questões (TRIVELATO, 1999). Neste sentido, Solbes *et al.* (2001) apontam que muitos professores consideram o enfoque CTS como uma fuga dos verdadeiros conteúdos científicos e, poderia se acrescentar ainda, como sugere Membiela (2001), que os conceitos assimilados tendem a ser menores, tornando o ensino de ciências menos exigente. Além disso, Solbes *et al.* (2001) afirmam também que os professores alegam falta de tempo na preparação de materiais e consideram que o enfoque CTS insere elementos políticos e ideológicos que não são característicos da ciência. Somado a isso, Trivelato (1999) aponta que os professores,

Sentem-se presos a estruturas curriculares mais tradicionais, expressas pelos diferentes agentes escolares: materiais didáticos, exames externos, expectativa de pais e alunos, orientações institucionais etc. Demonstram dificuldade de propor e conduzir situações e atividades pedagógicas que demandam maior participação dos alunos; ambientes “indisciplinados”, muito frequentes e com os quais boa parte dos professores não sabe como lidar, acabam suscitando posturas autoritárias, incompatíveis com a delegação, aos alunos, de parcela da responsabilidade pelo seu processo de aprendizagem. Declaram enfrentar problemas considerados prioritários como a qualidade das interações que se estabelecem na escola, a passividade dos alunos e sua resistência a mudanças de atitude, de cuja solução e superação depende a possibilidade de pensar em alterações curriculares (TRIVELATO, 1999).

Ainda é preciso ressaltar que a natureza interdisciplinar e contextualizadora requisitada pelo enfoque CTS choca-se diretamente com a formação disciplinar e fragmentada que tradicionalmente é oferecida aos professores, conforme já foi exposto neste capítulo.

Neste sentido, um grande número de trabalhos tem associado estes obstáculos relacionados ao professor à formação ineficiente oferecida aos mesmos (ACEVEDO DÍAZ, JOSÉ ANTONIO *et al.*, 2002; FONTES; CARDOSO, 2006; MARTINS, 2002; SOLBES *et al.*, 2001), conforme apontam Santos e Schnetzler (2010):

O empecilho e a dificuldade principal na implementação de um curso de CTS é sem dúvida o professor de ciências. Está claro, através da maioria dos debates, que o treinamento tradicional de professores, tanto no estágio quanto em serviço, raramente aborda o ensino de um curso CTS ou uma questão de CTS (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, grifos do autor).

Em vista disso, há um consenso entre os trabalhos sobre a necessidade de contemplar a perspectiva CTS na formação de professores. Martins (2002), por exemplo, afirma que o ensino de ciências com um enfoque CTS na educação básica só será uma realidade quando o for nas nossas universidades. Acevedo *et al.* (2002) também compartilham desse pressuposto:

A nosso ver, é imprescindível assumir com todas as conseqüências e sem desvios desnecessários a orientação CTS na formação de professores, com a finalidade de fornecer-lhes uma cultura científica e tecnológica necessária para abordar os novos desafios que se apresentam no presente século para a educação científica e tecnológica (ACEVEDO DÍAZ, JOSÉ ANTONIO *et al.*, 2002, tradução nossa).

Assim sendo, alguns trabalhos têm se preocupado em implementar o enfoque CTS na formação de professores e em avaliar tais implementações, apontando aspectos positivos sobre as práticas e as concepções docentes. Vieira e Martins (2004 *apud* Fonte e Cardoso, 2006), mostraram em seu trabalho que o programa de formação (fundamentado no CTS) desenvolvido com professores induziu nestes uma prática pedagógica permeada por este enfoque e possibilitou uma reconstrução de concepções que inicialmente eram bastante ingênuas. Fontes e Cardoso (2006), por exemplo, elaboraram uma ação formativa de professores fundamentada na perspectiva CTS, apontando que os mesmos conseguiram adquirir uma visão mais real da ciência, o que os tornou mais bem preparados para o exercício de práticas pedagógicas CTS. Também nesta linha, Terneiro-Vieira e Vieira (2005) elaboraram um estudo no qual auxiliaram professores a construir práticas consistentes com o enfoque CTS. Neste trabalho focado no desenvolvimento, implementação e avaliação de materiais CTS elaborados pelos professores investigados, os autores puderam identificar impactos bastante positivos sobre os professores. De acordo com os autores, este processo formativo provocou uma mudança nas práticas dos docentes que deixaram de assumir uma orientação focada exclusivamente na aquisição direta de conhecimentos científicos por uma que contempla relações CTS. Além disso, possibilitou ainda uma melhor aceitação dessa perspectiva.

Apesar dessas experiências positivas, sabe-se que conceber uma formação dentro deste quadro não é tão simples, a começar pela dificuldade de caracterizar o perfil de um educador CTS e quais fatores são essenciais para uma boa formação.

A literatura aponta alguns caminhos para pensar a formação de professores que inclua a dimensão CTS. Solbes *et al.* (2001), por exemplo, de maneira a propiciar

o envolvimento de professores com o enfoque CTS sugerem o oferecimento de uma formação que não se baseie no tratamento de aspectos pontuais ou na mera transmissão de propostas, mas fundamentada em programas mais globais e na participação dos professores em processos de investigação dos problemas que surgem em suas práticas, favorecendo a reflexão e o questionamento de concepções do senso comum. Além disso, os cursos devem visar romper com visões ingênuas sobre as finalidades da educação e sobre inter-relações CTS favorecendo debates aprofundados em torno desses temas.

Já no trabalho de Acevedo *et al.* (2002) é possível encontrar alguns conteúdos que o autor julga importantes para a formação CTS dos professores. São eles:

Natureza da ciência: conceitos de ciência; relações e diferença com a tecnologia; influência sobre a sociedade; construção social da ciência; valores da ciência; etc.

Natureza da tecnologia: conceitos de tecnologia; relações e diferenças com a ciência; investigação, desenvolvimento e inovação (I+D+I); construção social da tecnologia; valores da tecnologia; etc.

Epistemologia da ciência: o papel das suposições teóricas; influências mútuas entre ciência e experimentação; a natureza das leis, hipóteses e teorias científicas; o problema da incomensurabilidade de paradigmas; etc.

Características dos cientistas e tecnólogos: características do trabalho científico e tecnológico; motivações dos cientistas e tecnólogos; ciência, tecnologia e gênero; etc.

Controle social da ciência e da tecnologia: influência dos governos e dos poderes (militar, empresarial, etc); o papel dos grupos de pressão social e dos cidadãos; responsabilidade social na tomada de decisões tecnocientíficas; ética, ciência e tecnologia; etc

Análises de riscos: efeitos positivos e negativos da ciência e da tecnologia; ciência, tecnologia e meio-ambiente; capacidade e limites da ciência e da tecnologia para solucionar problemas de interesse social; etc.

Comunicação da ciência e da tecnologia na sociedade da informação: publicações científicas e patentes; o acesso à informação científica e tecnológica; relatórios de investigação na ciência pública e privada; o papel dos cientistas na divulgação da ciência; etc

Cultura científica e tecnológica: História da Ciência; História da Tecnologia; influência das culturas locais e da educação na ciência e na tecnologia; ciência e tecnologia como cultura; etc (ACEVEDO DÍAZ, JOSÉ ANTONIO *et al.*, 2002, tradução nossa).

Vale destacar que é impossível contemplar toda essa gama de conteúdos em uma única disciplina, o que não significa que para preparar os futuros professores para trabalharem com propostas CTS seja obrigatório haver uma disciplina específica

sobre essa temática. Parece bastante apropriado o desenvolvimento desses vários conteúdos ao longo do curso em mais de uma disciplina e, inclusive, em alguma que venha a priorizar mais enfaticamente essa perspectiva. Contudo, há exemplos de disciplinas estruturadas exclusivamente para tratar da perspectiva CTS, como apresentado no trabalho de Guaita e Poveda (2001). Os autores descreveram uma disciplina eletiva sobre a temática CTS ofertada para diversos cursos de licenciatura da Espanha, explicitando os conteúdos que são desenvolvidos na mesma. A organização curricular proposta envolveu cinco blocos de conteúdos (muito próximos aos descritos por Acevedo Diaz e seus colaboradores), conforme estão apresentados na sequência:

- Ciência, técnica e tecnologia: perspectiva histórica.
- Sistema tecnológico.
- Repercussões sociais da atividade tecnológica.
- Controle social da atividade científica e tecnológica.
- Desenvolvimento científico e tecnológico: reflexões filosóficas.

Já Trivelato (1999), sem se referir a conteúdos que devam ser privilegiados na formação, apresenta um conjunto de tópicos relevantes para iniciativas de formação de professores que buscam a inclusão de questões relativas a CTS nos currículos escolares, são eles: conhecimento da disciplina, disposição positiva para questionar e rever sua prática, reconhecimento do aluno como agente do processo de ensino-aprendizagem, preparação e realização de atividades transformadoras e direcionamento do trabalho educacional para a preparação da cidadania.

O *conhecimento da disciplina* é tido como um elemento essencial na formação docente. Dominar e ter segurança em relação aos conteúdos possibilita que o professor tenha a percepção do que é mais relevante em sua área e facilita o estabelecimento de relações com tópicos de outras áreas do conhecimento. Muitas vezes, quando não há este domínio por parte do professor, vislumbram-se práticas pedagógicas pautadas excessivamente na memorização, superficiais em termos conceituais e bastante formulísticas. Como consequência disso, verificam-se processos educativos bastante distantes do que se espera em um enfoque CTS, como o envolvimento e questionamentos por parte dos alunos, contextualização dos conteúdos, tratamento interdisciplinar, apresentação de uma imagem adequada da

ciência e da tecnologia, entre outros. Assim, enfatiza-se a necessidade de uma formação que propicie aos licenciandos segurança no que diz respeito aos conceitos da área.

Disposição positiva para questionar e rever sua prática deve ser uma atitude estimulada na formação dos professores. A autora aponta a necessidade de os professores avaliarem sua ação, reconhecerem as eventuais limitações desta e estarem dispostos a mudá-la, como uma postura fundamental para que haja um engajamento em inovações curriculares, como o CTS por exemplo. Por isso, recomenda ações formativas que valorizem a autocrítica e a reformulação de práticas e posturas, “de tal forma que passem a existir ocasiões, condições e incentivos para que os professores consigam manter uma disposição positiva para mudar e melhorar sua prática profissional” (TRIVELATO, 1999). De forma muito simplificada, poderia se dizer que esta característica sugere um alinhamento ao perfil de um professor reflexivo, que reflete sobre sua prática, constrói e reconstrói a mesma de maneira criativa e flexível ao invés de apenas aplicar práticas e técnicas de forma recorrente.

Envolver e reconhecer o aluno como agente do processo de ensino-aprendizagem é outra ação do professor que assume vital importância em uma perspectiva CTS. Assim, possibilitar uma formação docente preocupada com a superação do modelo de ensino por transmissão, que concebe o aluno como um sujeito passivo e sem conhecimento prévio, é fortemente recomendada. Isso significa preparar o professor para visualizar o processo de ensino-aprendizagem a partir do aluno, buscando identificar condições para que o mesmo possa se envolver em tal processo. Estas condições podem ser evidenciadas identificando o conhecimento prévio do aluno, seus interesses, questões que estão diretamente ligadas à sua realidade, entre outros. Neste sentido, poderia se acrescentar a importância de fornecer aos professores o conhecimento sobre teorias de ensino-aprendizagem para que possam ter uma compreensão mais ampla sobre o processo de ensino-aprendizagem (tendo em vista a superação do modelo tradicional), bem como uma ação mais articulada, na qual possam ancorar-se nos diferentes referenciais conforme a necessidade imposta pelo contexto educacional com o qual se deparam, assumindo sempre como prioridade o aluno e não o programa.

A preparação e realização de atividades transformadoras é uma ação docente que envolve as outras características já mencionadas. Saber selecionar, preparar e

conduzir atividades representa um eixo essencial do trabalho docente, ainda mais dentro de uma abordagem CTS que exige a seleção de temas sociais cuja preparação exige mais que conhecimentos específicos da área e a implementação requer grande articulação do professor. Assim, esta é outra característica para a qual os cursos de formação devem estar atentos, pois dificilmente o professor conseguirá propor atividades que promovam a construção de conhecimentos, o raciocínio lógico, a solução de problemas, o exercício da tomada de decisão, etc., em uma perspectiva CTS, se não houver nenhuma iniciativa em discutir e construir tais propostas em processos formativos.

Dirigir o trabalho educacional para a preparação da cidadania deve ser considerado o grande mote de um ensino pautado pelo enfoque CTS, pois como a autora aponta:

Acreditamos que, dentro desse propósito, devemos procurar atitudes que busquem capacitar os estudantes para agir, na tentativa de melhorar sua qualidade de vida, o que envolve aspectos individuais, de sua comunidade e até mundiais. Dessa forma, se justifica também a necessidade de relacionar o currículo com a vida cotidiana do jovem, procurando, sempre que possível, dar um significado para os assuntos tratados na escola (TRIVELATO, 1999).

Portanto, os professores de ciências precisam ter condições de estimular a capacidade de tomada de decisão e de desenvolver em seus alunos uma consciência crítica, que permita o questionamento das estruturas do sistema vigente, de forma que possam agir como cidadãos, fazendo escolhas que conduzam a transformações na sociedade. Ainda, nos casos em que não se evidencia uma possibilidade de participação tão evidente, lutar para conquistar tais direitos é fundamental.

Assim, tendo em vista tal característica da ação docente em uma perspectiva CTS, vislumbra-se a importância de propiciar uma formação de professores em um marco alinhado ao modelo de professor intelectual crítico. Dentro desta perspectiva, um aspecto que os cursos de formação não podem negligenciar diz respeito aos tópicos de sociologia, história e filosofia da ciência, pois estes irão constituir importantes fundamentos teóricos que subsidiarão o professor na condução de um trabalho que prepare para a cidadania.

Todavia, Acevedo *et al.* (2002) esclarece que por ser de natureza dialética e impregnada por valores, a formação CTS dos professores não deve recair em uma doutrinação, na qual seja incentivada a adesão a uma posição particular. Muito pelo contrário, sugere que esta deve estar empenhada em mostrar diversas perspectivas,

fomentando a busca por diferentes maneiras de conceber a ciência e a tecnologia, de forma a compreendê-las melhor, avaliá-las criticamente e adquirir a visão de que tais conceituações, assim como na ciência, mudam, não são estanques.

Por outro lado, ao ser referido ao professor como um obstáculo à implementação do enfoque CTS, não se pode negligenciar a influência das concepções CTS deste na constituição de tal obstáculo. Segundo Acevedo *et al.* (2002), as concepções CTS dos professores passaram a ganhar destaque nas pesquisas mais recentemente, pois, segundo ele, não se pode ensinar algo que se desconhece e também porque é sabido que tais concepções influenciam na prática docente, assim como nas concepções dos alunos.

Strieder (2012), em análise de trabalhos sobre a temática CTS publicados em eventos nacionais da área de ensino de ciências, destaca que compreender as concepções de professores sobre a temática representa uma preocupação dos pesquisadores brasileiros. Segundo ela, os trabalhos em geral buscam conhecer as compreensões de professores tanto em formação inicial, quanto continuada para problematizá-las. Por outro lado, indica que também não há um consenso sobre qual seria a concepção mais adequada, mas de maneira geral as pesquisas destacam que os professores em exercício apresentam uma visão ingênua sobre as relações CTS.

Auler e Delizoicov (2006), baseados em exaustivos trabalhos de revisão bibliográfica sobre compreensões de alunos e professores de ciências sobre CTS elaborados por Acevedo Díaz, apresentam algumas tendências relevantes:

- A tecnologia é considerada hierarquicamente inferior à ciência, sendo apenas uma aplicação desta;
- A tecnologia como sendo a aplicação prática da ciência, no mundo moderno, para produzir artefatos com a intenção de melhorar a qualidade de vida ou para fabricar novos dispositivos;
- Endosso a uma visão tecnocrática em decisões envolvendo CT. Considera-se que os especialistas têm melhores condições para decidir devido aos seus conhecimentos;
- Considera-se que os governos estão mais capacitados, através de suas agências especializadas, para coordenar programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Acevedo assinala que isso também supõe uma posição favorável a um modelo político tecnocrático;
- Identificação da tecnologia com artefatos técnicos. Segundo Acevedo, ideia incompleta, mas que goza de grande apoio (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Na literatura nacional existem vários trabalhos que, ao investigarem a compreensão de professores sobre CTS, encontraram resultados alinhados a esses apresentados por Auler e Delizoicov (2006).

Firme e Amaral (2008) investigaram a contribuição de um processo formativo para a ressignificação de concepções de professores de Química sobre as inter-relações CTS. O trabalho das autoras foi dividido em duas partes, em um primeiro momento foram feitas entrevistas com os professores participantes de forma a levantar concepções destes professores sobre ciência, tecnologia e sociedade e sobre as relações ciência-sociedade, ciência-tecnologia e tecnologia-sociedade. Em um segundo momento, os professores participaram de um processo formativo que ocorreu em dois encontros, ao longo dos quais foram discutidos aspectos sobre a perspectiva CTS.

A partir das entrevistas, as autoras encontraram concepções de ciência ingênuas que consideravam a ciência como um conjunto de conhecimentos aplicados para a produção de melhores condições de vida, como busca de conhecimentos para questões atuais ou ainda, em contraponto a essas, compreensões mais aproximadas de uma perspectiva como produção humana. Quanto à tecnologia, apontam a existência de concepções bastante ingênuas, nas quais a mesma adquire um *status* inferior à ciência, sendo considerada aplicação de conhecimentos científicos ou independente da ciência. Quanto às relações sociedade-ciência e sociedade-tecnologia, os professores investigados demonstraram crer que a sociedade parece não ter poder de influência sobre a ciência e a tecnologia, mas admitem a possibilidade do contrário ocorrer. Diante das concepções levantadas, as autoras consideraram importante, para a segunda etapa do trabalho, promover discussões sobre os seguintes aspectos:

[...] o fortalecimento da ideia de ciência como uma construção humana, suscetível às influências da sociedade e como uma das formas de interpretação do mundo; a construção de uma visão menos instrumental e mais influente da tecnologia no que se refere à produção do conhecimento científico, buscando evidenciar as formas como caminham juntas ciência e tecnologia; e, finalmente, uma visão de sociedade não somente consumidora, mas intrinsecamente participante na produção da ciência e tecnologia, estando o seu poder de ação tanto no âmbito dos grupos de maior influência social como ao alcance do cidadão comum organizado e consciente (FIRME; AMARAL, 2008).

Depois do processo formativo, as autoras apontam a ocorrência de mudanças nos posicionamentos dos professores, principalmente no que diz respeito à relação

entre ciência e sociedade. Contudo, concluem que algumas das concepções iniciais identificadas acarretam em verdadeiros obstáculos à implementação do CTS em sala de aula, sendo que estas envolvem principalmente questões sociais e tecnológicas.

Quanto às concepções de tecnologia de professores é possível encontrar alguns trabalhos preocupados em entendê-las. Em um estudo com professores da educação básica, Deconto *et al.* (2012) identificaram a predominância de compreensões pouco esclarecidas sobre tecnologia, a qual é entendida essencialmente como aparatos modernos, dentro de um quadro limitado apenas a aspectos técnicos. O trabalho de Ricardo *et al.* (2007) também apontam nesta direção, evidenciando concepções de tecnologia como instrumentos modernos e ciência aplicada. Ainda, ao analisar concepções sobre inclusão da tecnologia em sala de aula, os autores concluem que os professores consideram ser bastante pertinente, porém afirmam inexistir relações entre conteúdos escolares e a tecnologia.

Talvez um dos principais trabalhos nacionais dedicados a tratar as relações CTS e a formação de professores seja de Auler e Delizoicov (2006), no qual há também a preocupação em identificar compreensões sobre as inter-relações CTS de professores com o intuito de respaldar ações de formação inicial e continuada. Os autores, inicialmente, fundamentaram parâmetros de interação CTS e depois fizeram entrevistas com um grupo de professores cuja análise foi balizada pelos parâmetros explicitados por eles: superação do modelo de decisões tecnocráticas, superação da perspectiva salvacionista/redentora atribuída à Ciência e à Tecnologia e superação do determinismo tecnológico. Assim, na análise feita pelos autores buscou-se avaliar as compreensões dos professores em termos da aproximação e do distanciamento a esses parâmetros.

Como resultados os autores apontam que há uma tendência ao endosso ao modelo de decisões tecnocráticas e posicionamentos aproximados ao determinismo tecnológico. Também verificaram uma rejeição à perspectiva salvacionista atribuída à ciência e a tecnologia. Os autores acrescentam que nas análises puderam verificar contradições no pensar dos professores e associam esta incoerência interna a uma compreensão confusa e ambígua sobre a não-neutralidade da ciência e da tecnologia. Desta forma,

Destaca-se, assim, a necessidade de, um lado, considerar, no processo formativo, as dimensões: Endosso ao modelo de decisões tecnocráticas, passividade diante do desenvolvimento científico-tecnológico e a

necessidade da superação da perspectiva salvacionista/redentora atribuída à CT. De outro, aprofundar investigações sobre concepções relativamente à suposta neutralidade da CT, considerando que, uma compreensão ambígua, incompleta pode ser uma das causas das contradições presentes no pensar dos professores, aspecto que dificulta uma compreensão mais crítica sobre as interações entre CTS. A suposta neutralidade pode estar, também, legitimando, no campo ideológico, modelos decisórios de cunho tecnocrático (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Portanto, parece ser um consenso entre os pesquisadores da área que a formação docente é um desafio a ser superado para a construção de uma adequada compreensão sobre as inter-relações CTS, bem como para que ocorra uma efetiva incorporação da perspectiva nas salas de aula.

4.3. A estruturação da disciplina “Metodologia do Ensino de Física”

A disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” tem um papel central no desenvolvimento desta pesquisa, pois representa o contexto no qual a mesma foi realizada. A inserção desta disciplina no currículo da licenciatura em Física da UFRGS ocorreu em 2011, momento em que o projeto deste trabalho de mestrado também começou a ser implementado.

Naquele momento, por ser uma disciplina recém incorporada na matriz curricular do curso, ainda carecia de uma estruturação que pudesse guiar a implementação, apesar de já ter sua ementa definida antes do processo que aprovou sua inclusão. Assim, a estruturação e implementação da disciplina de Metodologia do Ensino de Física também integram os objetivos almejados neste trabalho, além de serem condições básicas para que a pesquisa sobre as concepções de CTS dos licenciandos pudesse ser desenvolvida.

A disciplina foi inserida na estrutura curricular de forma a ser disponibilizada aos licenciandos em Física do 6º semestre, no caso do diurno (curso distribuído ao longo de oito semestres), e do 8º semestre para o noturno (curso distribuído ao longo de dez semestres), sendo de responsabilidade do departamento de Física da universidade. É interessante notar que nesta etapa em que foi inserida, mais próxima ao final da licenciatura, o público alvo já possuía uma formação bastante avançada em conhecimentos específicos - tendo cursado disciplinas de responsabilidade do departamento de Física como Físicas Básicas, Laboratório de Física Moderna, Física do Século XX, Instrumentação para o ensino - e de conhecimentos pedagógicos –

tendo cursado disciplinas de responsabilidade da Faculdade de Educação como Psicologias da Educação, Filosofia da Educação, entre outras.

É preciso considerar a “Metodologia do Ensino de Física” como uma disciplina integradora, que atua na interface de conhecimentos específicos e pedagógicos. Como foi exposto nas seções anteriores, a formação dos professores não pode ser pautada por uma simples soma destes dois conhecimentos, mas por uma articulação dos mesmos, proporcionando que as teorias estudadas na Faculdade de Educação, demasiadamente abstratas, possam ser aproximadas do ensino de Física da educação básica, assim como as disciplinas específicas, pautadas por conteúdos bastante aprofundados e, de certa forma, diferentes daqueles que deverão ser ensinados pelos futuros professores, possam ser aproximadas do ensino de Física na educação básica.

Sendo esta uma missão para a disciplina de “Metodologia do Ensino de Física”, entende-se que a mesma deve fornecer subsídios teóricos e práticos que contemplem o tratamento pedagógico dos conteúdos e possibilitem aos futuros professores construir práticas pedagógicas que não sejam pautadas pelo tradicional modelo de transmissão. Porém, isto não significa que devam ser fornecidos diferentes métodos de ensinar a serem aplicados para promover a aprendizagem de determinados conteúdos, muito pelo contrário, esta disciplina deve ser entendida como um espaço de discussão, construção e reflexão sobre diferentes perspectivas, partindo de uma concepção de aluno, professor e escola menos idealizada e mais próxima da realidade.

Espera-se contribuir para que os futuros licenciandos não sejam simples reprodutores do livro didático ou de modelos assimilados a partir da formação ambiental, mas para além dessa perspectiva, que sejam elaboradores de seus próprios materiais, tenham condições de desenvolver sua prática a partir de perspectivas que julguem mais adequadas para o seu contexto, consigam fazer a transposição didática dos conteúdos e possam acompanhar o aprendizado de seus alunos a partir de um bom processo avaliativo.

Assumindo esta perspectiva e buscando subsídios nas considerações sobre formação de professores de ciências apontadas pela literatura que foram expostas nas seções anteriores, estruturou-se a disciplina a partir de seis grandes eixos.

O primeiro eixo refere-se às concepções de ensino-aprendizagem dos licenciandos. Como foi exposto nas seções anteriores, os professores possuem concepções de senso comum que influenciam a sua forma de pensar e conduzir o ensino de Física. Como exemplos de tais concepções citam-se: a obrigação em cumprir os programas; o ensino enciclopédico; o entendimento do fracasso nas disciplinas científicas como algo natural; a ideia de que ensinar é algo fácil, bastando para isso conhecer bem os conteúdos científicos; a avaliação como elemento classificatório de alunos (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995).

Tendo em vista o impacto que visões como essas produzem nos processos de ensino-aprendizagem, o propósito de romper com tais visões do senso comum surge como um pano de fundo dessa disciplina. Embora a busca por conhecer as concepções apresentadas pelos licenciandos se dê logo no primeiro momento da disciplina, sua problematização deve ser um processo desenvolvido ao longo de toda a duração da mesma por dois motivos: (1) tais visões não são superadas simplesmente identificando-as e propondo suas respectivas formas “adequadas”; (2) é necessário que ocorra uma série de reflexões de cunho epistemológico e didático-pedagógico que serão contempladas aos poucos em praticamente todos os demais eixos organizativos da disciplina.

Assim, como um dos principais eixos da disciplina, espera-se proporcionar aos licenciandos em formação condições para analisar criticamente suas visões, possibilidades para efetivar a superação das mesmas e para promover uma ruptura na formação ambiental.

O segundo eixo da disciplina refere-se às políticas públicas para o ensino de Física. Como foi exposto nas seções anteriores entende-se que propiciar o contato com os documentos norteadores da educação básica durante a formação inicial é essencial. Contudo, a abordagem desse tema não se justifica pela crença de que o professor é um implementador de políticas determinadas pelo governo e que para tal ação precisa conhecê-las. Sabe-se, é claro, que aqueles documentos que têm força de lei, como a LDB e as DCN, não podem ser ignorados pelos professores.

Apesar disso, parte-se do pressuposto que, no que diz respeito às políticas públicas, é essencial propiciar que o futuro professor possa lê-las, analisando-as criticamente para: (1) ter consciência sobre qual visão de educação está contribuindo e como estas políticas interferem no conhecimento escolar; (2) incorporar à sua

prática as potencialidades vislumbradas nestes documentos e estar atento às limitações; (3) possa questionar o sistema educacional e as políticas que tanto o excluem como tentam controlá-lo.

Portanto, dentro deste eixo, propõem-se a leitura e a análise crítica da legislação vigente, tal como a LDB, DCN, PCN, PCN+ e Orientações Curriculares. Também inclui-se nessa lista os referenciais regionais, conhecidos como Lições do Rio Grande¹⁸.

Como terceiro eixo da disciplina propõe-se o estudo das teorias de ensino-aprendizagem, tema este apontado como uma necessidade formativa dos professores de ciências há pelo menos duas décadas (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995). As teorias de ensino-aprendizagem são importantes construções humanas que servem para fundamentar a ação docente, como aponta Libâneo (1986):

Fica claro que o modo como os professores realizam seu trabalho, selecionam e organizam o conteúdo das matérias, ou escolhem técnicas de ensino e avaliação tem a ver com pressupostos teórico-metodológicos, explícita ou implicitamente (LIBÂNEO, 1986).

Ou seja, permeando a prática docente sempre existem pressupostos filosóficos e metodológicos e crenças que, de alguma forma, estão filiados a teorias de ensino-aprendizagem, mesmo quando implícitas. Aliás, na maioria das vezes a prática docente é baseada em teorias implícitas, que são aquelas adquiridas a partir da formação ambiental. Assim sendo, tendo em vista o papel decisivo que os pressupostos teóricos sobre a aprendizagem assumem na atividade docente, entende-se que é de extrema importância possibilitar que os professores em formação possam se apropriar de diferentes perspectivas.

Sabe-se que na Faculdade de Educação, principalmente, nas disciplinas de “Psicologia da Educação”, é priorizado o estudo de algumas dessas correntes teóricas, contudo, como já foi dito anteriormente, tal estudo é geral demais e desvinculado do ensino de Física. Portanto, a introdução de teorias de ensino-aprendizagem na disciplina de Metodologia do Ensino de Física é concebida pelo olhar da Física, permitindo uma aproximação destas teorias com o ensino de Física

¹⁸ Cabe destacar que já existem novos documentos oficiais tanto em nível nacional quanto regional, todavia, como na época da estruturação da disciplina estes ainda não haviam sido elaborados, os mesmos não serão incluídos.

na educação básica e, proporcionando, assim, contribuições à prática docente mais palpáveis, realistas e contextualizadas.

Desta forma, este eixo da disciplina deve contemplar as principais abordagens do processo de ensino-aprendizagem em uma concepção evolutiva, buscando discutir dentro de cada uma delas os pressupostos gerais, as visões de mundo, o papel da educação, da escola, do professor e do aluno, os desdobramentos metodológicos, a avaliação, entre outros.

As seguintes perspectivas são contempladas: o comportamentalismo, focando principalmente na teoria skinneriana; o cognitivismo, dando ênfase às teorias de Piaget e Ausubel; o humanismo, destacando alguns aspectos gerais das proposições de Rogers e Kelly; a perspectiva sociocultural, aprofundando as teorias de Vygotsky e Freire. Ainda, dentro da perspectiva cognitivista, é abordado o movimento das concepções alternativas e o Modelo da Mudança Conceitual.

Espera-se, assim, contribuir para que os licenciandos possam articular os conteúdos de Física com os conhecimentos pedagógicos para gerar metodologias de ensino bem fundamentadas, coerentes, profícuas e inovadoras. Isso vai ao encontro do que foi exposto nas seções anteriores: promover a integração dos conhecimentos específicos e pedagógicos, como se deseja nesta disciplina, é fundamental para que os licenciandos possam no futuro promover uma adequada transposição didática. Ainda, cabe lembrar que o estudo dos referenciais teóricos da aprendizagem auxilia na construção da identidade docente desses licenciandos, nem próxima ao bacharelado e nem afastada demais da Física, mas com característica híbrida. Também é possível afirmar que permitem romper com as visões de senso comum docente e, de maneira geral, analisar criticamente o ensino tradicional.

O planejamento e avaliação do processo de ensino-aprendizagem é outro eixo estruturante da disciplina, considerando que são duas funções básicas constituintes da prática docente e responsáveis por organizar e acompanhar o processo de ensino-aprendizagem. Discutir com os professores a importância de planejar suas aulas, fornecer subsídios para que os mesmos possam elaborar seus planejamentos e fornecer espaço para a elaboração dos mesmos e discussão com seus colegas é um dos objetivos propostos por este eixo. Da mesma forma, proporcionar que os mesmos tenham uma visão sobre o processo avaliativo que transcenda o atual modelo de avaliação classificatório, excludente e controlador, passando a vislumbrar o mesmo

como um elemento necessário para acompanhar o desenvolvimento dos alunos também é um objetivo central deste eixo. Pois, como aponta Cassab (2008):

Refletir sobre as possibilidades e limitações destas ações [planejamento e avaliação] inseridas em contextos institucionais específicos, na consideração dos sujeitos e conhecimentos envolvidos e no âmbito do devir histórico é desafio que o professor ainda na sua formação inicial deve ser incitado a enfrentar, pois estas duas dimensões indissociáveis e complexas do processo educativo envolvem a análise de um conjunto de concepções que orientam o trabalho na escola e especificamente na sala de aula de Ciências e Biologia (CASSAB, 2008).

Portanto, assumindo que estas duas ações apresentam diferentes concepções de acordo com o quadro teórico sob o qual são analisadas, espera-se proporcionar diferentes pontos de vista sobre ambos os processos, tendo em vista a crítica aos modelos tradicionais nos quais: (1) o planejamento é visto como algo sem significado e como um conjunto de passos operacionais bem delimitados a serem seguidos rigorosamente, sendo assim, muitas vezes, negligenciado; (2) a avaliação é visualizada como uma forma de classificação dos alunos e de discriminação (bons X maus).

Ainda cabe destacar que o planejamento e avaliação não são restritos a um único momento da disciplina, pois discussões sobre os mesmos permeiam os demais eixos da disciplina. Inclusive, foi solicitado que os licenciandos elaborassem planejamentos e construam alguns materiais em vários momentos, nos quais a avaliação está intimamente atrelada e precisa ser pensada, conforme o contexto do que esteja sendo proposto.

O quinto eixo da disciplina compreende o movimento CTS, que até então não era contemplado por nenhuma disciplina da estrutura curricular do curso. Tendo em vista a relevância do mesmo para o ensino de ciências, a consolidação como tendência de pesquisa e o consensual apontamento da literatura sobre a importância de incluí-lo nos processos de formação de professores, sua inserção na disciplina de Metodologia do Ensino de Física mostrou-se extremamente necessária.

Assim, dentro deste eixo, espera-se apresentar o movimento CTS aos licenciandos, apresentando sua origem e pressupostos básicos. Isso inclui proporcionar o estudo de alguns aspectos sobre a natureza da ciência e da tecnologia, bem como suas inter-relações com a sociedade. Como consequência, se propõe problematizar a suposta neutralidade que envolve a ciência e a tecnologia, almejando

a superação dos mitos subjacentes a tal neutralidade, como apontam Auler e Delizoicov (2006).

Além disso, discussões sobre o desdobramento educacional do movimento representam um elemento chave dentro do eixo, tendo em vista que o professor após compreender as inter-relações CTS, precisa refletir como os pressupostos podem ser discutidos na educação básica e qual o papel dos mesmos dentro deste âmbito. Assim, é preciso envolver os licenciandos em um trabalho que aborde significados, objetivos e aspectos didático-pedagógicos subjacentes à perspectiva, tendo em vista a implementação da mesma em suas práticas pedagógicas.

Pode se acrescentar ainda, como ideia central que subjaz esse eixo, o comprometimento em proporcionar que os licenciandos possam reconhecer a compreensão que possuem sobre o CTS e tenham, por meio das reflexões e produção de materiais a serem desenvolvidos dentro deste eixo da disciplina, oportunidades de problematizar aquelas pouco elaboradas e desenvolver compreensões mais elaboradas sobre CTS.

Por fim, o sexto e último eixo proposto engloba as principais estratégias didáticas recomendadas por trabalhos de pesquisa da área. Como importantes elementos para subsidiar o desenvolvimento das aulas dos professores, algumas dessas estratégias apontadas pela literatura são:

- 1) Uso da Filosofia e História da ciência no ensino de Física;
- 2) Contextualização e problematização no ensino de Física;
- 3) Práticas experimentais no ensino de Física;
- 4) Tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física.

Portanto, a estrutura da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” se deu a partir destes seis grandes eixos, a partir dos quais se elaborou o plano de ensino da disciplina (apresentado no Anexo A) e foi selecionada a bibliografia de trabalho.

Portanto, a primeira etapa desta pesquisa, envolveu um trabalho de desenvolvimento em ensino de Física, que culminou na estruturação da disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” e teve continuidade com a implementação da mesma, cuja descrição será feita na próxima seção. Contudo, antes disso, é preciso destacar a relevância que essa disciplina, da forma como foi estruturada, assume na formação dos professores de Física.

É pertinente fazer-se também uma comparação entre os conteúdos tratados na disciplina, conforme apresenta o plano de ensino elaborado, e os conteúdos específicos para a licenciatura a serem avaliados no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), segundo a portaria INEP nº 254, de 02 de junho de 2014. Antes disso é importante destacar que esta prova “tem como objetivo geral avaliar o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares, às habilidades e competências para a atualização permanente e aos conhecimentos sobre a realidade brasileira, mundial e sobre outras áreas do conhecimento” (p. 33). Os conteúdos específicos para o curso de Licenciatura em Física que a prova pretende avaliar são os seguintes:

III- Conteúdos específicos para a Licenciatura:

a) Fundamentos históricos, filosóficos e sociológicos da Física e o ensino da Física: ciência e cultura na sociedade contemporânea; utilização de aspectos históricos, filosóficos e sociológicos no Ensino da Física;

b) Políticas educacionais e o ensino da Física: normativas legais para a formação de professores para a Educação Básica e para o ensino da Física; propostas de configurações curriculares para a Educação Básica e para o ensino da Física; orientações oficiais para o ensino da Física, seu desenvolvimento e sua avaliação nas diversas regiões do país; alfabetização científico-tecnológica e a organização escolar; atualização e inovação curricular no ensino da Física; políticas educacionais atuais para a melhoria da Educação Básica; políticas educacionais atuais para a melhoria da formação dos professores;

c) Organização didático-curricular para o ensino da Física: fundamentos sóciohistóricos, pedagógicos e metodológicos para organização e desenvolvimento de currículos para o ensino da Física; perspectivas e enfoques de currículos para o ensino de Física; enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) no ensino da Física; articulações entre projeto político-pedagógico escolar e programação curricular para o ensino da Física na Educação Básica; resolução de problemas como estratégia didática;

d) Metodologia do ensino da Física: conteúdos de ensino e recursos didáticos para o ensino da Física; organização e desenvolvimento de atividades e materiais didáticos para o ensino da Física; papel da linguagem na construção do conhecimento científico e nas aulas de Física; papel da experimentação no ensino da Física; modelização e relações entre Física e Matemática no ensino da Física; análise de textos didáticos, projetos de ensino, aplicativos didáticos e objetos educacionais digitais e sua utilização no ensino da Física; abordagens didático-pedagógicas utilizadas na Educação Básica e no ensino da Física; obstáculos de aprendizagem, concepções alternativas e mudança conceitual no Ensino da Física; concepções, metodologias e instrumentos de avaliação na Educação Básica e no ensino da Física; tecnologias de informação e comunicação no ensino da Física; papel dos espaços e dos veículos de divulgação científica no ensino da Física; resolução de problemas e novas tecnologias (BRASIL, 2014, p.33) .

Como é possível perceber, a disciplina “Metodologia do Ensino de Física” contempla conteúdos dos quatro itens a serem avaliados pelo ENADE. O item (a), mesmo que de maneira superficial (tendo em vista que existe uma disciplina direcionada a estes aspectos) tem espaço nas discussões sobre CTS, bem como nas estratégias didáticas. O item (b) é contemplado pelo segundo eixo estruturante da disciplina, além de a alfabetização científico-tecnológica ser discutida no eixo do movimento CTS. O item (c) é desenvolvido ao longo dos diferentes eixos e muitos conteúdos apresentados no item (d) também são contemplados no decorrer da disciplina.

Esta comparação não parte do pressuposto de que a formação dos professores deve ser condicionada às provas de avaliação, muito embora estas sejam consideradas pelas agências reguladoras do ensino superior como indicativos de qualidade dos cursos. O que se quer mostrar é que a disciplina “Metodologia do Ensino de Física”, estruturada neste trabalho, fundamentada nos apontamentos das pesquisas sobre formação de professores, está alinhada ao que se espera do professor de Física segundo esta avaliação, podendo ser um indicativo de sua relevância para a formação de professores na instituição avaliada. Ainda, é possível verificar nessas proposições do ENADE um peso considerável no enfoque CTS e na alfabetização científico-tecnológica, temas que o curso de Licenciatura em Física da UFRGS não contemplava em sua estrutura curricular, sendo mais um indicativo da necessidade de inclusão dos mesmos, como se propôs neste trabalho. Na próxima seção será descrita de maneira breve como foi a implementação da disciplina.

4.4. Implementação da disciplina

Nesta seção será apresentada uma breve descrição de como se desenvolveu a implementação da disciplina “Metodologia do Ensino de Física”, sendo exposto um pequeno relato de cada uma das aulas. Buscou-se conduzir o desenvolvimento da mesma dentro de uma perspectiva sociocultural, assumindo que a construção do conhecimento em sala de aula se dá a partir da interação entre os indivíduos em um processo discursivo. Assim sendo, procurou-se priorizar nas aulas o desenvolvimento de discussões entre o grupo de licenciandos, de forma a possibilitar que diferentes vozes emergissem, se confrontando e articulando. A professora ao discutir com os licenciandos os diversos temas da disciplina, o fazia sempre suscitando que eles

expressassem suas compreensões sobre estes (iniciadas com um contato prévio a partir de leituras realizadas antes da aula), problematizando os diferentes pontos de vista e auxiliando na construção de um entendimento mais amplo. Mesmo nas aulas mais expositivas, na qual poderia se assumir um caráter mais transmissivo, este processo discursivo era propiciado.

O papel do outro, portanto, foi essencial na construção do conhecimento ao longo da disciplina. Incorporando este papel encontra-se: (1) a professora, como facilitadora e organizadora da aprendizagem; (2) os colegas, como sujeitos com visões de mundo diferentes, com os quais era necessário se envolver em um processo discursivo de negociação e troca de significados, e parceiros que enfrentavam juntos os desafios impostos pelas atividades de produção de aulas e materiais. Dentro deste quadro, tanto a professora como os colegas podem ser considerados como um parceiro mais capaz, que auxilia no desenvolvimento de potencialidades que estão dentro da ZDP.

Portanto, de maneira geral as aulas tinham essa estrutura: em casa os estudantes faziam uma leitura sobre o tema a ser discutido na próxima aula e tinham a sua disposição algumas questões norteadoras da leitura. Assim, cada licenciando, a partir dessa leitura, construía sua própria compreensão sobre o assunto e era suscitado, em aula, a contrastá-la com as compreensões dos demais colegas. As discussões também eram estimuladas quando os licenciandos apresentavam seus trabalhos (micro-aulas, seminários e planos de aula).

No total, foram 31 aulas, que ocorriam todas as segundas e quartas-feiras, ao longo do segundo semestre de 2011, no horário das 14h30min às 16h10min. Estavam matriculados na disciplina onze estudantes com características bastante diversas: alguns já haviam cursado disciplinas mais avançadas do curso; outros já atuavam como professores da rede estadual, mesmo antes de se formar; alguns licenciandos eram bolsistas de iniciação à docência, enquanto outros de iniciação científica (na área de Física e de Ensino de Física). Isso se mostrou um aspecto bastante positivo, pois possibilitou que emergissem visões bastante variadas, enriquecendo significativamente as discussões em aula.

Aos estudantes da disciplina foram dados nomes fictícios aos quais se fará referência durante a análise, são eles: Ana, Cleber, João, Júlia, Lucas, Marcos, Mário,

Pedro, Rafael, Renan e Sofia. Na sequência serão descritas brevemente estas aulas, de forma a caracterizar melhor o contexto de investigação.

Aula 1 – Apresentação da disciplina

Nesta aula foi apresentada a disciplina e o plano de ensino foi lido com a turma, sendo esclarecidos os métodos avaliativos, as metodologias empregadas pela professora e os objetivos da disciplina. Além disso, foi informado que na mesma seria desenvolvido o presente trabalho para o qual os alunos estavam sendo convidados a fazer parte como sujeitos de pesquisa. Foi entregue e lido com os alunos o termo de consentimento informado que se encontra no Apêndice A, esclarecendo todas as dúvidas referentes ao trabalho de pesquisa que seria desenvolvido na disciplina. Todos os alunos aceitaram participar. Após, foi entregue aos alunos um questionário de concepções de ensino-aprendizagem (ver anexo B) para que fosse respondido de forma individual.

Aula 2 – Discussão do questionário sobre concepções de ensino-aprendizagem

O questionário respondido pelos alunos na primeira aula foi discutido no grande grupo. Os alunos sentaram-se em círculos e cada um foi expondo ao grande grupo o que havia respondido em cada uma das questões. Os colegas poderiam interferir na fala de cada colega, caso não concordasse, quisesse complementar ou para expressar concordância. Os estudantes foram deixados bastante livres para expressarem suas opiniões, tendo sido esclarecido anteriormente que este se tratava de um questionário para o qual não existem respostas totalmente certas e que não havia preocupação em verificar se os alunos estavam respondendo de maneira correta ou errada, mas sim em conhecer o pensamento deles sobre cada uma delas e discutir com os colegas. Após o término da atividade, verificou-se que ao longo do semestre esses questionamentos ressurgiriam e as respostas a eles dirigidas iriam ganhando novas formas e significados de acordo com as reflexões desenvolvidas no período.

Aula 3 – Gênese da área de ensino de Física

Nesta aula a professora da disciplina fez uma apresentação sobre a gênese da área de ensino de Física, desde a marcante década de 50 até os dias atuais,

apresentando por fim, as principais linhas de investigação da área de ensino de Física. Como leitura para quem tivesse interesse em estudar um pouco mais alguns aspectos da área de ensino de ciências como um todo, sugeriu-se a seguinte referência: KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das ciências. São Paulo: EPU, 1987.

Aula 4 – Políticas públicas para o ensino de Física – parte I

Leituras solicitadas para a aula: (1) BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2000. (2) BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais + (Ensino Médio). Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2002.

Nesta aula foi iniciada a discussão dos documentos oficiais da educação. Como os alunos afirmaram já ter lido na Faculdade de Educação a LDB/96 e as DCN, foi solicitado apenas que os mesmos lessem para esta aula as bases legais dos PCN e a parte de ciências da natureza e suas tecnologias, bem como a parte de ciências da natureza e suas tecnologias dos PCN+. A discussão/problematização guiada pela professora partiu da LDB/96 e das DCN/98, seguindo para o PCN, ficando os PCN+ para a aula seguinte. Foram temas de maior destaque na discussão as competências e habilidades, contextualização, interdisciplinaridade e os eixos organizadores dos PCN (representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural).

Aula 5 – Políticas públicas para o ensino de Física – parte II

Leituras solicitadas para a aula: (1) BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (2) RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Educação. Departamento Pedagógico (Org.). Referenciais Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul: Ciências da natureza e suas Tecnologias. 1 ed. Porto Alegre: SE/DP, 2009.

Dando continuidade à discussão dos documentos oficiais a professora iniciou a aula fazendo um resgate das principais discussões da aula anterior seguindo, posteriormente, para a discussão dos PCN+ e das Orientações curriculares. Para esta aula os alunos leram a parte de Física das orientações curriculares e a parte de Física

dos referenciais regionais, contudo a discussão destes últimos não chegou a acontecer, ficando para a aula seguinte. A problematização durante a aula ficou bastante centrada nos temas estruturantes dos PCN+, nas críticas que a literatura da área tem apontado sobre os PCN e os PCN+ e os avanços propostos pelas orientações em relação aos documentos anteriores.

Aula 6 – Políticas públicas para o ensino de Física – parte III

Nesta aula foram discutidos os referenciais regionais, mais conhecidos como “Lições do Rio Grande”. A discussão girou em torno de uma das principais competências norteadoras dos referenciais: resolução de problemas, sendo apresentada também uma proposta de atividade para o ensino médio baseada em uma situação-problema.

Aula 7 – Políticas públicas para o ensino de Física – parte IV

Nesta aula, foi solicitada a elaboração de um texto com base nas leituras e discussões feitas sobre os documentos oficiais. O enunciado da atividade foi o seguinte:

Com base nas leituras e discussões feitas em aula sobre os documentos oficiais, faça uma reflexão sobre as seguintes questões: O que se ensina em Física? Como se ensina Física? Para quem se ensina Física? Por quê se ensina Física? É importante desenvolver suas ideias levando em consideração as sugestões presentes nos documentos lidos, destacando as possibilidades e limitações de implementar o que é sugerido.

Aula 8 – Introdução às teorias de ensino-aprendizagem

Leituras solicitadas para a aula: OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Teorias de Aprendizagem. Porto Alegre: Evangraf/UFRGS, 2011.

O livro que os licenciandos leram para esta aula apresenta de maneira introdutória as abordagens comportamentalista, cognitivista, humanista e sociocultural, a partir das ideias dos principais expoentes de cada uma. A sugestão desta leitura teve por objetivo proporcionar que os estudantes da disciplina tivessem uma visão geral sobre as teorias de ensino-aprendizagem para o posterior

aprofundamento nas demais aulas. Nesta aula, foi proposta uma discussão sobre as teorias comportamentalistas, explorando as ideias de Pavlov, Watson e principalmente Skinner. Embora tais teorias sejam ultrapassadas e suas proposições não se encaixam em um perfil desejado ao professor nos dias de hoje, seu estudo é de extrema importância, pois permite acompanhar um processo de evolução histórica na forma de conceber o ensino e a aprendizagem e, principalmente, possibilita vislumbrar quais os motivos desta perspectiva ser tão criticada, que tipo de ações se encaixam dentro deste quadro e sua presença no ensino ainda nos dias de hoje. Assim, seu estudo cria condições de analisar criticamente o ensino tradicional, buscando identificar nas diversas situações do cotidiano escolar a materialização de posturas tecnicistas.

Foram exibidos aos licenciandos vídeos sobre as técnicas utilizadas pelos teóricos desta abordagem e sobre aplicações educacionais, como as máquinas de ensinar do Skinner e a instrução programada.

Aula 9 – Teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget

Leituras solicitadas para a aula: MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. A teoria de Piaget. In: MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. Teorias Construtivistas. Porto Alegre: UFRGS, 1999. Textos de apoio ao professor.

Os estudantes da disciplina leram o texto solicitado em casa e responderam algumas questões (ver Anexo C) para organizar suas ideias. Inicialmente discutiu-se o que é cognitivismo e construtivismo, passando em seguida para a discussão da teoria piagetiana. Apesar de Piaget ser bastante estudado na Faculdade de Educação, optou-se por retomar sua teoria nesta disciplina, agora sob um outro ponto de vista, já que de acordo com os estudantes lá focou-se muito mais nos quatro estágios de desenvolvimento. Foram discutidos os principais conceitos de sua teoria, tendo em vista sua aplicação no ensino de Física, como por exemplo: inteligência, interacionismo, organização, adaptação, assimilação, acomodação, equilíbrio, conservação e conflito cognitivo. Dentro deste quadro, buscou-se refletir sobre implicações da teoria, o papel da escola e do professor, assim como as limitações da mesma.

Como atividade para ser realizada em casa e entregue na aula seguinte foi solicitado aos licenciandos que elaborassem um plano de aula fundamentado na

teoria de Piaget direcionado ao ensino fundamental. Os estudantes estruturaram aulas embasadas na teoria piagetiana sobre os seguintes assuntos escolhidos livremente: leis do movimento – estudo histórico; movimento retilíneo; pêndulo simples; natureza da luz; corrente elétrica; densidade; nebulosas planetárias; conceitos de temperatura e de calor; pressão atmosférica; indução eletrostática.

Aula 10 – Modelo da mudança conceitual

Leituras solicitadas para a aula: (1) ARRUDA, S., VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.11, n.2, 1994; (2) REZENDE, F., BARROS, S. Teoria aristotélica, teoria do impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em mecânica básica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.1, 2001; (3) PEDUZZI, S. Concepções alternativas em mecânica. In: PIETROCOLA, M. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. (4) LOPES, B. B. G. Abordagem de concepções alternativas e processos de mudança conceitual em livros didáticos de física. *Ciências em foco*, v.1 n.2, 2009; (5) TALIM, S. L. Mudanças conceituais no ensino de óptica: a formação de imagens pelo espelho côncavo. IX EPEF, 2004; (6) PACCA, J. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n.2, 2003.

Para esta aula os licenciandos organizaram-se em cinco grupos, sendo que todos os grupos leram o primeiro trabalho e escolheram um entre os outros cinco para ler. A aula foi organizada de forma que cada grupo apresentou de maneira breve os principais aspectos do “Modelo da Mudança Conceitual” e de forma mais detalhada a temática tratada em seu artigo específico. O objetivo desta aula foi mostrar aos futuros professores a existência de concepções do senso comum no pensamento dos alunos e quais são as mais frequentes, apontando a necessidade de identificá-las e problematizá-las no processo de ensino-aprendizagem. Assim, por meio dos artigos apresentados por cada grupo os licenciandos puderam se apropriar de algumas das principais concepções espontâneas da mecânica, óptica e eletricidade, bem como formas possíveis de problematizar as mesmas. Por outro lado, procurou-se discutir o

“Modelo da Mudança Conceitual” apontando suas características principais e sua importância histórica na área, sem deixar de destacar as críticas ao modelo e as modificações introduzidas pela pesquisa nos últimos anos. Além disso, o fato de as concepções espontâneas, diferentemente do que propõe o modelo, não serem substituídas foi bastante enfatizada, sem desqualificar o processo de identificação e problematização das mesmas para um ensino mais consistente conceitualmente. De forma complementar, aos estudantes que tivessem interesse em compreender um pouco mais sobre a visão mais atual a respeito do assunto, sugeriu-se a leitura da seguinte referência: MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v.1, n.1, 1996.

Aula 11 – Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel – parte I

Leituras solicitadas para a aula: MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. A teoria de Ausubel. In: MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. *Teorias Construtivistas*. Porto Alegre: UFRGS, 1999. Textos de apoio ao professor.

Com base na leitura do texto e nas questões (Anexo D) respondidas para organizar a leitura discutiu-se os principais conceitos da teoria ausubeliana e algumas implicações para o ensino de Física. Também foi apresentado aos estudantes os mapas conceituais como instrumentos que podem ser utilizados para planejamento, ensino e avaliação.

Aula 12 – Teoria da aprendizagem Significativa de Ausubel – parte II

Nesta aula os alunos dividiram-se em grupos e cada grupo apresentou um plano de aula fundamentado na teoria de Ausubel. Desta vez foi delimitado um tema para os licenciandos, deixando livre a série do ensino médio para qual iriam dirigir a atividade. No plano de aula deveriam focar algum conteúdo dos temas estruturantes 5 (Matéria e radiação) ou 6 (Universo, Terra e Vida) dos PCN+. Os temas escolhidos para estes planos foram: movimentos da Terra e da Lua; estações do ano e movimentos da Terra; evolução dos modelos atômicos; radiação eletromagnética.

Aula 13 – Teorias humanistas

Discutiu-se nesta aula as principais ideias dos teóricos humanistas, dando ênfase à teoria da aprendizagem significativa de Carl Roger e à psicologia dos construtos pessoais de Rogers Kelly.

Aula 14 – Teoria sociocultural de Vygostky – parte I

Leituras solicitadas para a aula: (1) MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. A teoria de Vygotsky. In: MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. Teorias Construtivistas. Porto Alegre: UFRGS, 1999; Textos de apoio ao professor.

Foram discutidos com base no texto e nas questões (Anexo E) para organizar a leitura os principais conceitos da teoria de Vygotsky, bem como suas implicações para o ensino de Física.

Aula 15 – Teoria sociocultural de Vygotsky – parte II

Nesta aula os licenciandos dividiram-se em grupos e cada grupo apresentou aos demais colegas uma micro-aula de tema livre fundamentada nos pressupostos da teoria vygotskyana. As micro-aulas apresentadas foram sobre os seguintes temas: paralaxe, evolução atômica, pressão atmosférica e primeira lei da termodinâmica.

Aula 16 – A filosofia da educação de Paulo Freire

Leituras solicitadas para a aula: (1) DELIZOICOV, D. La Educación em Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. Alexandria, v.1, n.2, 2008.

Nesta aula o professor Cláudio Cavalcanti foi convidado a participar da disciplina, discutindo com os estudantes a teoria de Paulo Freire. A maioria dos estudantes já havia lido sobre o autor na Faculdade de Educação e também no texto introdutório da aula oito, assim, por entender que os mesmos já possuíam um bom conhecimento geral sobre os conceitos essenciais da teoria, solicitou-se aos mesmos a leitura de um trabalho que descreve projetos desenvolvidos com base na teoria

freireana. Também para esta aula os alunos responderam algumas questões (Anexo F) que foram debatidas.

Aula 17 – Finalização do estudo das teorias de ensino-aprendizagem

Encerrando o estudo das teorias de ensino-aprendizagem discutiram-se algumas das principais características de cada abordagem. Ao longo das aulas, quando se encerrava o estudo de uma dada abordagem os alunos reuniam-se em grupos para sintetizar algumas ideias básicas e organizá-las em uma tabela (ver Apêndice B), que foi esquematizada de acordo com algumas das categorias propostas por Mizukami (1986). Ao encerrar o estudo das abordagens do processo de ensino-aprendizagem foi então resgatada a tabela que os estudantes foram preenchendo ao longo das aulas e o grupo foi discutindo as características para cada uma das abordagens, de forma a comparar e traçar diferenças entre elas. Além disso, os licenciandos foram instigados a resgatar possíveis relações entre conteúdos de Física e as abordagens que foram sendo trabalhadas no decorrer das aulas.

Aula 18 – Avaliação no ensino de Física

Leituras solicitadas para a aula: (1) Uma entrevista concedida pelo professor Celso Vasconcellos à Revista Nova Escola (Anexo G); (2) ABIB, M. L. V. S. Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

Partindo da concepção de avaliação discutida na aula anterior dentro de cada uma das abordagens do processo de ensino-aprendizagem estudadas, deu-se continuidade ao debate nesta aula, enfocando os principais problemas que envolvem o processo de avaliação e buscando, a partir da reflexão sobre os textos lidos, formas de superar os principais problemas envolvidos. Como sugestão de leitura para os alunos que tivessem interesse em aprofundar este tema, indicou-se a seguinte referência: VASCONCELLOS, C. Avaliação: concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar. São Paulo: Editora Libertad, 1995.

Aula 19 – Questionário sobre inter-relações CTS

Nesta aula foi entregue aos alunos um questionário sobre concepções de CTS (Apêndice C) para que os mesmos respondessem. Foi esclarecido que não se tratava

de uma atividade avaliativa e que não se estava preocupado em buscar respostas certas ou erradas, mas sim o que cada um pensava sobre cada pergunta do questionário.

Aula 20 – Discussão do questionário sobre compreensões das inter-relações CTS

Nesta aula as questões do questionário foram discutidas em grande grupo, sendo que o pesquisador fazia a leitura de cada pergunta e os licenciandos debatiam a mesma de acordo com o que haviam colocado como resposta previamente, confrontando a opinião dos colegas, complementando, mudando de ideia, etc. Não foi possível terminar a discussão no tempo estimado da aula, mas os licenciandos permaneceram até finalizar a discussão do questionário.

Aula 21 – Origens do movimento CTS

Leituras solicitadas para a aula: (1) LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, v.1, número especial, 2007; (2) CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, 2003.

Leituras complementares opcionais: (1) AULER, D.; BAZZO, W. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 1, 2001; (2) SANTOS, W. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de educação*, v. 12, n. 26, 2007.

Nesta aula introduziu-se o movimento CTS para a turma, apresentando seu surgimento histórico, o modelo linear de desenvolvimento, as tradições europeia e americana, assim como seu surgimento no contexto brasileiro. Dentro da perspectiva educacional, discutiu-se o objetivo central do enfoque: a alfabetização científica, com suas diferentes acepções. Contudo, não foi aprofundado o estudo do movimento no âmbito educacional, pois o mesmo seria melhor estudado mais adiante.

Aula 22 – Discussão de inter-relações CTS

Leituras solicitadas para a aula: SANTOS, L. P. S.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia –

Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência. v. 2, n. 2, 2000.

Nesta aula, esperava-se discutir alguns aspectos sobre a Ciência, sobre a Tecnologia e algumas relações destes com a sociedade, contudo, não foi possível avançar além da discussão de Ciência. Problematizou-se a visão tradicional de ciência, discutindo as principais críticas ao método científico e ao empirismo-indutivismo. Também, de maneira muito geral, apresentaram-se algumas ideias das teorias de Popper e Kuhn. Não se aprofundou muito o estudo destas, pois existe uma disciplina de epistemologia que se propõe a abordar esses autores

Aula 23 – Discussão dos mitos relacionados à neutralidade da ciência e tecnologia

Leituras solicitadas para a aula: AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência, v. 3, n. 3, 2001.

Nesta aula, com o objetivo de concluir o proposto para a aula anterior, discutiram-se alguns aspectos essenciais para uma compreensão mais ampla sobre tecnologia, bem como sua relação com a ciência. Depois disso, seguiu-se para a atividade inicialmente programada para esta aula. A turma dividiu-se em três grupos e cada grupo ficou responsável por apresentar aos demais um mito relacionado à neutralidade da ciência e da tecnologia, de acordo com o artigo. Juntamente com a apresentação do mito também deveriam expor aos colegas uma proposta de aula que tivesse como pressuposto geral a problematização do respectivo mito.

Aula 24 – Aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS

Nesta aula, dando continuidade ao estudo do CTS, abordou-se mais enfaticamente o âmbito educacional do movimento, discutindo os significados atribuídos ao mesmo, objetivos, conteúdos e seus critérios de seleção, estratégias didáticas, papel do professor, materiais didáticos, aspectos curriculares e sequências didáticas. Ao final da aula os alunos foram instigados a construir em grupos sequências didáticas baseadas no modelo de Aikenhead (1994b) sobre algum assunto de Física.

Aula 25 e 26 – Discutindo artigos de implementação do enfoque CTS

Nas aulas 25 e 26 os licenciandos dividiram-se em grupos e cada grupo ficou responsável por apresentar um artigo contendo uma proposta de implementação fundamentada na perspectiva CTS ou artigos relatando uma implementação propriamente. Os cinco artigos apresentados pelos alunos foram:

- 1) PEDUZZI, L. O. Q.; SARAMAGAIA, R. Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, 2004.
- 2) PINTO, L. T.; SANT'ANA, J.; JUNIOR, G.; MESSEDER, J. C. Os mitos científicos: o uso de pregos no feijão para combater anemia ferropriva. VII ENPEC, 2009.
- 3) VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, 2007.
- 4) ANDRADE, E. C. P.; CARVALHO, L. M. O pró-álcool e algumas relações CTS concebidas por alunos da 6ª série do ensino fundamental. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2, 2002.
- 5) DIAS, R. A.; BALESTIERI, J. A. P.; MATTOS, C. Um exercício de uso racional da energia: o caso do transporte coletivo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, 2006.

Aulas 27 e 28 – ENEM e CTS; Estratégias didáticas para o ensino de Física

Em um primeiro momento desta aula a professora promoveu uma discussão da matriz de referência do ENEM com a turma, problematizando-a e instigando os licenciandos a identificar a abordagem CTS presente na mesma. Após essa discussão que não foi muito demorada, teve início a apresentação dos grupos sobre estratégias didáticas para o ensino de Física que continuou na aula seguinte (28).

A proposta de atividade era que cada grupo apresentasse a estratégia didática escolhida para toda a turma e propusesse uma breve atividade focada no ensino médio que utilizasse a respectiva estratégia e que também envolvesse a perspectiva CTS. Estimulou-se os licenciandos a aproximar cada uma das estratégias à perspectiva CTS. As referências utilizadas nas estratégias não foram impostas, deixando os estudantes livres para buscarem os materiais, utilizando os que considerassem mais apropriados. Contudo, para auxiliar neste trabalho foram disponibilizadas de duas a três referências para cada estratégia, conforme segue:

- Uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física
 - 1) MATTHEWS, M. História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, 1995.
 - 2) PEDUZZI, L. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001
 - 3) CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- Contextualização e problematização no ensino de Física;
 - 1) DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
 - 2) RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- Práticas experimentais no ensino de Física;
 - 1) BORGES, T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.12, n.3, 2002.
 - 2) CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Física;
 - 1) PIRES, M. A.; VEIT, E. A. Tecnologias da informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.28, n.2, 2006.
 - 2) MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais em ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, 2002.

Nestas duas aulas as cinco unidades didáticas construídas pelos licenciandos (ver Anexos H à L) foram apresentadas para toda a turma. Em tais unidades didáticas eles foram desafiados a utilizar todo o conhecimento construído ao longo da disciplina conforme a pertinência, desde que fossem pautadas pela perspectiva CTS. Além disso, para auxiliar a construção da unidade didática foi disponibilizado um guia de planejamento didático, elaborado pelos professores Fernanda Ostermann e Cláudio Cavalcanti para estudantes da disciplina de “Estágio Curricular”. Conforme será evidenciado na análise das unidades didáticas (Capítulo 6), foi possível identificar o estabelecimento de vínculos com os documentos oficiais, a utilização de estratégias didáticas estudadas na disciplina, a preocupação em fundamentar teoricamente o trabalho em alguma teoria de ensino-aprendizagem, entre outros fatores.

Aula 31 – Finalização da disciplina

A última aula da disciplina envolveu basicamente dois momentos. Primeiramente foram divulgados os conceitos dos licenciandos, sendo que nenhum precisou fazer atividade de recuperação. Em um segundo momento, formou-se uma roda de discussão para avaliar a disciplina como um todo, solicitando que os licenciandos expressassem suas opiniões sobre esta nova disciplina, sobre a forma como foi conduzida, sobre a experiência com a perspectiva CTS como novidade no currículo, entre outros.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão discutidos os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, esclarecendo o enfoque adotado, em qual contexto ela se desenvolveu e de que forma foram coletados, apresentados e analisados os dados coletados. A metodologia está fundamentada nos pressupostos dos referenciais teórico-metodológicos e na perspectiva CTS.

5.1. Enfoque metodológico

Este trabalho configura-se como uma pesquisa de caráter qualitativo, cujo enfoque está voltado para a resposta de questões particulares sobre determinados fenômenos que não podem ser reduzidos a simples variáveis, tais como números ou eventos isolados. Por isso, nesta perspectiva, mais importante que a quantificação de dados é o contexto em que ocorre o fenômeno investigado, o contato direto do pesquisador com a situação e o processo que envolve o fenômeno de estudo.

Segundo Hays e Singh (2012), a pesquisa qualitativa tende a incorporar questões que abordem o “como” e/ou “o que” versus “por que”, ou seja, processo versus causa do resultado e ainda, citando Lincoln e Guba (1985), acrescentam que:

A palavra *qualitativo* implica em uma ênfase nas qualidades de entes, nos processos e significados que não são examináveis ou mensuráveis experimentalmente (se é que podem ser mensuráveis) em termos de quantidade, valor, intensidade ou frequência (HAYS; SINGH, 2012, tradução nossa).

Assim, a investigação qualitativa se concentra prioritariamente em narrativas e enunciados ao invés de números, na qualidade em detrimento à quantidade (HAYS; SINGH, 2012).

Frequentemente, o desenvolvimento da pesquisa qualitativa se dá no ambiente natural em que o fenômeno investigado ocorre, por isso ela é chamada de naturalista. Assim, nessas condições, é necessário que o pesquisador se insira neste ambiente, da maneira a obter um contato direto e prolongado com a situação que será investigada e, com isso, possa observar e falar com os indivíduos envolvidos com a finalidade de coletar e analisar dados. Ressaltando que “a linguagem é um importante canal para a obtenção de informações sobre os fenômenos que nem sempre são

diretamente observáveis, facilmente definidos ou previamente explorados” (HAYS; SINGH, 2012, tradução nossa).

Nesse caso, o pesquisador ao escutar os relatos e ao observar tenta “capturar a perspectiva dos participantes”, ou seja, a atenção é direcionada ao significado dado pelos participantes às questões que estão sendo focalizadas, por isso a investigação qualitativa é dita interpretativa (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Assim, com esse envolvimento, o pesquisador vai integrando novas perspectivas à sua maneira de compreender o contexto, os participantes, o fenômeno ou os três (HAYS; SINGH, 2012). Consequentemente, na produção de conhecimento, não são considerados apenas o contexto e os participantes, mas também o próprio pesquisador.

Ademais, este é um tipo de abordagem que enfoca crenças, ações, valores, dados subjetivos, etc. Isso, obviamente, impossibilita generalizações, pois diz respeito a uma específica realidade socialmente construída. Em contrapartida, pode possibilitar uma compreensão bastante aprofundada do objeto de estudo.

Em suma, pode-se dizer que “os princípios norteadores da pesquisa qualitativa na produção do conhecimento são a descrição, a atenção ao processo e a colaboração dentro da estrutura social e com os sujeitos que dela fazem parte” (HAYS; SINGH, 2012, tradução nossa).

Segundo Hays e Singh (2012), algumas das principais características da pesquisa qualitativa são:

- Análise indutiva¹⁹

A análise indutiva significa que os dados refinam questões de pesquisa e permite construções teóricas que podem levar a uma compreensão aprofundada do fenômeno. Todavia, o processo investigativo não segue regras uniformes e não é inteiramente inferencial, sendo também recursivo (inclui muitas idas e vindas) e de reflexão.

- Ambiente natural

É muito comum a investigação de um dado fenômeno ocorrer dentro do ambiente natural, embora nem toda pesquisa qualitativa necessite ser desta forma. Todavia, essa imersão dos pesquisadores é importante para entender o papel do contexto, para analisar a forma como as pessoas interagem no seu

¹⁹ Sob a óptica das epistemologias contemporâneas é preciso considerar que esta palavra apresenta um perigo conceitual. Contudo, pode se dizer que esta característica da pesquisa qualitativa não se refere ao que tais epistemologias chamam de indução, mas sim à inferência.

ambiente por meio de símbolos, de papéis sociais, entre outros; e coletar dados.

- A importância do contexto

A importância do contexto na pesquisa qualitativa refere-se fundamentalmente ao modo como os sujeitos criam e dão significado às experiências sociais. Por exemplo, ao observar um conjunto de ações sequenciais de alunos interagindo, o pesquisador é capaz de inferir como os alunos compreendem as ações uns dos outros e a influência da compreensão de cada uma destas nas ações subsequentes. Ou seja, os indivíduos interagem e a partir disso criam determinados padrões que ilustram o fenômeno que o pesquisador está investigando. Possivelmente, se estas ações fossem tomadas de fora do contexto, as interpretações do pesquisador poderiam ser limitadas e imprecisas. Assim, o contexto permite vislumbrar quem são os indivíduos envolvidos e compreendê-los em sua totalidade e não apenas como uma soma das partes.

- A característica humana inerente à pesquisa

Esta característica representa o impacto do pesquisador como ser humano sobre a pesquisa e sobre os investigados. O pesquisador não tem como ser imparcial ou neutro durante o desenvolvimento da pesquisa. Assim, a subjetividade e visões de mundo dele permeiam o processo.

- Amostragem intencional

Para melhor abordar a questão de pesquisa, o pesquisador necessita fazer recortes em sua amostra de forma a selecionar dados mais ricos. Portanto, a amostra intencional significa selecionar os sujeitos de pesquisa que fornecem uma maior quantidade de detalhes do fenômeno em estudo. Conseqüentemente, o número de participantes que irão fazer parte da amostra pode variar de acordo com os objetivos da pesquisa.

- Descrição densa

Neste tipo de pesquisa, a descrição densa se faz necessária para fornecer uma visão e compreensão focadas sobre o fenômeno investigado. Isso não significa simplesmente fornecer mais detalhes ou descrições, mas principalmente proporcionar uma interpretação bastante aprofundada.

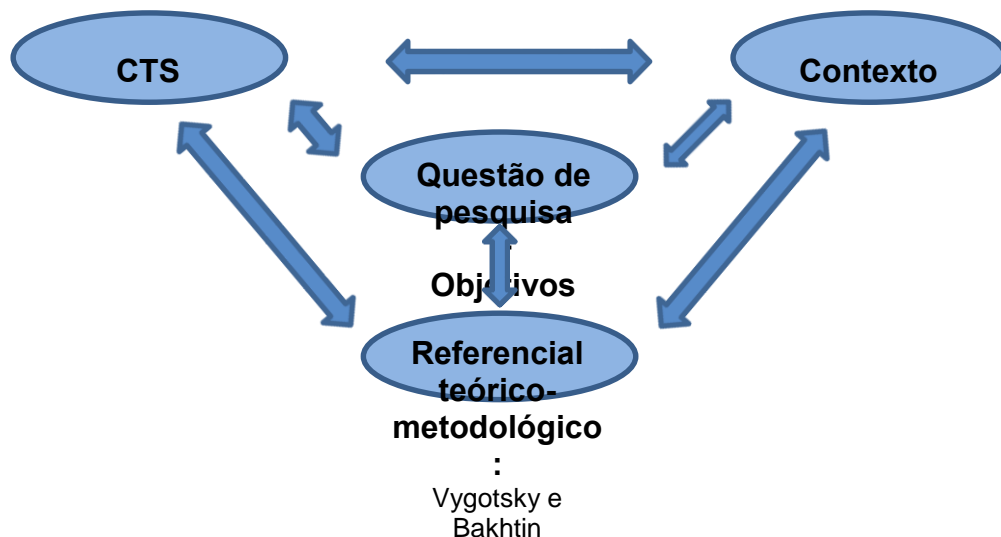
- Desenho de pesquisa flexível e interativo

A pesquisa qualitativa é um processo aberto e não linear, que pode ter seu processo evolutivo esquematizado por um modelo interativo que articula cinco elementos principais: métodos, questões de pesquisa, objetivos, referenciais teóricos e validação.

5.2. Desenho da pesquisa

Propõe-se que a articulação de quatro elementos é essencial para o desenvolvimento da presente pesquisa, conforme apresenta o esquema da Figura 8.

Figura 8 – Desenho da pesquisa.



Com base nisso, a pesquisa será concebida por um processo que articula os pressupostos apresentados nos Capítulos 2, 3 e 4 juntamente com a questão e objetivos de pesquisa. Para entender esse desenho da investigação, é necessário inicialmente lembrar a questão de pesquisa e os objetivos, já apresentados no Capítulo 1.

Questão de pesquisa:

Qual o nível de compreensão que os licenciandos apresentam sobre as inter-relações CTS e sobre os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS?

Objetivos:

- 1) Identificar a construção articulada de visões de ciência, de tecnologia e de sociedade, isto é, possibilitar o reconhecimento destas no contexto da perspectiva CTS, evitando análises isoladas e muito limitadas. Por exemplo, identificar a visão de ciência e suas relações com a tecnologia; a visão de tecnologia e o seu impacto social; a visão sobre o impacto social da ciência; as influências da sociedade sobre a ciência e a tecnologia, etc. Identificar também os aspectos didático-pedagógicos atribuídos ao enfoque CTS.
- 2) Analisar o processo evolutivo²⁰ destas visões em decorrência das situações de interação entre os licenciandos e o professor proporcionada pela intervenção ocorrida na disciplina.
- 3) Investigar a compreensão das inter-relações CTS e dos aspectos didático-pedagógicos apresentados pelos licenciandos levando em consideração a intervenção, a instituição de ensino, a estrutura do respectivo curso de licenciatura, enfim, levando em consideração aspectos mais amplos: sociais, culturais e institucionais.

O processo de compreensão é um processo inerentemente dialógico, pois requer intercâmbio de ideias que se estabelece por meio do uso da linguagem, a principal ferramenta mediadora utilizada pelo ser humano para efetuar ações no mundo. Sendo assim, os dados da pesquisa serão fundamentalmente as interações discursivas dos licenciandos, sujeitos dessa pesquisa. O contexto de produção discursiva pode ser definido em três níveis (PINTO, 1999): o contexto sociocultural (nível mais amplo), o contexto institucional (nível intermediário) e o contexto situacional (nível menos amplo). A sala de aula, espaço no qual esse trabalho se desenvolveu, está vinculado a uma instituição, ou seja, os contextos dos níveis situacional e institucional serão primordialmente considerados. A sala de aula é um lugar no qual os conhecimentos são socialmente construídos a partir da interação entre os licenciandos e destes com o professor. Essa interação é mediada principalmente pela linguagem, por intermédio da qual os alunos organizam suas ações no sentido de negociar significados necessários para que seja possível estabelecer uma construção conceitual das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade. Assim sendo, os olhares da pesquisa estarão voltados principalmente para a sala de

²⁰ As transformações ocorridas, avanços, retrocessos, construções, enfim, o “movimento” dessas visões.

aula. A coleta dos dados (interações discursivas) será pautada por princípios do marco teórico-metodológico, mais especificamente, a partir de um desdobramento do método genético-experimental, conforme será visto na seção 5.4.

Por fim, estes dados serão analisados à luz da teoria de Bakhtin. Nas próximas seções, estes aspectos brevemente apontados serão discutidos com mais detalhes, de forma a deixar clara a metodologia utilizada na pesquisa.

5.3. Contexto de investigação

Conforme foi exposto no capítulo 4, a pesquisa foi desenvolvida com licenciandos do 6º semestre do curso de Física, cursantes da disciplina “Metodologia do Ensino de Física”. O pesquisador ficou imerso nesse contexto (institucional) ao longo de todo o semestre em que a disciplina ocorreu, atuando como um observador participante, interagindo intensamente com os licenciandos e participando de discussões e auxiliando na realização de atividades. Em várias oportunidades também assumiu o papel de professor.

A investigação se concentrou nas aulas que compreenderam o estudo da perspectiva CTS, localizadas mais ao final da disciplina, englobando um total de 11 aulas (aulas 19 a 30). A turma, como já mencionado, era composta por 11 estudantes e o grupo que constitui os sujeitos de pesquisa é composto por oito estudantes do sexo masculino e três do sexo feminino, cujos nomes fictícios, são: Cleber, João, Lucas, Marcos, Mário, Pedro, Rafael, Renan, Ana, Júlia e Sofia.

5.4. Coleta de dados

A ênfase na análise de processos mais do que na análise de produtos desses processos é uma característica do método genético-experimental, apresentado no Capítulo 3 desse trabalho, e que embasará a metodologia de coleta e análise de dados.

A chamada análise microgenética deriva do método genético-experimental e pode ser definida como um procedimento metodológico que visa captar, de forma detalhada, os elementos que se pretende investigar durante o desenvolvimento de uma determinada atividade, "sendo o exame orientado para o funcionamento dos sujeitos focais, as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação, resultando num relato minucioso dos acontecimentos" (GÓES, 2000).

Góes (2000) destaca alguns aspectos importantes e resume a análise microgenética da seguinte maneira:

Em resumo, essa análise não é *micro* porque se refere à curta duração dos eventos, mas sim por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito. É *genética* no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura. É *genética*, como sociogenética, por buscar relacionar os eventos singulares com outros planos da cultura, das práticas sociais, dos discursos circulantes, das esferas institucionais (GÓES, 2000, p. 15).

Portanto, tal análise representa uma forma de construção de dados dirigida aos detalhes relevantes de um fenômeno em curso²¹, por meio do exame passo a passo desse fenômeno e da captação de episódios que permitam interpretá-lo. Quando se fala em dar atenção às minúcias de um fenômeno, não significa olhar para elementos isolados, mas focar nos elementos que se quer analisar, levando em consideração as propriedades do contexto.

Para viabilizar esse tipo de análise, Góes (2000) sugere que se façam registros em vídeo, pois esse tipo de registro permite posterior análise de interações discursivas, além de outras ações comunicativas e gestuais.

Esse trabalho está direcionado à investigação sobre como os alunos compreendem e constroem as relações CTS ao longo da disciplina “Metodologia do Ensino de Física”. Conforme vem sendo argumentado, tal construção, segundo uma perspectiva vygotskyana, não ocorre de maneira repentina, mas ao longo de um processo constituído das interações entre professor-aluno e aluno-aluno, mediadas principalmente pela linguagem.

Assim sendo, a coleta dos dados será direcionada para a busca, no discurso dos licenciandos, de aspectos que evidenciem a compreensão ou não das relações CTS. Em vista dessas colocações, todas as aulas foram gravadas em vídeo e posteriormente analisadas. Foi possível, então, selecionar os episódios de interesse da pesquisa e transcrever os respectivos enunciados para que posteriormente fossem analisados segundo os pressupostos bakhtinianos, expostos no Capítulo 3.

Portanto, os dados da pesquisa são provenientes de todas as ações desenvolvidas ao longo das aulas sobre a temática CTS na disciplina “Metodologia do

²¹ Este fenômeno pode ser o desenvolvimento de qualquer função psicológica superior, por exemplo, mecanismos psicológicos relacionados à construção conceitual de alunos.

Ensino de Física”. Tais dados constituem-se de enunciados escritos/pronunciados pelos investigados e podem ser divididos em três grupos:

1) Enunciados do questionário inicial sobre visões CTS e sua discussão.

Antes de iniciar as aulas sobre a temática CTS foi aplicado um questionário individual sobre visões das relações CTS (ver Apêndice C) e, na aula seguinte, as mesmas questões foram discutidas pelos alunos da turma.

Esse questionário, inicialmente, visa identificar quais licenciandos já tiveram contato com a perspectiva CTS e como foi este contato. Tal levantamento inicial é importante para poder traçar relações entre os conhecimentos iniciais sobre as relações CTS dos licenciandos e os conhecimentos que posteriormente serão construídos ao longo da intervenção, permitindo, assim, compreender de forma mais ampla as visões das relações CTS dos participantes.

Em um segundo momento, foram propostas perguntas com o objetivo de reunir enunciados que permitam fazer um mapeamento das visões iniciais das relações CTS dos investigados. Tais perguntas abrangem desde conceitos de ciência, de tecnologia e de sociedade, até indagações sobre a neutralidade científico-tecnológica, bem como a relação entre a ciência e a tecnologia e da sociedade com estas.

Por vezes, é possível perceber que o questionário apresenta de maneira indireta uma certa repetição de questões. Todavia, o fato de propor perguntas que se sobressaem em alguns momentos se fez necessário para atacar alguns pontos específicos que a literatura destaca como mais ingênuos e comuns, tais como a crença no método científico, na neutralidade da ciência e da tecnologia e nos mitos subjacentes a esta, no modelo linear de desenvolvimento, entre outros. Dessa forma, as questões podem parecer bastante próximas e inclusive serem respondidas mais de uma vez, o que permitirá identificar possíveis contradições relevantes para a investigação.

A questão dois tem o objetivo de registrar, de maneira geral, o que os licenciandos compreendem por ciência, por tecnologia e por sociedade. Algumas perguntas foram bastante generalistas com o intuito de permitir que os participantes enfatizassem os aspectos mais importantes para descrever seu entendimento com relação a cada um desses conceitos.

Como já foi dito, para pesquisar sobre as ideias dos alunos a respeito de pontos específicos, as questões seguintes são mais direcionadas. A questão três, relacionada à natureza da ciência, aborda a questão do método científico.

Já as questões quatro, cinco, seis, sete e oito estão relacionadas à neutralidade da ciência e da tecnologia. A pergunta quatro foi pensada com o intuito de aprofundar essa questão, sendo direcionada principalmente à figura do cientista. A seguir, na questão cinco, está subjacente a noção de modelo linear de desenvolvimento e por meio dela espera-se estudar como esses licenciandos percebem a atividade científico-tecnológica e suas consequências nos planos político, econômico, social e outros, investigando também que relações os alunos estabelecem entre ciência, tecnologia e sociedade.

Na questão seis o objetivo é investigar como os licenciandos concebem a participação da sociedade em questões relativas à ciência e à tecnologia ou, procurando ainda evidências de um possível endossamento ou superação do mito da superioridade das decisões tecnocráticas. Este é o mesmo objetivo proposto para a questão sete, com a diferença que nesta os mitos de interesse são a perspectiva salvacionista da ciência e o determinismo tecnológico, ambos relacionados à neutralidade da ciência e da tecnologia, assim como o mito da tecnocracia.

A questão oito, por sua vez, finaliza o espaço destinado a indagações referentes à neutralidade científico-tecnológica, assumindo um foco mais abrangente do que a pergunta quatro, no sentido de questionar outras influências, além da pessoal, como as da política, da economia, enfim, da sociedade como um todo.

Por fim, encerrando os questionamentos sobre relações CTS, as questões nove e dez tratam de relações diretas entre ciência e tecnologia. Ambas estão estritamente relacionadas e têm por objetivo aprofundar a investigação sobre a visão de tecnologia e compreender como os licenciandos investigados associam-na com a ciência.

A terceira e última parte do questionário, materializada na questão número onze, tem por objetivo averiguar qual o entendimento que os participantes têm sobre como abordar o enfoque CTS em sala de aula.

Esses enunciados provenientes do questionário e da sua respectiva discussão representam os primeiros dados do que se pretende investigar.

2) Enunciados selecionados de episódios de aulas.

A estrutura das aulas propiciou constantes discussões entre os licenciandos, professor e pesquisador. Assim, ao longo das mesmas, algumas evidências da compreensão da perspectiva CTS por parte dos alunos apareceram.

Além disso, houve a apresentação de alguns trabalhos feitos pelos licenciandos ao longo dessas aulas, que também podem apresentar enunciados importantes para o estudo. Portanto, além dos dados iniciais obtidos a partir do questionário e dos dados finais que serão explicados a seguir, serão selecionados alguns episódios que possibilitem estudar o processo.

3) Enunciados do projeto final.

Ao término do estudo da perspectiva CTS os licenciandos, formando duplas ou trios, elaboraram uma unidade didática segundo os pressupostos CTS e a apresentaram. Esses dados constituem os dados finais do processo em estudo nesta investigação.

A apresentação de recortes desses dados será feita no próximo capítulo, juntamente com a análise dos mesmos.

5.5. Organização dos dados

Embora a seleção dos dados siga uma ordem sequencial, conforme estes foram emergindo ao longo do processo, para otimizar a análise, será proposta a organização dos mesmos em dois grupos, de acordo com o “tipo de compreensão” a que se referem. Assim, serão organizados em um grupo os dados que são relativos às inter-relações CTS e, em outro, os dados relativos aos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS.

Não significa que esses grupos de dados não guardam importantes relações entre si (muito pelo contrário). Esta disposição visa apenas facilitar a análise que será diferenciada para cada grupo, em função das suas especificidades. Além disso, é natural que estes dados surjam de maneira relativamente fragmentada, isto é, inicialmente aqueles relativos às inter-relações CTS e depois aqueles pertinentes aos aspectos didático-pedagógicos, já que a própria estrutura da intervenção assim os conduz.

Além disso, será proposta uma subdivisão dos dados, de acordo com a natureza destes, isto é, dados provenientes de interações diretas (das aulas, por exemplo) versus dados “individuais”²² (questionário, por exemplo). Essa divisão também será proposta em função da análise e seu propósito será entendido na próxima seção. Mesmo havendo essa fragmentação, será preservada a ordem dos enunciados dentro de cada grupo, de forma a possibilitar o estudo do processo, passo a passo. Em síntese, a organização dos dados seguirá o seguinte protocolo:

- 1) Dados relativos às inter-relações CTS:
 - a. Dados “individuais” (questionário).
 - b. Dados provenientes da interação (aulas).
- 2) Dados relativos aos aspectos didático-pedagógicos da perspectiva CTS:
 - a. Dados provenientes da interação (aulas).
 - b. Dados “individuais” (projetos finais).

5.6. Estrutura da análise

É na análise dos dados que o referencial teórico-metodológico proporciona a sua maior contribuição ao trabalho. Smolka (1997), ao fazer um esboço de uma perspectiva teórico-metodológica para o estudo dos processos de construção de conhecimento, em um enfoque histórico-cultural, assume que é no discurso e pelo discurso que os conhecimentos são construídos na sala de aula. Com base nisso, para analisar alguns aspectos referentes à construção desses conhecimentos, a autora afirma que se ancorar nas concepções de mediação semiótica de Vygotsky e de dialogia de Bakhtin é essencial, pois “são construtos que trazem imbricadas, consistente e inextrivelmente duas noções fundamentais: a produção do signo e a participação do outro” (SMOLKA, 1997). Assim, tomar como base esses dois conceitos significa entender que as ações de um indivíduo devem ser pensadas levando-se em consideração a imersão desse indivíduo em meio às enunciações de outros, em um processo de incorporação e reação às palavras do outro.

Partindo desses princípios, a análise a ser realizada nesse trabalho, irá considerar que um enunciado não pode ser encarado de maneira isolada de outros.

²² A palavra *individuais* foi colocada entre aspas porque, mesmo não sendo provenientes de uma interação direta entre indivíduos, os discursos de uma pessoa estão sempre povoados pela presença do “outro” segundo Bakhtin (2003) e, além disso, respondem a um interlocutor, mesmo que este não esteja presente fisicamente.

Desta forma, as vozes serão bastante importantes para analisar como os discursos dos estudantes podem estar sendo moldados quando expressarem suas ideias sobre as relações da tríade CTS em uma situação típica na sala de aula. Entender a forma como essas vozes se interanimam, em função do contexto, é fundamental para investigar a compreensão dos sujeitos de pesquisa sobre os vários aspectos da perspectiva CTS. Por isso o conceito bakhtiniano de voz será tomado como central na análise, articulado com outros conceitos básicos da teoria bakhtiniana – dialogismo, enunciado, estilo, construção composicional, conteúdo temático, contexto extraverbal, contrapalavras, responsividade e gêneros do discurso - explicados no Capítulo 3.

Não serão propostas categorias bakhtinianas fechadas no desenvolvimento da análise, pois, como aponta Brait, é preciso “deixar que os discursos revelem sua forma de produzir sentido, a partir do ponto de vista dialógico, num embate” (BRAIT, 2006). Isso quer dizer, mais especificamente:

As contribuições bakhtinianas para uma teoria/análise dialógica do discurso, sem configurar uma proposta fechada e linearmente organizada, constituem de fato um corpo de conceitos, noções e categorias que especificam a postura dialógica diante do corpus discursivo, da metodologia e do pesquisador. A pertinência de uma perspectiva dialógica se dá pela análise das especificidades discursivas constitutivas de situações em que a linguagem e determinadas atividades se interpenetram e se interdefinem, e do compromisso ético do pesquisador com o objeto, que, dessa perspectiva, é sujeito histórico (BRAIT, 2006).

Assim, seguindo essas considerações, a análise será desenvolvida de acordo com o que é revelado pelo discurso, por exemplo, a dialogização das vozes, as ações responsivas e o uso das contrapalavras na compreensão, a relação de cada enunciado com seu destinatário²³, entre outros.

Parte I: Análise das inter-relações CTS

A primeira parte da análise será concentrada nos dados do grupo um, que se referem às inter-relações CTS. Como vem sendo exposto ao longo do capítulo:

O processo de elaboração conceitual emerge como processo de articulação, pelo confronto, de muitas vozes sócio-historicamente definidas, em condições de interação - compreensão/expressão – determinadas. Configura-se como um processo discursivo (FONTANA, 2005).

²³ “Perguntas como “A quem se destina o enunciado?”, “Como o locutor percebe e imagina seu destinatário”, “Qual é a força da influência do destinatário sobre o enunciado?” ajudam, da perspectiva bakhtiniana, a compreender a composição e o estilo dos enunciados, apontando tanto quanto os traços de autoria, para o que há de extraverbal na constituição do verbal” (BRAIT; MELO, 2005).

Assim, para investigar a compreensão sobre as inter-relações CTS é necessário fazer um estudo acerca das diferentes vozes incorporadas nos enunciados dos participantes, isto é, a voz do manual didático, dos professores, da instituição, dos colegas, do senso comum, as próprias vozes dos sujeitos de pesquisa, etc.

Strieder (2012) estabeleceu três parâmetros que estão presentes nos discursos sobre ciência, sobre tecnologia e sobre sociedade. Tais parâmetros, que retratam uma possibilidade de caracterização das diferentes abordagens CTS, são: a racionalidade científica, o desenvolvimento tecnológico e a participação social. Eles representam não apenas olhares para a ciência, a tecnologia e a sociedade, mas uma maneira de olhar para as relações CTS.

Assim, como aponta a autora, esses parâmetros não representam uma análise direta sobre a ciência, a tecnologia e a sociedade, já que uma análise isolada de cada um dos elementos da tríade é insuficiente para analisar as complexas relações CTS. Então, embora esses três parâmetros carreguem especificidades da ciência, da tecnologia e da sociedade, não se reduzem a elas, constituindo uma articulação entre os diferentes olhares para estas. Dessa forma, na visão de Strieder, diferentes níveis de compreensão sobre esses parâmetros podem servir de aporte para caracterizar as diferentes abordagens CTS.

No contexto deste trabalho, considerar-se-á que estes níveis propostos por ela podem ter relações com possíveis vozes incorporadas ao discurso dos estudantes, caracterizando as visões de racionalidade, desenvolvimento e participação que, nesta primeira parte da análise, deverão ser identificadas nos enunciados dos investigados e compreendidas em seu processo de mudança. A seguir será feita uma breve descrição de tais níveis²⁴.

Racionalidade científica

A racionalidade científica pode ser encontrada tanto em discursos sobre ciência, como em discursos sobre tecnologia e sobre sociedade e, por isso, representa uma maneira de conceber a ciência e também as relações CTS. Segundo Strieder (2012), discussões sobre a racionalidade científica estão presentes nos discursos

²⁴ Essa descrição tem como referência, o trabalho elaborado por Strieder (2012). Desta forma, o nome dos parâmetros e níveis, assim como a descrição dos mesmos, são fiéis ao que propôs Strieder (2012), obviamente, levando em consideração que estão sujeitos à interpretação do autor do presente trabalho.

sobre ciência desde uma vertente indutivista, até um outro extremo, em que é concebida a associação de valores pessoais/sociais.

Como afirma Fourez (1995a), a racionalidade possui um conceito abstrato e não é absoluta, sendo que ela pode adquirir diversas formas e, inclusive, algumas que poderiam ser até mesmo consideradas irracionais.

A visão tradicional de racionalidade da ciência pressupõe que a produção do conhecimento científico é fruto do intelecto dos cientistas, guiado pela razão (a grosso modo, para os racionalistas é a razão que permite operar conceitos abstratos, encontrar coerências, simetrias ou falhas; a partir desta é que se pode balizar decisões sobre o que é, por exemplo, verdadeiro ou não – assumindo que exista algo que se possa definir como *verdadeiro*). Assim, a racionalidade está presente nas ações dos cientistas que são, portanto, decorrentes do pensamento lógico destes e pautadas por valores epistêmicos, tais como a verdade, a testabilidade e o poder de explicação. Neste caso, a ciência assume o status de conhecimento verdadeiro, de autoridade, dogmático e independente de qualquer interferência social. Contudo, esta visão de racionalidade científica não é ampla, pelo contrário, é bastante restrita.

Em uma visão mais ampla, a racionalidade científica não é associada somente a valores epistêmicos ou ao pensamento lógico de sujeitos individuais, sendo analisada, sobretudo, como um fenômeno de sociedade, uma luta, uma competição (FOUREZ, 1995a), ou seja, aspectos como a capacidade de juízo, de debate e de argumentação da comunidade científica são essenciais para compreender a racionalidade científica de maneira mais ampla (STRIEDER, 2012). Assim, a racionalidade da ciência está associada a uma maneira socialmente reconhecida e eficaz de abordar a relação do homem com o mundo. Desta forma, a racionalidade científica é um fenômeno humano, pois:

Interesses, preconceitos, a força da inércia profissional, compromissos ideológicos e propósitos práticos parecem pesar tanto ou mais que as evidências ou os argumentos (fatores clássicos da racionalidade) nas conclusões a que chegam os cientistas (CUPANI, 2013).

Em suma, como propõe Strieder (2012), a ciência assume um papel racional, porém não caracterizado somente por algoritmos e evidências empíricas:

A racionalidade científica não é, portanto, sinônimo de verdade acerca da realidade, de observância de um conjunto de regras seguidas por meio de um método seguro e infalível. É acima de tudo, resultado da atividade humana. Uma outra ciência, ainda que racional, é possível, desde que haja uma

sociedade diferente. Dessa forma, olhar para a ciência implica olhar para a racionalidade científica e sua presença na sociedade atual (STRIEDER, 2012).

A racionalidade, como apontada pela autora, é entendida em uma perspectiva na qual se reconhece sua existência em diferentes formas na construção da ciência que, portanto, é racional em sua essência, sem que isto signifique acreditar em certezas e em progresso garantido.

Assim, essa autora reconhece que é possível haver diferentes níveis de compreensão da racionalidade. Tais níveis vão desde posturas ingênuas até posturas mais críticas, sendo denominados como mostrado a seguir.

Nível 1R: Racionalidade como garantia de desocultamento da realidade – Ciência para compreender o mundo

Nesta perspectiva, como o próprio nome indica, o conhecimento científico é encarado como essencial para compreender o mundo e a racionalidade pode ser entendida como garantia de chegar à verdade absoluta. Assim, a ciência passa a ser vista como um processo pelo qual ocorre um desocultamento da realidade. Desta forma, nesse nível de racionalidade a ciência pode ser encarada como uma atividade neutra, completamente livre de juízos de valor, de opiniões, de julgamentos, pontos de vista, de discussões, etc. A ciência é vista como sendo orientada por uma lógica interna, isto é, por um conjunto de regras estabelecidas que proporcionam um conhecimento único, tomado como verdade absoluta, não havendo preocupações com os seus limites ou o seu alcance. Visões que “partem do pressuposto que para compreender e resolver problemas da realidade basta conhecimento científico” (STRIEDER, 2012), supervalorizando-o, podem ser enquadradas nesse nível.

Nível 2R: Racionalidade universal – Ciência boa ou má

Seguindo na mesma linha do nível anterior, o conhecimento científico permanece sendo encarado como inquestionável e impessoal. Contudo, neste nível algumas críticas e questionamentos são aceitos, mas apenas no que diz respeito ao uso feito da ciência, ou seja, o que é questionado não é o conhecimento em si, mas o uso que é feito dele. Assim, em relação ao nível anterior continua havendo uma supervalorização da ciência, cujos resultados são considerados sempre positivos, isto é, sempre em prol do bem estar da sociedade e jamais a serviço de valores

particulares. Todavia, esses resultados positivos são colocados a serviço da sociedade que é responsável por seu uso, que pode ser tanto para o bem quanto para o mal. Então, mesmo esse nível sendo um pouco mais crítico que o 1R, a racionalidade ainda não é questionada, pois questionamentos/reflexões/decisões surgem somente após o término do trabalho científico (decisões pós-produção).

Nível 3R: Racionalidade em contexto – Ciência vulnerável e provisória

Neste nível, a racionalidade da ciência como garantia de verdade absoluta passa a ser questionada, uma vez que a ciência passa a ser vista como um processo não mais pautado unicamente na racionalidade. Ela passa a ser encarada como uma atividade humana que guarda relações com fatores sociais, sendo considerada muito mais influenciada por estes do que propriamente apoiada em uma construção racional ou da sua própria lógica interna. Assim, nesta perspectiva, o contexto social torna-se imprescindível para a evolução da ciência, já que esta é diretamente influenciada por ele (entre outras coisas, pelas necessidades/interesses da sociedade). Nesse nível critica-se, portanto, a neutralidade atribuída à ciência e se concebe que ela envolve não apenas produtos, mas também processos.

Nível 4R: Racionalidade questionada – Ciência limitada pelas práticas sociais

Um entendimento mais crítico de racionalidade é atingido neste nível, pois, como o próprio nome sugere, nessa perspectiva “a racionalidade é questionada por contribuir para a dominação de determinadas minorias sociais” (STRIEDER, 2012). Dessa forma, a ciência é entendida como vinculada aos interesses de algum grupo social. Assim, é contestada a neutralidade da atividade científica, já que essa atividade atende aos interesses de certos grupos e são influenciados por relações de poder. A ciência não possui o objetivo primordial de desenvolver o conhecimento por si mesmo, passando a ser influenciada também por interesses que, a princípio, não incluem o bem estar da população e não são concentrados em resolução de problemas teóricos, mas de “oportunidades oferecidas pelo contexto” (STRIEDER, 2012). Por isso, neste nível de racionalidade, criticam-se os rumos da pesquisa e os motivos pelos quais determinadas pesquisas são desenvolvidas e outras não, além da concepção de ciência como instrumento do progresso.

Nível 5R: Racionalidade assumida mas insuficiente – Ciência insuficiente

Por fim, apresenta-se a noção de que o conhecimento científico é insuficiente tanto para compreender os problemas da realidade quanto para resolvê-los, pois o mundo é complexo demais para tal. Com isso não está sendo negada a existência de uma racionalidade, nega-se apenas o fato de que ela possa levar a uma compreensão adequada da complexidade do mundo contemporâneo. Além disso, não há como assegurar o progresso uma vez que a racionalidade é “apenas uma das ferramentas nas decisões de valor sobre o que seja progresso” (STRIEDER, 2012), sendo limitada por outros conhecimentos da realidade e por inúmeros valores sociais.

Desenvolvimento tecnológico

De forma semelhante ao parâmetro racionalidade científica, o desenvolvimento tecnológico, embora diretamente relacionado à tecnologia, não se restringe a ela. Portanto, neste parâmetro, a crítica não recai sobre a tecnologia propriamente, mas sobre as perspectivas de desenvolvimento tecnológico que, articuladas aos modelos de ciência e de sociedade, a orienta.

Assim, como aponta a autora, “a questão não é a tecnologia nem desenvolvimento em si mesmos, mas a relação entre eles; a variedade de possíveis tecnologias e caminhos de desenvolvimentos entre os quais devemos escolher” (STRIEDER, 2012).

Como ocorre na racionalidade científica, a predominância de uma visão tradicional e considerada ingênua pode ser encontrada no desenvolvimento tecnológico também. Embora possua diferentes significados, é muito comum verificar uma associação do desenvolvimento com o crescimento econômico, isto é, a visão tradicional e reducionista de desenvolvimento é entendida como sinônimo de progresso, sendo seus motores a ciência e a tecnologia. Assim, associado a isto, “está a ideia de que o desenvolvimento social só poderá ser atingido com mais ciência e tecnologia, como vem sendo feito nos países ditos desenvolvidos” (STRIEDER, 2012).

Contudo, essa visão de ciência e tecnologia como motores do desenvolvimento tem sido problematizada, pois, de acordo com Novaes e Fraga (2010apud STRIEDER, 2012, p.189), parece haver uma confusão entre desenvolvimento (que envolve o desenvolvimento social) e crescimento econômico. Isso pode levar à noção equivocada de que o desenvolvimento social é alcançado apenas com o impulso do desenvolvimento tecnológico.

Assim, pensar na questão do desenvolvimento tecnológico requer promover uma articulação com fatores ligados a um respectivo projeto de sociedade, tendo a percepção dos limites e riscos do conhecimento que dá vida à ciência e à tecnologia, sendo este essencialmente produzido para a dominação e não para o bem estar.

Assim, a autora reconhece que é possível haver diferentes níveis de compreensão sobre o desenvolvimento tecnológico, de forma que estes níveis resultam em diferentes compreensões das relações CTS. Eles que vão desde posturas menos críticas, nas quais a tecnologia tem um papel mais funcional do que social e se considera um modelo de desenvolvimento neutro, que decorre como uma consequência dessa falta de criticidade; até posturas mais críticas, nas quais a tecnologia passa a ser entendida como uma classe de conhecimento com suas respectivas especificidades e é promovida uma ruptura com o modelo de linear de desenvolvimento, pois passa-se a considerar que o desenvolvimento é permeado de propósitos e dependente do contexto. Os níveis são explicados a seguir.

Nível 1D: Desenvolvimento neutro – Tecnologia enquanto aparato presente na sociedade

Como o nome da categoria salienta, neste nível de compreensão, o desenvolvimento tecnológico é tido como neutro, ou seja, não influencia a sociedade e também não é influenciado pelo contexto social sendo, portanto, isento de qualquer juízo de valor. Nesta perspectiva, a tecnologia assume um papel de aparato/instrumento que os humanos utilizam para satisfazer suas necessidades sua produção independe de qualquer fator externo. É importante salientar que neste nível de compreensão de desenvolvimento, quando levado ao extremo, pode haver um alinhamento a uma perspectiva tecnocrática, já que a tecnologia é entendida apenas como um fenômeno técnico, não sendo concebida nenhuma relação com o âmbito social.

Nível 2D: Desenvolvimento como sinônimo de progresso social – Tecnologia enquanto ciência aplicada

No nível anterior, questões relativas aos benefícios ou malefícios do desenvolvimento não eram alvo de críticas, já que não havia nenhum tipo de relação deste com a sociedade. Em contrapartida, no nível 2D, começam a surgir algumas

discussões de caráter mais social, nas quais “o desenvolvimento é analisado em função das implicações sociais positivas” (STRIEDER, 2012). Nesse quadro, considera-se que o desenvolvimento sempre promove benefícios à sociedade sendo, muitas vezes, endossado o modelo linear de desenvolvimento, que propõe uma relação direta entre ciência e tecnologia com o bem estar social, no qual este último decorre automaticamente de investimentos na ciência e na tecnologia. Lembrando-se do modelo linear de desenvolvimento – DC → DT → DE → DS – é possível perceber que nesse nível de compreensão a tecnologia é encarada como a aplicação dos conhecimentos científicos, uma visão bastante disseminada pelo meio acadêmico e por livros/documentários de divulgação científica.

Nível 3D: Desenvolvimento e suas especificidades – Tecnologia como classe de conhecimento

O enfraquecimento do conceito de tecnologia como um simples instrumento e como ciência aplicada pode ser verificado neste nível de compreensão, no qual diferenciações entre ciência, tecnologia e técnica se fazem presentes, ou seja, nesta categoria “os interesses recaem para discussões sobre as especificidades do conhecimento tecnológico” (STRIEDER, 2012). A concepção de que a tecnologia sofre influências da sociedade é incorporada a este nível de compreensão, no qual o foco não é tanto o desenvolvimento tecnológico em si, mas as relações entre a ciência e a tecnologia e a tecnologia com a sociedade, ou seja, as especificações e aplicações do conhecimento tecnológico.

Implicações negativas do desenvolvimento tecnológico, que não eram contempladas em 2D, se fazem presentes neste nível. Com isso, entende-se que a tecnologia tem um poder de transformação sobre a sociedade, com efeitos que podem ser tanto positivos quanto negativos. Se por um lado assume-se que a tecnologia influencia a sociedade tanto positiva como negativamente, por outro, não se faz presente tão enfaticamente a influência da sociedade sobre a tecnologia, pois a responsabilização pelas transformações sociais recai sobre a tecnologia propriamente e não sobre aqueles que participam do processo de construção da mesma, isto é, membros da sociedade. Assim, se levada a um extremo, tal concepção pode incorrer no mito do determinismo tecnológico, em que o desenvolvimento social é determinado unicamente pela ciência e pela tecnologia.

Nível 4D: Desenvolvimento orientado – Tecnologia contém propósitos políticos

A ruptura com o modelo linear de desenvolvimento marca esse nível de compreensão, no qual se entende que o desenvolvimento tecnológico não atende às necessidades básicas da população, mas sim aos interesses de uma pequena parcela da sociedade, mais favorecida do ponto de vista econômico. Nesse contexto, a tecnologia como ente neutro é rejeitada e substituída por uma visão que a encara como uma estrutura cultural, que assume os valores de um determinado grupo social. Assim, nesse nível de compreensão ela deixa de ser um simples meio para a realização de atividades passando a ser vista como um sistema que afeta a vida da sociedade, modelando valores e relações sociais.

Nível 5D: Desenvolvimento em contexto – Tecnologia voltada para as necessidades básicas

Por fim, em um patamar mais crítico, encontra-se a compreensão de que a tecnologia deve ser pensada em função do contexto. Por entender que a tecnologia tem suas origens a partir de um grupo particular, com seus respectivos aspectos culturais e socioeconômicos, esta não se adequaria a qualquer ambiente e, conseqüentemente, não resultaria em desenvolvimento e em bem estar social para toda a população. Assumindo a concepção de que o desenvolvimento econômico não leva necessariamente ao bem estar social, neste nível de compreensão há a defesa de sistemas de desenvolvimento tecnológico que visem atender às necessidades básicas de uma dada população específica. Portanto, propõe-se que “o desenvolvimento tecnológico deve ser pensado inserido em um determinado contexto e buscando satisfazer às necessidades básicas e não gerar lucro econômico” (STRIEDER, 2012).

Participação social

Como nos dois outros parâmetros, a participação social não representa apenas uma forma de olhar para a sociedade, mas principalmente uma forma de olhar para as relações CTS, ou seja, uma maneira de compreender o papel da sociedade com relação à ciência e à tecnologia. Neste sentido, “a participação da sociedade é um elemento que comparece em trabalhos que buscam analisar a presença, as implicações e relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade” (STRIEDER, 2012).

Como expõe Strieder (2012), há interesse da sociedade em participar, mas ela não compreende o sentido de participar, almejando-o em decorrência do descontentamento com seu afastamento de questões que interessam a todos, mas que são decididas por uma minoria.

A participação social pode se dar de diferentes maneiras, que vão desde uma perspectiva pouco engajada que não ultrapassa o nível da informação, isto é, quando a participação se dá simplesmente por ser informado sobre o que foi decidido, até o nível de enquadramentos mais complexos, nos quais são atribuídos à sociedade papéis que proporcionam maior poder de decisão por meio do qual, em um nível crescente, pode fazer recomendações, tomar decisões em conjunto ou, ainda, ter total autonomia para decidir. Portanto, pode-se dizer que no âmbito das discussões CTS diferentes formas de participação são possíveis. Com base nisso, Strieder (2012) organizou esses diferentes níveis como segue.

Nível 1P: Reconhecimento da presença da CT na sociedade

Não há uma participação efetiva da sociedade segundo esse nível de compreensão, pois se entende que a forma de participar é a partir do reconhecimento de problemas da atualidade (por exemplo, temas que aparecem na mídia) que envolvem a ciência e a tecnologia. Nesta perspectiva, considera-se que as decisões são baseadas em conhecimentos científicos e tecnológicos, portanto, como a população de maneira geral não tem domínio desses conhecimentos básicos sobre os problemas em pauta, colocam-se as decisões nas mãos dos especialistas, ou seja, é assumido um regime tecnocrático. Assim, embora haja uma aproximação da sociedade com a ciência e a tecnologia, estas acabam sendo focadas apenas “sobre os avanços e problemas mais recentes sem avaliar riscos e benefícios ou discutir implicações e transformações sociais” (STRIEDER, 2012).

Nível 2P: Decisões individuais – Discussão de riscos e benefícios

A participação da sociedade se dá por meio da “avaliação de pontos positivos e negativos associados ao uso de determinado resultado/produto da CT” (STRIEDER, 2012). Todavia, tais avaliações se dão apenas após o processo de produção/construção científico-tecnológica, não havendo nenhum tipo de participação durante o processo. Assim, neste âmbito, a participação é orientada para decisões

bastante específicas, que exigem apenas entender os prós e os contras em uma perspectiva local ou individual.

Nível 3P: Decisões coletivas – Discussão de problemas e impactos ou transformações

Este nível de compreensão coloca as decisões em um contexto social mais amplo que o considerado em 2P, pois nele se considera que a participação envolve o reconhecimento do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade. Exige-se, assim, mais que reconhecer benefícios ou malefícios da tecnologia, buscando-se compreensão do papel desta na sociedade, nos mais diferentes contextos. Portanto, a participação agora envolve decisões coletivas. Cabe ressaltar que ainda não há participação sobre o processo de produção da tecnologia, ficando este ainda restrito à situação de pós-produção.

Nível 4P: Mecanismos de pressão – Identificação de contradições

Se em 3P a participação se dava por meio do reconhecimento das transformações causadas pelo desenvolvimento científico-tecnológico, neste nível ela envolve compreender aspectos que antecedem tal desenvolvimento, ou seja, que existem propósitos políticos subjacentes à produção dos produtos da ciência e da tecnologia. Assim, neste caso, o processo de participação social se dá por meio de mecanismos de pressão, originados pela identificação das relações de poder que estão por trás do desenvolvimento científico-tecnológico, bem como suas contradições. Percebe-se que há um grande avanço nesse nível de compreensão no que diz respeito à participação social, pois se assume que há possibilidade de intervir nos processos de produção científico-tecnológica.

Nível 5P: Esferas políticas – Compreensão e discussão de políticas

Por fim, este nível de participação propõe que as políticas públicas sejam elaboradas em parceria com representantes de diversos grupos sociais, de forma a promover uma interação e uma negociação entre especialistas e cidadãos, o que envolve questões complexas para as quais a pesquisa científica não pode contribuir. Desta forma, é possibilitada a inclusão de questionamentos, bem como de interesses desses grupos. Assim, “nesta perspectiva a participação se dá no âmbito das políticas

públicas, na definição de seus objetivos, meios para alcançá-los e maneiras de controlar sua implementação” (STRIEDER, 2012).

Os níveis aqui apresentados carregam características que podem estar relacionadas com as vozes que constituem os discursos dos alunos. Essas características dessas possíveis vozes estão apresentadas de maneira sintetizada no quadro seis.

Quadro 6 – Níveis das possíveis vozes de racionalidade, desenvolvimento e participação.

Visão	Níveis/características das possíveis vozes	
Racionalidade	1R	Racionalidade como garantia de desocultamento da realidade
	2R	Racionalidade universal
	3R	Racionalidade em contexto
	4R	Racionalidade questionada
	5R	Racionalidade assumida mas insuficiente
Desenvolvimento	1D	Desenvolvimento neutro
	2D	Desenvolvimento como sinônimo de progresso social
	3D	Desenvolvimento e suas especificidades
	4D	Desenvolvimento orientado
	5D	Desenvolvimento em contexto
Participação	1P	Reconhecimento da presença da CT na sociedade
	2P	Decisões individuais
	3P	Decisões coletivas
	4P	Mecanismos de pressão
	5P	Esferas políticas

Ao dizer no primeiro objetivo de pesquisa (página 163) que o foco da análise seria nas visões de ciência, de tecnologia e de sociedade de maneira articulada, eram estes três aspectos (racionalidade, desenvolvimento e participação) que estavam sendo referenciados. Ou seja, são as visões de racionalidade, desenvolvimento e participação que deverão ser compreendidas a partir da(s) voz(es) caracterizadas pelos níveis do quadro 1 (1R, 2R...1D, 2D...1P, 2P...). Desse modo, tais vozes representarão o eixo central dessa primeira parte da análise, que se dará da seguinte maneira:

1) Para os dados do questionário²⁵.

Serão identificadas as vozes de racionalidade, desenvolvimento e participação de cada licenciando investigado. Além disso, será feita a

²⁵ Por não se tratar de uma situação de interação direta, é provável que a análise destes enunciados do questionário por meio dos conceitos bakhtinianos não seja tão profunda, podendo ficar mais limitada às vozes.

análise destes enunciados de acordo com os conceitos de Bakhtin, de modo a vislumbrar uma compreensão inicial dessas visões.

- 2) Dados das interações²⁶ (discussão do questionário + discussões em aula). Inicialmente serão identificadas as vozes que caracterizam as visões de racionalidade, desenvolvimento e participação do grupo ao longo das aulas. Após isso, será elaborada a análise de alguns episódios de interações discursivas por meio dos conceitos bakhtinianos, buscando entender a interanimação de vozes e o processo de construção conceitual colaborativa sobre as inter-relações CTS, não desvinculando estas análises das análises provenientes do questionário.

Parte II: Análise dos aspectos didático-pedagógicos da perspectiva CTS

Para analisar a compreensão dos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS que são enfatizados pelos licenciandos em algumas interações discursivas e, principalmente, nas unidades didáticas construídas por eles ao final da disciplina de Metodologia do Ensino de Física (dados do grupo dois), serão adotados cinco critérios estabelecidos de acordo com a revisão da literatura (capítulo dois). Esses critérios, que serão explicados na sequência, são: objetivos educacionais, abordagens CTS, aspectos metodológicos, estrutura curricular e papel do professor.

Objetivos Educacionais

Embora se atribua ao enfoque CTS o objetivo geral de alfabetizar cientificamente os estudantes, não seria trivial buscar nos enunciados indícios do intento de desenvolvê-lo, já que a alfabetização científica é um fenômeno bastante complexo, com critérios de definição e avaliação não consensuais na literatura, como se procurou evidenciar no capítulo 2.

Assim sendo, para analisar os objetivos educacionais que os licenciandos investigados atribuem à perspectiva CTS durante as discussões em aula e nas propostas didáticas elaboradas, será considerado que o enfoque CTS está centrado no desenvolvimento de três grandes objetivos: (1) desenvolvimento de

²⁶ Ao realizar a análise de interações, levando em consideração o marco teórico-metodológico, é necessário propor um deslocamento de foco dos indivíduos para o grupo, ou seja, as vozes e a compreensão das inter-relações CTS agora serão atribuídos não aos indivíduos sozinhos, mas ao grupo de indivíduos que participa da disciplina.

percepções/relações entre o conhecimento científico e o contexto do aluno; (2) desenvolvimento de questionamentos das implicações do desenvolvimento científico e tecnológico; e (3) o desenvolvimento de um compromisso social frente a essas implicações (STRIEDER, 2012). Esses objetivos serão melhor detalhados a seguir.

- 1) Objetivo de desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico e o contexto do aluno: esse objetivo privilegia uma contextualização dos conteúdos, criando um elo entre os conceitos científicos e o mundo vivencial dos alunos. Tal contextualização é bastante reduzida, limitada às aplicações de conceitos científicos aos fenômenos do cotidiano (ou uma mera ilustração destes), tendo como propósito um meio de facilitar o entendimento de conceitos.
- 2) Objetivo de desenvolvimento de questionamentos das implicações do desenvolvimento científico-tecnológico: esse objetivo requer mais que o simples estabelecimento de vínculos entre os conhecimentos escolares e o cotidiano. Espera-se que o aluno possa compreender situações/problemas de relevância social, ou seja, vai além da contextualização, focando nas implicações do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade. Assim, o ensino estaria direcionado a privilegiar o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo e de aptidões para a tomada de decisões conscientes.
- 3) Objetivo de desenvolvimento de compromisso social frente a implicações científico-tecnológicas: relacionado à possibilidade de fazer uma leitura crítica da realidade e de lidar com problemas de diferentes naturezas, buscando transformar o mundo a partir de ações concretas de intervenção na realidade. Esse objetivo busca uma aproximação com a perspectiva freireana de educação.

Abordagens CTS

Em vista da grande variedade de abordagens que podem ser estabelecidas em um ensino com enfoque CTS, são apresentadas quatro abordagens possíveis que podem ser complementares. Propõe-se, inicialmente, uma abordagem que dê conta da premissa básica para qualquer abordagem CTS, as inter-relações entre a ciência,

a tecnologia e a sociedade, propondo em seguida, outra possível abordagem em que são exploradas visões mais amplas de CTS. Em outro nível, mais avançado, estariam as abordagens que enfocam questões controversas - incitando os alunos a resolver problemas e contribuindo para que estejam aptos à tomada de decisão - bem como aquelas que visam incentivar a implementação de ações responsáveis, de participação.

1) Influências CTS: abordagem que contempla as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade. As relações entre esses três elementos podem ser observadas a partir de seis influências possíveis entre os sistemas ciência-tecnologia, ciência-sociedade, tecnologia-sociedade, inspirado nos aspectos de Mckavanagh e Maher (1982) expostos no capítulo 2:

- Influência da ciência sobre a tecnologia;
- Influência da tecnologia sobre a ciência;
- Influência da sociedade sobre a ciência;
- Influência da ciência sobre a sociedade;
- Influência da sociedade sobre a tecnologia;
- Influência da tecnologia sobre a sociedade.

O ideal é que não sejam apresentadas relações apenas entre pares da tríade. Seria mais consistente evidenciar influências entre os três elementos da tríade CTS. Entretanto, identificar essas relações separadamente permite compreender e caracterizar melhor a abordagem adotada nas unidades didáticas.

- 2) Relações com questões sociais: nesta abordagem, além de considerar influências mútuas CTS, são exploradas visões mais sofisticadas de Ciência, de Tecnologia e de Sociedade, focadas prioritariamente em questões sociais, incluindo também questões éticas e de valores.
- 3) Tomada de decisão e resolução de problemas: abordagem que estimula os alunos a procurar soluções para problemas e desenvolverem a capacidade de tomada de decisão.
- 4) Educação para a participação: por fim, uma abordagem considerada mais ampla, voltada para a formação de sujeitos participantes na sociedade.

Significa proporcionar ao aluno, além da compreensão das inter-relações CTS, o reconhecimento do seu papel como membro da sociedade, que sabe tomar decisões, vindo a se envolver em ações sociais e políticas de forma adequada.

Aspectos metodológicos

Para esse critério serão considerados três aspectos, relativos: 1) ao conteúdo da proposta; 2) à sequência adotada; e 3) às estratégias didáticas utilizadas.

- 1) Conteúdos: serão analisados alguns critérios considerados básicos com relação ao tema/conteúdo na perspectiva CTS, ou seja, serão observados os seguintes aspectos:
 - a. Composição do conteúdo: considerando que o conteúdo nesta perspectiva é uma combinação de conteúdos de ciência e conteúdos ditos CTS, será determinada a composição do conteúdo da unidade a partir dos diferentes tipos de conhecimentos que estarão sendo tratados, tais como:
 - i. Conteúdo de ciência;
 - ii. Tópico filosófico, histórico ou social interno à comunidade;
 - iii. Artefato ou processo tecnológico;
 - iv. Relações entre C&T, C&S, T&S;
 - v. Tópico social relacionado à ciência.
 - b. Abrangência: se o tema é local ou aplica-se em contextos mais amplos (global).
 - c. Surgimento²⁷: se o tema surgiu do aluno ou do professor.
 - d. Relevância: se o tema é importante no contexto atual; se o tema é interessante e motivador ou não;

²⁷ Para a análise das unidades didáticas, a avaliação do surgimento do tema e da relevância do mesmo (item d) estará sujeita a descrições do contexto da proposta. Se os autores da unidade não descreverem o contexto esses pontos dificilmente poderão ser analisados.

- 2) Sequência: embora não exista uma regra para definir a sequência a ser adotada em um ensino CTS, é possível dizer que as sequências, de forma geral, são constituídas por quatro eventos que podem vir a ser desenvolvidos em uma ordem determinada. Assim, serão descritas as sequências vinculadas no discurso e/ou adotadas nas unidades a partir da ordem de surgimento ou não de tais eventos, que são:
- a. Fundamentação: conceitos de ciência;
 - b. Ênfase tecnológica: aspectos tecnológicos, tecnologia;
 - c. Estudo de tópicos relativos à sociedade: questões sociais, ambientais, culturais.
 - d. Desenvolvimento de propósitos cívicos: conscientização, ação responsável, transformação, tomada de decisão.
- 3) Estratégias: as estratégias didáticas propostas para o enfoque CTS não são somente relativas a ele. Entretanto, alguns aspectos dessas estratégias são bastante característicos da perspectiva e serão considerados para avaliar seu uso. São eles:
- a. Foco da atividade: as estratégias do enfoque CTS são bastante focadas nos alunos, assim, nessa categoria estarão sendo avaliadas se estratégias utilizadas são centradas no aluno²⁸ ou não.
 - b. Potencial de interação: se as estratégias estimulam a interação entre os alunos no contexto da sala de aula e também a interação com outros agentes, no âmbito extraescolar.
 - c. Estímulo à pesquisa: estratégias que promovam a busca por conhecimentos, a elaboração de trabalhos acadêmicos, etc.

Estrutura Curricular

²⁸ Não significa que estratégias focadas no professor não estarão presentes em alguns momentos, apenas não devem ser predominantes em relação àquelas focadas no aluno.

A forma de organizar/estruturar o ensino CTS concebido a partir de uma dada abordagem pode variar bastante de acordo com os objetivos da proposta e com os conteúdos selecionados para desenvolvê-la. A partir da integração proposta entre os conteúdos CTS e os conteúdos específicos abordados, é possível caracterizar essa estrutura curricular. Considerando a associação entre as categorias curriculares propostas por Aikenhead (1994b) e as três estruturas para o CTS apresentadas por Bazzo *et al.* (2003), serão abordadas três categorias curriculares:

- 1) Enxerto CTS: quando há a inserção de conteúdos CTS em disciplinas de ciências, ou seja, quando houver uma proposta de currículo tradicional com elementos de CTS. Tal inserção poderá ser de três tipos:
 - a. De caráter motivador: quando o conteúdo CTS é mencionado apenas com o intuito de motivar o aluno;
 - b. De caráter eventual: quando eventualmente conteúdos CTS são mencionados para promover uma complementação;
 - c. De caráter sistemático: quando conteúdos CTS são integrados aos tópicos de ciências para serem explorados sistematicamente.
- 2) Ciência e Tecnologia através de CTS: quando o conteúdo científico é estruturado a partir de conteúdos CTS, ou seja, quando há um currículo CTS com elementos tradicionais. Existem duas formas de fazer esta inserção:
 - a. Disciplinar;
 - b. Interdisciplinar.
- 3) CTS puro: quando são desenvolvidos conteúdos CTS e os conteúdos científicos são deixados em segundo plano. O papel secundário atribuído aos conteúdos científicos permite classificar em três categorias esse tipo de estrutura curricular, dependendo da função que o conteúdo científico desempenha:
 - a. Ciências com conteúdos de CTS: quando o conteúdo científico se integra ao conteúdo CTS, sendo mencionado sistematicamente para enriquecer a aprendizagem.

- b. Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS: quando os conteúdos de ciências são mencionados, mas de maneira não sistemática.
- c. Conteúdo de CTS: quando os conteúdos científicos praticamente não aparecem, o foco são as questões sociais e tecnológicas. No máximo há a menção de conteúdos científicos apenas de maneira a criar um vínculo com as ciências.

Papel do Professor

Quanto ao papel que estará sendo atribuído ao professor, serão destacadas, dentre muitas, cinco possíveis posturas que ele pode assumir:

- a) Transmitir conhecimentos;
- b) Estimular a busca pelo conhecimento e a investigação;
- c) Promover a comunicação em sala de aula;
- d) Orientar o processo de aprendizagem;
- e) Motivar a aprendizagem.

Esses critérios propostos para caracterizar os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS são intimamente ligados entre si e estão apresentados de maneira simplificada no quadro sete.

Tais critérios representam o núcleo desta segunda parte da análise, na qual se buscará por meio dos conceitos de Bakhtin identificá-los e entendê-los. Para isso, serão analisados, inicialmente, enunciados de algumas interações provenientes das aulas, tentando buscar a construção desses aspectos. Em um segundo momento, serão analisados os projetos elaborados pelos licenciandos, buscando nestes a compreensão sobre os aspectos didático-pedagógicos em um momento final do processo que está sendo investigado²⁹ e, mais que isso, entender como esta compreensão se materializa em uma proposta para o ensino médio.

Quadro 7 – Síntese dos critérios para análise dos aspectos didático-pedagógicos do CTS.

Critérios	Classificação
Objetivos educacionais	Desenvolvimento de percepções
	Desenvolvimento de questionamentos

²⁹ Não no sentido que a construção da aprendizagem esteja finalizada, pois segundo o referencial teórico-metodológico esta nunca estaria concluída, mas que o período destinado a tal construção dentro da investigação se encerra.

	Desenvolvimento de compromisso social	
Abordagens	Influências Mútuas	
	Relações com questões sociais	
	Tomada de decisão e resolução de problemas	
	Educação para a participação	
Aspectos metodológicos	Conteúdo	Composição
		Surgimento
		Abrangência
		Relevância
	Sequência	Fundamentação
		Ênfase tecnológica
		Tópicos da sociedade
		Propósitos cívicos
	Estratégias	Foco
Potencial de interação		
Estímulo à pesquisa		
Estrutura curricular	Enxerto	Motivacional
		Eventual
		Sistemático
	Ciência e tecnologia por meio de CTS	Disciplinar
		Interdisciplinar
	CTS puro	Ciências com conteúdo de CTS
		Incorporação das ciências ao conteúdo CTS
Conteúdo de CTS		
Papel do professor	Transmitir conhecimentos	
	Estimular a investigação ou a busca pelo conhecimento	
	Promover a comunicação em sala de aula	
	Orientar o processo de aprendizagem	
	Motivador da aprendizagem	

Por fim, cabe ressaltar que embora a análise tenha sido fragmentada em duas partes, não significa que as inter-relações CTS e os aspectos didático-pedagógicos do enfoque não estejam relacionados. Tais relações serão discutidas ao final do trabalho.

6. ANÁLISE

Neste capítulo será desenvolvida a análise dos dados de acordo com os procedimentos metodológicos apresentados no capítulo anterior. Conforme foi exposto, tal análise será dividida em duas partes, uma relacionada às Inter-relações CTS e outra relacionada aos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS.

6.1. Análise das inter-relações CTS

Nesta seção do trabalho pretende-se analisar o nível de compreensão que os licenciandos investigados apresentam sobre as inter-relações CTS, procurando identificar as visões relativas à racionalidade científica, ao desenvolvimento tecnológico e à participação social e compreender seu processo evolutivo, levando em consideração a intervenção pedagógica, bem como aspectos sociais, culturais e institucionais. Para isso serão identificadas as vozes relacionadas à racionalidade, ao desenvolvimento e à participação expressas nos enunciados e, por meio dos conceitos bakhtinianos, serão analisados os episódios interativos selecionados. Inicialmente é necessário identificar as visões iniciais dos sujeitos de pesquisa, pela análise dos enunciados em resposta ao questionário para, posteriormente, por meio da análise das interações, compreender melhor estas visões e seu processo evolutivo, ou seja, a construção destas, as transformações, etc.

6.1.1. Análise do questionário

As análises apresentadas nesta seção são relativas às respostas apresentadas ao questionário inicial, cuja transcrição pode ser acompanhada no Apêndice D. Na sequência segue a análise dos enunciados de cada um dos licenciandos investigados.

1) Cleber

Pode-se dizer que as vozes referentes à racionalidade e ao desenvolvimento veiculadas nos enunciados de Cleber são relativamente elaboradas, diferentemente da voz de participação, que é bastante ingênua.

Seu discurso revela vozes relacionadas à racionalidade que podem ser caracterizadas pelos níveis 3R e, principalmente, 4R. Ele expressa em seus enunciados que a ciência é uma construção humana, não orientada por uma lógica

interna, já que o cientista se utiliza de teorias (que ele mesmo pode ter criado), tenta fazer previsões, pode usar a experimentação para validar seus resultados ou para encontrar limitações em suas teorias, sem nenhum conjunto de regras ou ordenamento específicos. Ainda, nota-se que Cleber é um dos poucos que não se limita apenas a dizer que ciência é feita por teorias, experimentação, previsões, etc., mas tenta mostrar o papel destas na atividade científica e as possíveis relações entre elas, não deixando de salientar que as teorias têm limitações.

Além de não associar ciência ao método científico e não encará-la como sinônimo de verdade absoluta, assume uma postura de não neutralidade da mesma, argumentando que esta é influenciada por fatores sociais e, mais que isso, está a serviço de algumas minorias que financiam as pesquisas em próprio benefício. Portanto, em função disso, é possível afirmar que as vozes às quais o discurso de Cleber se alia podem ser caracterizadas pelos níveis 3R e 4R.

Nesta mesma direção, Cleber questiona o modelo linear de desenvolvimento, argumentando que os investimentos em ciência e tecnologia não se convertem em bem estar para a população, mas em mais lucro para essa minoria que comanda a atividade científico-tecnológica. Assim, pode-se dizer que há a presença de uma voz de desenvolvimento tecnológico que pode ser caracterizada pelo nível 4D.

Em contrapartida, percebe-se a existência de outra voz relacionada ao desenvolvimento diretamente opostora a esta, que considera o desenvolvimento como sinônimo de progresso social (caracterizada pelo nível 2D). Um exemplo da manifestação de tal voz pode ser observado no enunciado em resposta à questão 2-b, no qual a tecnologia é colocada como produto do conhecimento científico e como meio facilitador das atividades humanas, isto é, como agente que traz benefícios para o ser humano. Cleber, portanto, não parece estar convencido da necessidade de problematizar a ideia de que desenvolvimento tecnológico e progresso social andam juntos.

Se na maioria dos momentos Cleber destaca a presença de interesses na atividade científico-tecnológica e, conseqüentemente, seu caráter não neutro, em outros parece simplesmente desconsiderar tais aspectos. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 4, destaca que o cientista “não se despe de sua experiência de vida (preconceitos, teorias, etc.)” e não é “100% neutro”, já no enunciado em resposta à questão 6, propõe que especialistas, por dominarem a respectiva área,

devam ser os responsáveis por tomar decisões, desde que “interesses pessoais sejam deixados de lado”.

Portanto, é possível identificar em seu discurso uma contradição (cientista não é livre de interesses X cientista pode deixar de lado seus interesses) que sustenta uma voz relacionada à participação social. Tal voz pode ser caracterizada pelo nível 1P, já que referencia a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas e exclui a população de qualquer tipo de decisão.

2) Lucas

No que diz respeito à racionalidade científica, é possível perceber que o discurso de Lucas se alia a vozes que podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 2R e 3R.

Inicialmente, na questão 2- a, ao descrever o que entende por ciência, mostra um posicionamento alinhado a uma voz referente à racionalidade caracterizada pelo nível 1R, de ciência neutra, que busca compreender o mundo. Porém, em um segundo momento do enunciado que responde à questão 2-a e em outras questões, veicula pontos de vista mais elaborados, correspondentes a vozes caracterizadas por 2R e 3R. Porém, estas últimas, muitas vezes, aparecem de maneira breve e não suficientemente desenvolvidas.

Percebe-se que seu discurso, no que diz respeito à racionalidade científica, está impregnado por diversas vozes. Uma possível explicação para isso pode ser, considerando-se o contexto mais amplo, atribuída ao fato deste licenciando já ter cursado a disciplina de epistemologia. No enunciado em resposta à questão 2-a pode-se ver um exemplo disso. Enquanto, de maneira geral, é expressa uma visão ingênua de racionalidade, esta é contrastada por compreensões mais elaboradas, por exemplo, de que ciência se faz por “modelos e teorias”, que “assume um papel mutável” e que está disponível para “verificação”. Ainda assim, permanece como isenta de juízos de valor, de opiniões, de julgamentos, não sendo totalmente compreendida em contexto.

Por outro lado, em enunciados posteriores, como na questão 4 e 8, por exemplo, o licenciando apresenta uma voz que pode ser caracterizada pelo nível 3R, pois afirma que o cientista não é livre de interesses e convicções pessoais e que este é influenciado pela sociedade e pela política, por não estar isolado de tal contexto.

Contudo, no enunciado em resposta à questão 5 percebe-se, mais uma vez, uma concepção de ciência neutra, quando Lucas comenta sobre o modelo linear de desenvolvimento. Neste enunciado, veicula uma voz relacionada à racionalidade caracterizada pelo nível 2R, já que supervaloriza a ciência, ao afirmar que esta sempre é benéfica, questionando o uso daquilo que considera produto da ciência, no caso, a tecnologia, citando como exemplo a construção da bomba atômica. Portanto, embora surjam algumas críticas, estas são sobre o uso da ciência e não sobre o conhecimento científico em si, que ainda é considerado como livre de valores.

Desta forma, é possível afirmar que fica explícito em seu discurso que a “ciência é a origem para a tecnologia” ou, de outra forma, a tecnologia é “o estudo feito para aplicação do conhecimento científico”. Assim, Lucas considera que a tecnologia decorre diretamente da ciência e pode ter um impacto tanto positivo quanto negativo no desenvolvimento social. Argumenta que a tecnologia proporciona conforto às pessoas, porém destaca os interesses militares como uma face que traz malefícios à sociedade. Portanto, emerge de seu discurso uma voz referente ao desenvolvimento tecnológico que fica muito bem caracterizada pelo nível 2D.

Também, em alguns momentos, parece exprimir uma voz que pode ser caracterizada como um desenvolvimento neutro, pois elimina o caráter social da tecnologia, como é o caso do enunciado em resposta à questão 7. Ao dizer que a tecnologia pode resolver os problemas sociais da humanidade, “desde que não atenda aos interesses pessoais ou de determinado grupo”, está livrando a tecnologia do seu caráter social, do seu contexto. Além disso, neste enunciado, acaba atribuindo à tecnologia uma perspectiva salvacionista.

Por fim, evidenciam-se vozes relacionadas à participação social que podem ser caracterizadas pelos níveis 1P, 3P e 5P. A voz alinhada ao nível 5P é veiculada no enunciado em resposta à questão 2-c, no qual Lucas afirma que as leis da sociedade podem ser originadas democraticamente pelos membros de um grupo. Embora não se refira diretamente à ciência e à tecnologia e se apoie parcialmente nas características propostas pelo nível 5P, pode-se dizer que é aproximada a ele, pois enfatiza o papel da negociação, da interação entre grupos para decidir sobre as leis. Da mesma forma, neste enunciado, há uma voz referente à participação que se aproxima da caracterização proposta pelo nível 1P, já que Lucas diz que as leis da

sociedade também podem ser originadas por imposição, ou seja, em um processo onde o povo, de maneira geral, não tem poder de decisão.

Ainda, outra voz, caracterizada pelo nível 3P, pode ser identificada no enunciado em resposta à questão 6, no qual Lucas propõe que as decisões sejam tomadas com um assessoramento dos especialistas, pois os indivíduos precisam estar conscientizados dos benefícios daquilo que irão decidir. Portanto, parece sugerir que a participação se dá pelo reconhecimento do impacto na sociedade, ainda que, para ele, apenas o impacto positivo.

3) Sofia

As vozes presentes no discurso de Sofia podem ser caracterizadas pelos níveis 3R e 4R. Pelos seus enunciados é possível verificar que a ciência é entendida como uma atividade humana, não neutra, provisória e que não é orientada por uma lógica interna, guardando relações com fatores sociais. Assim, o nível 3R descreve umas das vozes presentes em seu discurso. Além disso, apresenta a compreensão de que a ciência está a serviço de pequenos grupos, de forma a garantir-lhes “lucro, poder e prestígio”, podendo, portanto, ser caracterizada também pelo nível 4R.

Seu discurso também apoia vozes que podem ser caracterizadas pelos níveis 1D e, principalmente, 4D. Para ela, tecnologia é uma ferramenta que serve para auxiliar o homem, ou seja, a princípio é possível dizer que a entende como um mero produto, isento de qualquer juízo de valor.

Contudo, embora em momento algum destaque a tecnologia como um processo, apresenta uma voz relacionada ao desenvolvimento tecnológico bastante sofisticada, argumentando que a atividade tecnológica contém propósitos políticos.

Sofia parece estar a caminho de promover uma ruptura com o modelo linear de desenvolvimento, isto é, no enunciado em resposta à questão 5, problematiza a visão de que mais ciência e tecnologia levam ao bem estar social, afirmando que estas estão a serviço de uma minoria em prol de obtenção de lucro e poder. Assim, é possível observar a presença de uma voz que pode ser caracterizada pelo nível 4D, no qual o desenvolvimento tecnológico assume valores de um determinado grupo social e não atende às necessidades básicas da população. Entretanto, pode-se afirmar que a problematização do modelo linear de desenvolvimento ainda não é integral, pois

segundo Sofia, somente “por vezes” a ciência e a tecnologia se voltam para os interesses de um grupo específico.

Talvez pudesse se dizer que uma voz 2D também está presente no discurso de Sofia. Nos enunciados em resposta às questões 9 e 10, por exemplo, é vislumbrada uma tendência de considerar a tecnologia como ciência aplicada. Não é possível afirmar com certeza tal fato, pois como ela afirma, “a ciência contribui para a tecnologia”, mas há indícios de colocar a ciência como um motor para a tecnologia.

4) Rafael

As vozes referentes à racionalidade presentes no discurso de Rafael podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 3R e 4R.

Embora não fale em método científico, no enunciado em resposta à questão 3, parece reconhecer a existência do mesmo, ao dizer que “ciência é um conjunto de conhecimentos adquiridos através da observação, experimentação e sistematização de fenômenos”. Pode-se considerar, portanto, que Rafael alinha-se a uma concepção empirista-indutivista, à qual a crença no método científico está subjacente.

Contudo, o discurso de Rafael não se alia a uma voz que veicula um viés algorítmico para a atividade científica, já que afirma não existir uma ordem correta para cada uma das etapas citadas, fazendo, inclusive, um contraponto aos livros didáticos por apresentarem que ciência é feita a partir de sequências rígidas. Talvez isso seja um eco da voz da professora da disciplina que problematizou rapidamente o método científico no início da disciplina, entretanto, o enunciado não dá evidências suficientes para afirmar se o autor realmente abdica da visão de método científico ou não. Mais adiante, o autor dá destaque à testabilidade das teorias, na qual ele possivelmente está relacionando à experimentação, embora, afirme que também é possível fazer esse teste a partir dos conhecimentos da matemática, voz esta trazida, possivelmente, da sua namorada, formada em matemática. Em função disso, é possível dizer que sua voz de racionalidade pode ser caracterizada pelo nível 1R.

Além disso, corroborando que o nível 1R caracteriza uma das vozes presentes no discurso de Rafael, está o fato de considerar a ciência como uma atividade neutra, livre de juízos de valor, de opiniões, já que nestas caracterizações feitas sobre a ciência desconsidera qualquer influência externa.

Por outro lado, vozes mais elaboradas (3R e 4R) também se fazem presentes em seu discurso. No enunciado em resposta à questão 4, por exemplo, Rafael pondera que a atividade do cientista não é isenta de interesses e, em resposta à questão 5, afirma que os resultados da atividade científico-tecnológica são direcionados aos que a patrocinam e nem sempre são convertidos à população como um todo. Neste mesmo enunciado parece estar a caminho de promover um rompimento com o modelo linear de desenvolvimento, expressando, assim, uma voz relativa ao desenvolvimento tecnológico que pode ser caracterizada pelo nível 4D.

Contudo, no enunciado em resposta à questão 7, é possível perceber uma voz referente ao desenvolvimento tecnológico que se opõe a esta última. Neste, Rafael coloca a ciência³⁰ e a tecnologia como promotoras de bem estar social, ou seja, o desenvolvimento tecnológico como sinônimo de progresso social (2D). Neste sentido, atribui à ciência e tecnologia um caráter salvacionista, colocando nas mãos destas a solução de problemas que, na verdade, são da sociedade, tal como a falta de alimentos e de água potável. Ainda, afirma que isto tudo é possível “com um emprego correto”, ou seja, não é relevante o processo e o produto em si, que, além de neutro, é sempre bom e trará benefícios se corretamente utilizado.

Cabe ressaltar que, mais ao final deste enunciado, o autor desvencilha-se dessa neutralidade subjacente ao modelo linear, enfatizando que existem interesses que impedem o desenvolvimento de determinadas ações beneficiadoras da sociedade. Todavia, ainda não parece estar claro para ele, neste enunciado, que os investimentos em ciência e tecnologia podem não ser destinados a melhorar a vida da população e sim enriquecer e legitimar o poder de um seleto grupo que comanda a atividade científico-tecnológica.

Na verdade, a neutralidade da ciência e a da tecnologia representa um ponto contraditório no discurso de Rafael. Enquanto em alguns enunciados ele afirma que os especialistas não são livres de interesses, em outros, como é o caso do enunciado em resposta à questão 6, esquece tal fato, atribuindo a estes o poder de tomar decisões que dizem respeito a toda uma sociedade (com interesses, visões de mundo e necessidades diferentes). Assim, é possível afirmar que existe uma voz relacionada

³⁰Embora o autor se refira apenas à ciência, entende-se, pelo teor da pergunta, que ele está se referindo também à tecnologia.

à participação que, por estar alinhada a um modelo tecnocrático, pode ser caracterizada pelo nível 1P.

Quanto à participação social, poderia se dizer que há uma voz, mesmo que pouco potente, caracterizada pelo nível 4P. No enunciado em resposta à questão 8 Rafael explana que algumas decisões sofrem influências da sociedade que pressiona para que determinadas ações relativas à ciência e a tecnologia não sejam executadas. Porém, ainda assim não parece entender que existem interesses políticos subjacentes aos produtos da ciência e da tecnologia e que, para criar mecanismos de pressão, é necessário identificar estas e as suas contradições. Por isso, pode-se dizer que ele apresenta, na verdade, uma voz aproximada da caracterização proposta pelo nível 4P.

5) João

Nos enunciados escritos por João em resposta ao questionário foi possível identificar a presença de vozes relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, à racionalidade científica e participação social.

Observa-se que, diferentemente da maioria dos licenciandos investigados, João mantém uma certa coerência no que diz respeito a seu ponto de vista sobre ciência. Pode-se dizer que seu discurso está marcado prioritariamente por uma voz de racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 3R.

Essa voz pode ser assim caracterizada, pois João atribui à ciência aspectos que a qualificam como uma atividade humana e, além disso, como uma atividade que faz sentido em uma determinada época, indicando, assim, que em outras o mesmo pode não ocorrer, ou seja, há destaque à provisoriedade do conhecimento científico. Ainda, neste contexto, descreve no enunciado em resposta à questão 2-a uma dinâmica da atividade ciência, tratando-a como um conhecimento que é legitimado pelos pares e atribuindo, assim, um caráter de não neutralidade da mesma.

Esses pontos de vista são reforçados por João no enunciado em resposta à questão 3, no qual ainda ressalta que de forma alguma a ciência pode ser orientada por uma lógica interna, tal como o método científico. Além disso, em outros enunciados, destaca a presença de interesses pessoais, políticos, econômicos e corporativos na atividade científica, vislumbrando, assim, as relações que esta guarda com fatores sociais.

Esse discurso mais elaborado, como já citado, pode ter sido influenciado pela sua formação, já que João cursou anteriormente a disciplina de Epistemologia. Inclusive, isto permite entender por que muitas vezes seu discurso parece estar permeado por uma “voz kuhniana” (epistemólogo trabalhado na disciplina de Epistemologia). Essa caracterização no nível 3R pode ser então um reflexo de uma interanimação de vozes, que se estabelece de forma que sua voz se alie a vozes provenientes de interações discursivas vivenciadas no seu contexto formativo (professores, textos ou discussões sobre epistemologia).

Por outro lado, no que diz respeito ao desenvolvimento tecnológico, verifica-se que sua voz se interanima com vozes caracterizadas por diferentes níveis, tais como os níveis 3D, 1D e, principalmente, 2D.

O desenvolvimento tecnológico é encarado em alguns momentos como neutro, conforme pode ser observado nos enunciados em resposta às questões 2-b e 5, nas quais a tecnologia é tratada meramente como “técnicas, aparelhos, instrumentos e dispositivos” e, em outros momentos o desenvolvimento é encarado de acordo com suas especificidades. Isso pode ser verificado no enunciado que responde à própria questão 5, onde o autor salienta que a relação entre tecnologia e bem estar não é direta, já que esta é influenciada pela economia e política.

Além disso, são constantes as atribuições feitas à tecnologia como instrumento de resolução de problemas e promotor da melhoria das condições de vida, concebendo a esta o papel de redentora da humanidade.

Contudo, a voz mais potente nos enunciados dele parece ser caracterizada pelo nível 2D, já que constantemente busca sugerir que a tecnologia é uma aplicação do conhecimento científico e que o desenvolvimento tecnológico é sinônimo de progresso.

A visão de desenvolvimento tecnológico apresentada por ele, se comparada com a de racionalidade, é bem mais ingênua, com vários elementos do senso comum. O contexto institucional sugere uma interpretação para tal fato. Se for observada a estrutura curricular deste curso de licenciatura, enquanto existe um espaço de problematização das visões de ciência (disciplina de Epistemologia), o mesmo não ocorre com as visões de tecnologia (exceto nesta nova disciplina – Metodologia do Ensino de Física – na qual proporciona-se uma discussão breve, se comparada à importância do tema). Os poucos elementos mais elaborados que foram encontrados

no discurso de João, podem ser oriundos de vozes presentes nas leituras que o mesmo alegou ter feito nos manuais do professor anexados aos livros didáticos. Assim, deve-se encarar com cuidado o fato de sua voz se interanimar aparentemente aliando-se a vozes caracterizadas no nível 3D em alguns momentos, como quando nega a relação direta entre desenvolvimento tecnológico e bem estar social. Ao justificar essa negação afirmando que “a ciência e tecnologia gerarão instrumentos, mas a maneira como esses dispositivos serão utilizados vai passar por decisões políticas, econômicas, etc.”, não indica que ele esteja de fato problematizando a visão ingênua de que o desenvolvimento tecnológico necessariamente leva ao bem estar social. Sua voz parece estar se interanimando no sentido de reforçar uma voz que defenda uma espécie de neutralidade da ciência e da tecnologia, afirmando no contexto discursivo que ambas apenas “gerem instrumentos” para atingir o bem estar social, mas que a decisão de usá-los para o bem ou para o mal cabe a outras esferas (política, econômica, etc.), como se a atividade científica estivesse separada e não sofresse forte influência dessas esferas. Assim, essa aparente interanimação, com vozes caracterizadas no nível 3D, na verdade parece se dar no sentido de reforçar vozes caracterizadas no nível 2D.

Se não há diretamente uma disciplina que problematize a tecnologia, menos ainda são proporcionados espaços para a reflexão sobre aspectos sociais da ciência e da tecnologia, o que reflete diretamente na visão de participação social de João. Sua voz de participação pode ser classificada pelo nível 1P, o mais ingênuo de todos, já que esta se apresenta alinhada a um discurso tecnocrático.

6) Mário

A visão de racionalidade de Mário está impregnada por vozes caracterizadas pelos níveis 1R, 2R, 3R e 4R. Em alguns momentos Mário considera a ciência apenas como uma forma de estudar o mundo (1R), porém, observa-se que na maioria das vezes, as vozes que se fazem presentes em seus enunciados são mais sofisticadas, sendo caracterizadas pelos níveis 2R, principalmente 3R e, em alguns momentos, 4R. A presença dessa quantidade de vozes diferentes e de uma convergência a níveis mais elaborados de racionalidade, possivelmente está relacionada ao fato de este aluno já ter cursado a disciplina de Epistemologia. Na verdade, esta é uma relação constante (e presumível) que pode ser verificada no discurso dos licenciandos

investigados: as vozes de racionalidade dos que cursaram Epistemologia tendem a ser caracterizadas por níveis mais altos, ou seja, em geral, estes apresentam vozes mais elaboradas.

Para ele, o cientista não é um sujeito neutro, já que ao desempenhar suas atividades envolve “convicções, ideias e interesses”, ou seja, no discurso de Mário há uma voz que pode ser caracterizada pela racionalidade em contexto (3R). Além disso, aponta também que a atividade científico-tecnológica sofre interferência de fatores externos, salientando que tal influência ocorre de acordo com as necessidades ou interesses daqueles que a comandam (enunciado em resposta à questão 8, por exemplo). Desta forma, Mário destaca o fato de a ciência atender a um determinado grupo social (que a usa em seu benefício) e não à população em geral. Assim, mesmo que pouco elaborada, há uma voz que concebe a ciência como limitada pelas práticas sociais, ou seja, uma voz caracterizada pelo nível 4R. Também há vestígios de uma voz relacionada ao desenvolvimento tecnológico que poderia ser caracterizada pelo nível 4D, todavia, a argumentação referente a este aspecto não é suficientemente desenvolvida e, além disso, existe em seu discurso outra voz de desenvolvimento mais potente que esta, caracterizada pelo nível 2D.

Tal voz pode ser percebida no enunciado em resposta à questão 2-b, no qual Mário expõe que tecnologia é aplicação de conhecimentos e, de maneira mais profunda, no enunciado em resposta à questão 5, no qual fica bastante evidente o endossamento do modelo linear de desenvolvimento. Neste enunciado, é possível perceber que, para Marcos, a ciência e a tecnologia por si só não levam ao bem estar social, mas quando estas são usadas para desenvolver o país, como consequência, haverá bem estar social. Assim, veicula em seu discurso uma voz na qual os questionamentos recaem sobre o uso feito da ciência e da tecnologia e não sobre elas propriamente. Por isso, percebe-se que além do endossamento ao modelo linear (2D) está presente uma voz referente à racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 2R. Tal voz é bastante dissonante das demais vozes de racionalidade apresentadas por ele, já que descontextualiza a ciência e desconsidera as práticas sociais que envolvem seu processo de construção. Essa dissonância é um indício de que as ideias de Mário sobre o assunto, provavelmente, estão em processo de maturação.

Quanto à participação social, não há uma voz clara que possa ser identificada. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 6, percebe-se que Mário não diz

quem deve ser responsável por tomar as decisões, todavia, mesmo colocando os cientistas em um patamar privilegiado, alega que estes não devem ser os responsáveis por tomar as decisões, já que “possuem interesses próprios”. Implicitamente ele parece sugerir que os cidadãos devem decidir, mas não é possível inferir qual seria o papel destes. Assim sendo, entende-se, no que diz respeito à participação social, que Mário não defende um modelo tecnocrático (embora o considere melhor).

7) Júlia

As vozes que permitem caracterizar a visão de racionalidade de Júlia podem ser descritas pelos níveis 1R e 3R. Nos enunciados em resposta ao questionário parece haver uma voz predominantemente 1R, que divide espaço com uma voz caracterizada pelo nível 3R, de predominância menor.

Em geral, ela não parece conceber que existe uma lógica interna que oriente a atividade científica, mas muitas vezes transparece em seu discurso uma concepção de ciência descontextualizada, livre de juízos de valor, intencionalidades e opiniões.

Por outro lado, no enunciado em resposta à questão oito, assume uma posição valorativa na qual considera que a ciência guarda profundas relações com fatores sociais, tais como a política e a economia.

Quanto às vozes de desenvolvimento tecnológico é interessante notar que, mesmo assumindo uma postura neutra perante ele, Júlia se diferencia dos demais licenciandos investigados por apresentar uma concepção de tecnologia como uma forma de modificação do meio. Também é possível verificar uma voz de desenvolvimento tecnológico que pode ser caracterizada pelo nível 2D, já que coloca a tecnologia como dependente da ciência - “se não há ciência não há tecnologia”. Todavia, Júlia não endossa o modelo linear de desenvolvimento, argumentando que investimentos em ciência e a tecnologia nem sempre acarretam em bem estar para a população, citando o caso da China.

Se por um lado parece não corroborar com a ideia do modelo linear, por outro, não há indicativos suficientes para afirmar que o tenha superado plenamente, já que ainda não compreende os propósitos políticos que estão por trás do mesmo.

Já a voz relacionada à participação vinculada em seu discurso parece estar muito aproximada do nível 5P, pois propõe a existência de um diálogo e uma negociação entre especialistas e cidadãos comuns.

8) Ana

No discurso de Ana é possível verificar a presença de vozes relacionadas à racionalidade científica e ao desenvolvimento tecnológico que podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 3R, 1D, 2D e 3D.

Já as vozes referentes à participação social foram mais difíceis de serem compreendidas. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 6, percebe-se que o discurso de Ana não está alinhado a vozes que sustentam um modelo tecnocrático, pois ela ressalta que os especialistas são seres humanos e, portanto, tem interesses que interferem nas decisões. Assim, considera que estes até possam ser mais aptos, mas como não são neutros, não há garantias de que suas decisões venham a ser as melhores. Contudo, apesar de não endossar um modelo tecnocrático, Ana também não explicita qual o papel dos cidadãos nas decisões ou como deveria ser o processo decisório. Desta forma, fica difícil compreender qual nível caracterizaria a voz referente à participação no discurso de Ana, mas, com certeza, não é caracterizada por 1P, que é uma voz à qual seu discurso se opõe.

Na verdade, o discurso de Ana é bastante difícil de ser analisado, pois são recorrentes os enunciados que não respondem exatamente o que foi perguntado ou que respondem, mas de forma prolixa. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 2-a, Ana parece fornecer várias respostas em um mesmo enunciado, estruturando-o de maneira bastante confusa e quase ventrilocutando diversas vozes. Analisando-o é possível perceber que Ana responde à pergunta do questionário por meio de outra, que faz a si própria. Após discutir esta última, justifica que fugiu do tema e tenta, finalmente, responder à pergunta do questionário. Contudo, antes de expressar tal resposta fornece uma espécie de justificativa para ela – simplificando, resumindo e “desesperando” – sugerindo que ainda não é a melhor resposta para a pergunta. Pode-se dizer que, por algum motivo – talvez insegurança, Ana usa essa estratégia para não se comprometer com uma voz em particular que pudesse guiar seu discurso no sentido de elaborar uma resposta a esta pergunta, como fica evidente

mais ao final do próprio enunciado, quando ela diz que sabe o que é ciência, porém não tem argumentos para explicar tal fato.

Apesar disso tudo, analisando este enunciado é possível perceber que nele está veiculada uma voz de racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 1R, já que ela descreve a ciência simplesmente como um conjunto de saberes necessários para compreender o mundo, ou seja, a princípio como uma atividade neutra, sem juízos de valor.

Mas também se verifica que Ana apresenta vozes de racionalidade que podem ser caracterizadas pelo nível 3R, como no enunciado em resposta à questão 4, por exemplo, no qual considera a ciência como uma atividade social e não neutra. Inclusive, essa voz é reforçada pelo enunciado em resposta à questão 3, em que é acrescida também a visão de que a ciência não é guiada por uma lógica interna. Destaca ainda a influência da sociedade e da política na atividade científica (enunciado em resposta à questão oito).

Em alguns enunciados coloca a ciência como essencial para a tecnologia, considerando esta última, portanto, como uma mera aplicação da primeira, assumindo, assim, um posicionamento referente ao desenvolvimento tecnológico como sinônimo de progresso social. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 2-b tal fato fica bastante evidente quando Ana expressa que “a ciência produz o conhecimento necessário para a confecção destes artefatos”. No caso, ao falar em artefatos está se referindo à tecnologia, pois além de vozes caracterizadas pelo nível 2D apresenta vozes caracterizadas pelo nível 1D, no qual a tecnologia não passa de uma ferramenta, um instrumento que facilita a vida do homem.

Embora considere que tecnologia são os instrumentos originados da aplicação de conhecimentos científicos, faz ressalvas quanto ao fato de assumir como tecnologia apenas os instrumentos ditos modernos. Ou seja, Ana cita uma concepção de senso comum (compreensão de que tecnologia é apenas aquilo que é moderno), que ela mesma assume crer, porém parece ficar incomodada com o fato de algo que hoje é considerado tecnologia amanhã vir a deixar de ser, concluindo, que talvez seja uma visão equivocada.

Implícita à voz de desenvolvimento tecnológico caracterizada pelo nível 2D está a crença no modelo linear de desenvolvimento, que Ana mostra discordar segundo o enunciado em resposta à questão 5. Todavia, ao analisar este enunciado percebe-se

que ela apenas diz que não concorda, mas não tece argumentos suficientes para justificar tal posicionamento. Por fim, cabe destacar a presença de vozes de desenvolvimento que podem ser caracterizadas pelo nível 3D como, por exemplo, no enunciado em resposta à questão oito, no qual Ana concebe que a tecnologia não apenas influencia a sociedade (como no nível 2D), mas também sofre influências desta, bem como da política e da economia.

9) Pedro

No discurso de Pedro é possível identificar a influência de vozes relacionadas à racionalidade científica que podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 3R e 4R.

Pedro parece atribuir à ciência um caráter de superioridade quando afirma que ela é a “junção de todas as logias, no sentido mais abrangente que isso possa ter”, isto é, coloca a ciência em uma posição de destaque com relação a outros tipos de conhecimento, como se fosse a “mãe” de todos os conhecimentos. Esse posicionamento de Pedro carrega a ideia de que o conhecimento científico é suficiente para compreender o mundo e omite seu caráter dinâmico e social, por isso pode-se dizer que há uma voz caracterizada pelo nível 1R em seu discurso.

Por outro lado, em outros enunciados, destaca o caráter de não neutralidade da ciência, pois afirma que esta “se faz com dinheiro” em um processo impregnado por interesses e convicções pessoais, portanto, percebe-se que no discurso de Pedro também existem vozes que podem ser caracterizadas pelo nível 3R. Muitas vezes seu discurso parece estar permeado por uma visão na qual ciência é considerada boa, pois traz benefícios à sociedade, enquanto a tecnologia é considerada má, já que está sempre voltada para a obtenção de lucro.

No enunciado em resposta à questão 5 tal ideia parece ser expressa implicitamente e, mais do que isso, é notória uma forte tensão de vozes. Neste enunciado Pedro vincula vozes de racionalidade e desenvolvimento que podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 4R e 4D. Constrói o mesmo de maneira a problematizar o modelo linear de desenvolvimento, discordando de que o resultado final da atividade científico-tecnológica seja o bem estar social. Ao fazer isso, seu discurso interanima-se com uma voz referente ao desenvolvimento tecnológico que pode ser caracterizada pelo nível 4D, aliando-se à mesma, pois entende que a tecnologia não é de acesso a todos e, além disso, “serve para acentuar a diferenciação de classes”.

Nesta visão está implícito que a tecnologia contém propósitos e está a serviço de uma minoria, no caso, as classes dominantes, que ao comandarem os processos tecnológicos visam mais lucro e poder para si próprias e, conseqüentemente, contribuem para a reprodução das diferenças entre classes sociais.

Contudo, neste mesmo enunciado, no que diz respeito às vozes referentes à racionalidade científica, é possível identificar a existência de uma tensão entre elas. O discurso de Pedro alia-se inicialmente a uma voz de racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 1R, quando afirma que a ciência é de acesso universal pelo fato de estar em busca de bem estar social. Novamente, como em enunciados anteriores, volta a colocar a ciência em um pedestal, sempre a serviço da sociedade e, conseqüentemente, totalmente acessível.

Se por um lado Pedro expressa uma voz de racionalidade pouco elaborada, por outro, ainda neste enunciado, seu discurso se alia a uma voz mais sofisticada que se contrapõe diretamente à voz caracterizada pelo nível 1R, pois afirma que a ciência não é para todos e traz riquezas para os que a possuem. Percebe-se que esta afirmação põe em xeque o argumento construído na linha anterior, quer dizer, neste momento Pedro veicula uma voz de racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 4R, pois coloca a ciência a serviço de determinados grupos que, com isso, obtêm mais riquezas. Portanto, uma voz que não considera a ciência como de acesso universal e, muito menos, promotora de bem estar social e riqueza para a maioria da população.

Quanto às vozes de desenvolvimento tecnológico, além da voz 4D, cuja materialização no discurso já foi explicitada, há uma voz que pode ser caracterizada pelo nível 2D, quando Pedro coloca a tecnologia como um produto da ciência, isto é, uma aplicação dos conhecimentos científicos com função de facilitar a vida do homem.

Ainda, é possível verificar em alguns momentos a influência de vozes caracterizadas pelo nível 3D. Podem-se citar como exemplo os enunciados em resposta às questões 2-b, 7 e 9. Nestes enunciados Pedro afirma que a tecnologia não serve apenas para facilitar a vida do homem ou trazer benefícios, mas também para obtenção de lucro, associando à tecnologia um caráter consumista e individualista. Assim, pode-se dizer que ele não concebe apenas influências da tecnologia para a sociedade, como propõe o modelo linear, mas também da sociedade (mesmo que apenas sob o ponto de vista econômico) para a tecnologia.

Cabe destacar também que Pedro, no enunciado 7, diferentemente do que veiculou em outros enunciados, parece não endossar uma perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia, pois não as considera redentoras de todos os problemas da humanidade. Tal fato fica evidente neste enunciado em que ele propõe a responsabilização da sociedade pelos problemas que são, de toda a maneira, seus e não da ciência e da tecnologia.

Por fim, verifica-se a influência de uma voz referente à participação social que pode ser caracterizada pelo nível 1P, pois Pedro tem um discurso associado ao modelo tecnocrático, afirmando que os especialistas são mais aptos para tomar decisões. Nota-se que ele faz uma ressalva a tal condição, dizendo que os especialistas devem tomar as decisões desde que estas sejam debatidas com antropólogos, mas, de qualquer forma, os antropólogos também são especialistas de uma determinada área, não escapando, assim, de um modelo tecnocrático. Portanto, é bastante evidente que ele considera o modelo tecnocrático superior a outros modelos decisórios, já que exclui a sociedade de qualquer participação propriamente.

10) Marcos

Marcos expressa uma visão de racionalidade por meio de um discurso repleto de vozes que podem ser caracterizadas pelos níveis 1R, 2R e 3R.

Ele encara a ciência como um conhecimento verdadeiro, obtido a partir da investigação da realidade por meio da modelagem e da experimentação. É desta forma que ele define o que entende por ciência, em um enunciado escrito quase que na forma de uma definição. Essa maneira objetiva de explicar o que entende por ciência pode ser interpretada como consequência do contexto institucional mais imediato que o cerca, no qual as pessoas em geral empregam um gênero discursivo, em que frequentemente são feitas definições bastante diretas e taxativas para os fenômenos estudados, entre outras coisas.

Se até o momento pode se dizer que a voz referente à racionalidade expressa por Marcos apresenta-se alinhada à caracterização do nível 1R, no enunciado em resposta à questão 3, ele parece não defender a existência de uma lógica interna da ciência e, mesmo que de forma pouco explícita, no enunciado em resposta à questão 4, sugere que não há neutralidade na ciência. Embora nesta questão ele não responda

exatamente o que foi perguntado, seu discurso parece se aliar à ideia de que na atividade do cientista há uma certa intencionalidade, regida por pressupostos teóricos.

No enunciado referente à questão 7, ele mistura pontos de vista diferentes, de forma que inicialmente parece incorporar uma voz de racionalidade caracterizada pelo nível 1R, quando afirma que a ciência poderia proporcionar bem estar desde que livre de interesses (considerando-a uma atividade neutra) e, depois, incorporando uma voz caracterizada pelo nível 3R, trazendo ao seu discurso a não neutralidade da atividade científica via interesses econômicos. Contudo, apesar dessa aparente inconsistência em um mesmo enunciado, pode-se dizer que Marcos tenta expor que o conhecimento científico em si é bom para a sociedade, mas o uso feito dele (no caso, com interesses econômicos) é que se torna prejudicial, ou seja, na verdade sua posição valorativa nesse caso pode ser caracterizada pelo nível 2R.

Por outro lado, no enunciado que responde à questão 8 seu posicionamento está marcado por uma voz caracterizada pelo nível 3R, já que destaca os interesses que estão por trás da produção científica.

Já a caracterização de suas vozes relacionadas ao desenvolvimento tecnológico parece oscilar entre os níveis 2D e 3D. As vozes caracterizadas pelo nível 2D ficam bastante evidentes quando Marcos coloca a tecnologia como a aplicação de conhecimentos, caracterizando-a como um ente diretamente dependente da ciência e ligeiramente inferior a esta, tal como nos enunciados em resposta às questões 2-b, 9 e 10.

Outro aspecto que marca essa voz relacionada ao desenvolvimento é o fato de Marcos colocar a tecnologia como promotora de benefícios – “melhorar a vida”, “melhorar a realização de tarefas”. Contudo, tal aspecto contrasta com outros pontos de vista, como é o caso, por exemplo, do enunciado em resposta à questão 5, no qual ele tece uma crítica ao modelo linear de desenvolvimento. Neste enunciado, ressalta que a tecnologia nem sempre traz bem estar social e que, além disso, junto a ela vem uma série de prejuízos. Portanto, existe uma voz de desenvolvimento que pode ser caracterizada pelo nível 3D, pois Marcos parece entender que a tecnologia tem um poder de transformação sobre a sociedade com efeitos tanto positivos como negativos. Além disso, salienta que os benefícios normalmente demoram a chegar à população menos privilegiada, pois existem interesses por trás da atividade científico-

tecnológica, interesses que estão ligados à lucratividade, isto é, para ele, investe-se mais em tecnologias que tenham retorno financeiro.

Já as vozes relativas à participação social, embora não sejam veiculadas de forma muito explícita, parecem estar em um nível mais elaborado, podendo-se afirmar que são caracterizadas pelo nível 5P, pois Marcos defende que a sociedade seja responsável por tomar as decisões que forem melhor para o grupo. Todavia, o papel do especialista foi suprimido por ele, sugerindo que a sociedade não precisa de especialistas para tomar as decisões, o que também pode ser uma visão problemática e talvez descaracterize um pouco a voz do nível 5P, já que não propõe a interação e a negociação com os especialistas.

11)Renan

Os enunciados de Renan, diferentemente da maioria licenciandos investigados, apresentam um bom nível de argumentação. Como ele afirma no enunciado em resposta à questão 1, já teve contato com a perspectiva CTS em dois momentos distintos: na disciplina de Física Aplicada II e em um curso de formação continuada de professores³¹. Isso explica a “intimidade” que ele demonstra ter com as perguntas do questionário, bem como a segurança em respondê-las.

Em função de já ter tido um bom contato com a perspectiva CTS espera-se que seu discurso seja mais influenciado por vozes que expressam perspectivas mais sofisticadas. De maneira geral, até se pode dizer que para a racionalidade científica e para o desenvolvimento tecnológico isso se aplica, porém o mesmo não pode ser dito às vozes referentes à participação social.

No enunciado em resposta à questão 6 é possível perceber que Renan tem seu discurso alinhado a um modelo tecnocrático. Ele afirma estar de acordo com que as decisões sejam tomadas por especialistas (pelo menos por um determinado tempo), argumentando que a ciência é obscura para a população e, em função disso, pode ser mais facilmente manipulada. Desta forma, dá a entender que a população não é apta para tomar decisões, aliando-se, assim, a uma voz que pode ser caracterizada pelo nível 1P. Contudo, Renan salienta que o fato de as decisões estarem nas mãos

³¹ Este curso de formação continuada foi ofertado a professores do estado do Rio Grande do Sul pelo Instituto de Física da UFRGS por meio do Programa Novos Talentos da CAPES. Teve como tema a perspectiva CTS e uma duração de 40 horas, sendo ministrado pelo autor deste trabalho em parceria com mais dois colegas de mestrado e os orientadores.

dos especialistas não significa que elas sejam corretas, mas propõe que enquanto a população não tiver um conhecimento maior em ciência e tecnologia isso seja o mais adequado (por isso ele diz que o modelo tecnocrático não deve se manter).

De certa forma sua colocação é bastante pertinente, pois, como aponta Auler (2011), a questão da tomada de decisões por parte da população é um ponto que exige muita reflexão, principalmente no caso do Brasil, que ainda está muito aquém nesse aspecto. Mesmo assim, destaca que é necessário pensar em sistemas que priorizem uma efetiva participação.

Contudo, quando Renan supõe que a população tenha conhecimento suficiente para decidir parece ainda estar atribuindo a ela um papel limitado de reconhecer benefícios e malefícios da tecnologia.

Quanto às vozes correspondentes à racionalidade, percebe-se que há um forte embate. Se por um lado afirma que a ciência é uma atividade humana e não neutra, por outro, propõe enfaticamente que esta seja guiada por um método (cuja neutralidade da ciência está como pano de fundo) que a legitime.

Assim, é possível perceber que seu discurso, em vários momentos, veicula vozes que podem ser caracterizadas pelo nível 3R, pois qualifica a ciência como uma atividade de caráter não neutro, permeada de interesses e propósitos. Inclusive, no enunciado em resposta à questão 4, seu enunciado está carregado de um tom irônico, quando afirma que “[...] aqueles que defendem a neutralidade da ciência provavelmente devem rezar todas as noites a São Bacon ou algo assim, pois somente através de dogma uma convicção como essa poderia se manter”. Quer dizer, de certa forma, ele parece menosprezar aqueles que acreditam na neutralidade da ciência, diferentemente dele, que parece estar vangloriando-se por isso.

Contudo, como é de se esperar, vozes caracterizadas pelo nível 1R, nas quais a neutralidade da ciência se apresenta de maneira mais intensa, estão presentes em seu discurso. Por exemplo, no enunciado em resposta à questão 3 verifica-se que Renan, mesmo considerando a falibilidade do método científico, defende seu uso como uma forma de legitimar a ciência, de demarcar o conhecimento que é científico e que não é. Parece que ele precisa defender o status da ciência frente a outras formas “menos científicas” de conhecimento (especialmente quando pergunta “O que nos defenderia dessas práticas?”).

Observa-se que para legitimar seus argumentos sobre a relevância de usar o método científico, traz para seu discurso a voz de Cleber sobre a incorporação da Física em outras áreas de conhecimento, no caso, as que envolvem espiritualidade, ou seja, aborda um histórico embate: ciência versus religião. Ainda, ancora seu discurso em uma voz da academia (ou melhor, de uma parcela da academia), afirmando que ouviu muitas críticas ao método científico (possivelmente nas disciplinas ditas “da licenciatura”), ou seja, que conhece as falhas do método, mas mesmo assim, não as aceita totalmente, desenvolvendo, então, sua argumentação sobre a importância de usar o método. Renan possivelmente faz isso como uma forma de valorizar seu ponto de vista, no sentido de mostrar que conhece e entende as críticas ao método, porém tem argumentos para defender o uso do método (voz de outra parcela da academia). Na verdade, a tensão entre as vozes 3R e 1R existente em seu discurso pode ser entendida como um reflexo da divergência de visões de ciência existente na instituição, isto é, uma visão de ciência mais ortodoxa contra uma visão de ciência contemporânea.

Contudo, vozes fundamentadas em perspectivas mais elaboradas, como aquelas caracterizadas pelo nível 4R, também se fazem presentes em seu discurso, por exemplo, no enunciado em resposta à questão 8. Renan destaca as relações de poder existentes na atividade científica e sua condução pelos interesses dessa minoria que tem poder. Neste mesmo enunciado, veicula uma voz correspondente ao desenvolvimento tecnológico que pode ser caracterizada como 4D, pois segundo ele, assim como na ciência, os investimentos em tecnologia ocorrem em função dos interesses daqueles que tem poder, em seu próprio benefício como é o caso, citado por ele, da indústria tecnológica que visa sempre a maior obtenção de lucro ou da indústria bélica com interesses também econômicos e, principalmente, políticos.

Outra voz incorporada no seu discurso considera o desenvolvimento tecnológico como sinônimo de progresso social, defendendo o ponto de vista a partir do qual a tecnologia é encarada como uma aplicação de conhecimentos científicos em benefício da população. Contudo, esta voz que carrega consigo a crença no modelo linear de desenvolvimento não parece ser tão expressiva, pois, como se pode ver no enunciado em resposta à questão 5, não há um endosso a tal perspectiva. Neste enunciado, embora não haja uma ruptura total com o modelo linear de desenvolvimento, percebe-se que Renan reconhece que a ciência e a tecnologia não

são de acesso universal e podem causar malefícios à sociedade. Assim, pode-se dizer que há uma voz correspondente ao desenvolvimento caracterizada pelo nível 3D, já que é enfatizado por Renan o poder de transformação que a tecnologia exerce sobre a sociedade.

Como é possível perceber, esta análise não tem a pretensão de quantificar as vozes que puderam ser caracterizadas pelos diferentes níveis de racionalidade, desenvolvimento e participação, mas, embora não tenha sido salientado, as vozes destacadas na análise das respostas de cada licenciando podem ter sido expressas mais de uma vez. O quadro apresentado na figura 9 mostra a quantidade de vozes caracterizadas nos diferentes níveis para cada um dos licenciandos e permite ter uma visão geral das vozes identificadas no discurso do grupo a partir do questionário.

Figura 9 – Distribuição das vozes de acordo com os diferentes níveis.

Sistema de Códigos	Rafael	Lucas	Júlia	João	Cleber	Mário	Sofia	Marcos	Renan	Ana	Pedro
CTS											
Desenvolvimento											
5D - Em contexto											
4D - Orientado	1				2	1	3		2		1
3D - Especificidades	1		2	2				1	2	1	3
2D - Sinônimo de Pr...	3	5	3	3	2	3	1	3	3	3	1
1D - Neutro	1	1		2			2			1	
Participação											
5P - Esferas Políticas		1	1								
4P - Mecanismos de ...	1										
3P - Decisão Coletiva		1					1	1			
2P - Decisão Individual											
1P - Reconhecimento	2	2		1	1				1		1
Racionalidade											
5R - Insuficiente											
4R - Questionada	1				3	1	3		1		1
3R - Em Contexto	2	2	2	3	1	1	1	3	3	3	3
2R - Universal		2						1			
1R - Desocultament...	2	1	2	2		2	1	1	1	1	4

Por meio do quadro apresentado na Figura 9 é possível perceber que há uma diferença relativamente grande entre as quantidades de enunciados que puderam ser categorizados pelos níveis de racionalidade (55) e desenvolvimento (59) se comparados aos de participação (14). Essa quantidade reduzida de vozes relacionadas à participação social não é uma limitação do questionário, já que este se propõe a suscitar respostas que envolvam visões de participação tanto quanto racionalidade e desenvolvimento. Pode-se dizer que este fato expressa a pouca familiaridade destes licenciandos com questões relativas à sociedade e sua participação, revelando também, a fragilidade do curso de formação com relação a

questões sociais, fomentada provavelmente, como destaca Snow (1964), pela separação institucional existente entre a cultura científica e humanística.

Também é possível perceber que não há uma única voz capaz de caracterizar as visões iniciais de cada um dos estudantes. Como mostra o quadro da Figura 9, existem diferentes pontos de vista que podem ser expressos por um mesmo indivíduo. Na verdade, ao acompanhar as respostas de qualquer licenciando investigado, pode-se perceber um movimento de “vai e vem”, isto é, em alguns momentos é expressa uma voz que pode ser muito bem caracterizada por um determinado nível, porém em um momento posterior é expressa outra voz sobre o mesmo tema que pode ser caracterizada por outro nível, mais sofisticado ou menos sofisticado. Inclusive, frequentemente esse “vai e vem” de vozes é marcado pela presença de vozes diretamente contrastantes. Por exemplo, nos enunciados de Marcos em resposta às perguntas 7 e 8 do questionário inicial é possível identificar tais contradições:

Enunciado em resposta à questão 7: Sim, acho que a ciência feita sem interesses e em prol da sociedade possa resolver os seus problemas; como a despoluição de lagos e rios, propor soluções na produção rural e em outros aspectos no bem estar social. Porém devido a outros interesses a ciência vem sendo usada para produzir bens de consumo não importando o resto; para se produzir um netbook é necessário poluir 1000 litros de água, sem contar nas diversas outras empresas que soltam seus dejetos sem tratamento em rios onde uma população sofre com a poluição.

Enunciado em resposta à questão 8: Sim, no estado atual do mundo nada acontece se não há interesse, no estado atual a ciência atua nas áreas onde se busca o maior lucro, se nos investimos em algo é porque queremos o retorno disso, e portanto não investimos em todos os produtos em igual proporção por exemplo talvez o orçamento bélico seja muito menor que o investimento na área sobre câncer por exemplo, ou talvez em certas áreas não tão relevantes, como as áreas de agronomia ou qualquer outra que se possa imaginar.

Enquanto no primeiro enunciado Marcos coloca que a ciência, quando livre de interesses e voltada para a sociedade, pode resolver os problemas sociais, no segundo enunciado, propõe que não há como fazer ciência sem interesses e que ela é feita para buscar lucro (e não para beneficiar a população). Portanto, a voz expressa no primeiro enunciado se contrapõe diretamente à voz expressa no segundo, podendo até mesmo se afirmar que é completamente refutada pela voz expressa no segundo enunciado. Frequentemente é desta forma que o discurso dos sujeitos de pesquisa se constitui, como uma amálgama de diferentes vozes que podem ser conflitantes, concordantes, complementares, etc.

Contudo, apesar dessas oscilações que tornam as vozes de racionalidade, desenvolvimento e participação “espalhadas” no quadro da Figura 9, é possível dizer que estas, em geral, localizam-se mais frequentemente em faixas. Por exemplo, as vozes que permitem caracterizar as visões iniciais de racionalidade dos licenciandos apresentam uma maior densidade na faixa entre os níveis 1R e 3R, sendo mais predominantes no nível 3R. Já as vozes que permitem caracterizar as visões iniciais de desenvolvimento apresentam maior densidade entre os níveis 2D e 3D, sendo mais predominantes no nível 2D. Por fim, as vozes de participação social apresentam-se mais frequentemente no nível 1P.

De maneira geral, as perguntas do questionário mais abrangentes, como a questão número dois, por exemplo, suscitaram mais enunciados permeados por vozes menos elaboradas, enquanto questões direcionadas, como é o caso da questão número cinco, suscitaram enunciados permeados por vozes mais elaboradas.

No que diz respeito às vozes relacionadas à racionalidade científica não se observou nenhuma voz que pudesse ser caracterizada pelo nível mais sofisticado (5R) e poucas pelo nível 4R e 2R, enquanto verifica-se uma forte predominância de vozes caracterizadas pelos níveis 1R e 3R. É interessante notar que estas duas vozes mais presentes no discurso dos licenciandos investigados são bastante contrastantes. Se por um lado tem-se uma visão descontextualizada, socialmente neutra e pautada pelo empirismo-indutivismo, por outro, entende-se a ciência como uma atividade humana e, portanto, não neutra, que guarda profundas relações com fatores sociais. Assim, parece que no discurso do grupo há uma disputa entre vozes do senso comum e vozes mais sofisticadas, de forma que essa constante oscilação, possivelmente, signifique que as visões mais ingênuas sobre a natureza da ciência ainda não foram superadas.

Embora haja a presença marcante de pontos de vista alinhados a uma visão ingênua sobre a natureza da ciência, os alunos afirmam não acreditar na existência do método científico, ainda que os argumentos utilizados para justificar tal posicionamento não sejam tão elaborados. Possivelmente a crença no método científico é uma visão que está em processo de superação para estes licenciandos, sendo que a mesma foi problematizada brevemente pela professora da disciplina (antes da aplicação do questionário), assim como a questão da neutralidade da ciência.

De maneira geral, os estudantes expressam que a ciência é feita a partir de teorias, observação e experimentação sem uma ordem específica, porém, com exceção de Cleber, Sofia e João, não deixam muito claro o papel de cada uma destas e suas relações. É interessante notar que apenas Lucas e João destacaram a provisoriedade do conhecimento científico e João foi o único a expressar em seu discurso um pouco do caráter dinâmico da ciência.

Em contrapartida, as limitações do conhecimento científico não foi um ponto contemplado pelos licenciandos e a neutralidade da ciência se apresenta como uma questão polêmica. Todos os sujeitos de pesquisa afirmam que a ciência não é uma atividade neutra, alguns justificam dizendo que os cientistas possuem interesses e convicções pessoais, outros vão além, justificando a influência política e econômica. Apesar disso, na maioria das vezes, é possível perceber nos enunciados traços característicos de uma concepção de ciência neutra, nos quais eles a isentam de qualquer juízo de valor, descontextualizam-na e a consideram como um conhecimento superior aos demais, como se fosse suficiente para compreender a realidade e resolver todos os problemas. Há uma tendência muito forte de colocar a ciência em um pedestal e de diferenciá-la dos demais conhecimentos (visão chamada na literatura de *cientificista*).

Inclusive, percebe-se também que para eles a ciência possui um *status* superior frente à tecnologia. Em seus enunciados expressam que a ciência é mais importante que a tecnologia, assumindo a postura na qual consideram a ciência como algo bom e a tecnologia como algo mau. Na verdade, para estes licenciandos, a tecnologia tem seu valor reduzido frente à ciência, pois depende diretamente desta, isto é, para eles a tecnologia é a aplicação de conhecimentos científicos e, portanto, um subproduto desta. Ademais, este ponto de vista é contemplado por vozes caracterizadas pelo nível 2D, que de acordo com o quadro da Figura 9, junto às vozes caracterizadas pelo nível 3D, representa a região mais densa de vozes relacionadas ao desenvolvimento tecnológico.

Assim, é possível observar que as vozes expressas pelos licenciandos oscilam basicamente entre estes dois níveis, já que o nível mais sofisticado 5D não foi contemplado e o nível 1D é pouco frequente. O nível 4D também tem um peso significativo na caracterização das vozes, embora não tanto quanto o 3D e, principalmente, 2D.

Portanto, o desenvolvimento tecnológico é encarado essencialmente sob a perspectiva que considera suas especificidades, visto que os licenciandos destacam não apenas os benefícios da tecnologia, mas também suas implicações negativas, além de algumas influências da sociedade sobre a tecnologia. Pode-se dizer que o desenvolvimento tecnológico é considerado como sinônimo de progresso social.

Quanto à segunda perspectiva, observa-se que parte dos alunos endossa o modelo linear, outra parte concorda com ressalvas ou não concorda, mas também não tece argumentos que justifiquem seus posicionamentos. Por fim, um terceiro grupo parece estar a caminho de promover uma ruptura com o modelo linear de desenvolvimento, pois alegam que os investimentos em ciência e tecnologia não ocorrem para serem revertidos em bem estar à sociedade, mas sim a uma minoria que controla estas atividades e almeja ampliar seus lucros a partir dela.

A neutralidade da ciência e da tecnologia, concepção subjacente ao modelo linear de desenvolvimento, é revelada no discurso dos alunos de diversas maneiras. Nenhum deles atribui diretamente um caráter neutro a estas atividades, todavia, alguns consideram que a influência sobre elas se dá por meio dos interesses e das convicções dos cientistas/tecnólogos, porém, em vários momentos abordam a ciência e a tecnologia como entes completamente livres de qualquer juízo de valor, autônomos, independentes. Outros expressam as influências de forma um pouco mais elaborada, isto é, compreendem que a atividade científico-tecnológica é influenciada por fatores externos, principalmente interesses econômicos, porém, em alguns momentos, tais sujeitos consideram que a ciência e a tecnologia podem ser feitas sem interesses externos, ou seja, de forma descontextualizada, sem nenhuma relação com o âmbito social.

Por fim, um terceiro grupo amplia estas relações entre a atividade científico-tecnológica e fatores externos, salientando que esta é controlada pelos interesses de uma minoria e, portanto, está a serviço desta minoria. Este grupo financia tal atividade visando atender suas necessidades (lucro, prestígio e poder) e não o bem estar social da população como prevê o modelo linear de desenvolvimento, portanto está longe de ser uma atividade neutra.

Ainda, com relação a estas considerações, percebe-se que há uma tendência de alguns licenciandos assumirem uma perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia. Mais especificamente há um grupo que representa aproximadamente a

metade dos sujeitos de pesquisa que acredita que de alguma forma a ciência e a tecnologia podem resolver os problemas socioambientais do planeta, sem tomar consciência da pertinência de tais problemas, isto é, sem analisar mais profundamente se tais problemas são de responsabilidade da ciência e da tecnologia ou da sociedade.

Por fim, cabe destacar que não se verifica enfaticamente a visualização da tecnologia como um processo, apenas como um produto e, apesar de ser unânime esta visão de tecnologia, alguns posicionamentos adicionais e diferenciados se destacam. Por exemplo, Júlia foi uma das poucas a destacar explicitamente a tecnologia como um conhecimento que permite modificar o mundo; Ana problematizou a concepção que encara a tecnologia apenas como artefatos modernos e Sofia desenvolveu muito bem os propósitos políticos que estão subjacentes à tecnologia.

Embora as vozes de participação estejam mais concentradas na faixa do quadro da Figura 9 que compreende o nível 1P, é possível identificar quatro compreensões diferentes relacionadas à participação social. Alguns estudantes, com visões mais sofisticadas, propõe um modelo de decisões pautado por uma parceria entre cidadãos e especialistas. Outros expressam que apenas os cidadãos devem ser responsáveis pelo processo decisório, sem esclarecer como seria tal processo e como os cidadãos fariam para promovê-lo.

Há ainda um grupo que considera as decisões dos especialistas melhores, já que estes dominam sua respectiva área do conhecimento, entretanto, não consideram o modelo tecnocrático o mais adequado, pois os especialistas são indivíduos dotados de interesses e visões de mundo que norteiam suas decisões. Todavia este grupo, não especifica como deveria ser o processo decisório, qual o papel dos especialistas e dos cidadãos.

Por fim, a maioria dos licenciandos investigados acredita que as decisões devem ser colocadas nas mãos dos especialistas, já que a população não tem condições de ponderar sobre questões científico-tecnológicas. Ou seja, a maioria dos sujeitos de pesquisa neste momento inicial tem uma visão de participação social que endossa a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas.

6.1.2. Análise de episódios Interativos

Conforme já foi exposto, a segunda parte da análise da compreensão das inter-relações CTS será desenvolvida nesta seção. Serão apresentados e analisados alguns episódios interativos selecionados de acordo com a metodologia proposta na seção 5.4.

Episódio interativo 1

Esta interação foi transcrita da aula 20, na qual estava sendo promovida uma discussão do questionário inicial respondido pelos estudantes na aula anterior. Tal interação marca o início da discussão, na qual o pesquisador lê a primeira pergunta do questionário para que os estudantes a discutiram.

- 1 **(E₁)** Pesquisador: *O que vocês entendem por ciência?*
- 2 **(E₂)** Ana: *Bom, eu acho que como eu escrevi lá. Eu sei, dentro de mim, o que é ciência*
- 3 *e o que não é ciência. Tipo, eu olho para uma coisa eu digo: isso é ciência, isso não é*
- 4 *ciência. Mas ter bons argumentos para defender isso eu não tenho.*
- 5 **(E₃)** Pesquisador: *Mas quando tu olha, como é que tu sabe? O que é a diferença?*
- 6 **(E₄)** Ana: *Eu sei que a Astrologia não é ciência.*
- 7 **(E₅)** Pesquisador: *Por quê?*
- 8 **(E₆)** Ana: *Pois é. Mas assim óh, mas isso é por que me incultaram isso aqui dentro, mas*
- 9 *agora se eu for pensar que tudo, que tudo que a gente faz é através de previsões,*
- 10 *modelos, e tal, tipo quântica não é nada provado, não sei, comprovado tipo, não tem*
- 11 *prova, são modelos, tipo Big Bang é um modelo, modelos cosmológicos são modelos. E*
- 12 *ainda assim a gente diz que isso é ciência, mas astrologia também é através de*
- 13 *previsões e modelos.*

Com esta interação é possível perceber como as vozes dos professores que os licenciandos tiveram ao longo do seu curso de formação podem ser influenciadoras de suas visões sobre ciência.

A partir das relações dialógicas interdiscursivas do pesquisador com Ana pode-se observar que os enunciados dela apresentam uma multiplicidade de vozes, talvez até conflitantes. Após a pergunta inicial do pesquisador, Ana diz saber o que é e o que não é ciência, entretanto, afirma não ter argumentos para explicar isso.

Na sequência, para tentar entender essa postura de Ana, o pesquisador faz uma pergunta (E₃) que não é respondida: Ana não responde como sabe diferenciar

ciência de não-ciência, em seu enunciado apenas diz que "astrologia não é ciência". No caso, está retomando o que disse no enunciado anterior, dando um exemplo de um determinado tipo de conhecimento que ela olha e sabe dizer que não é ciência. Conforme transpareceu em algumas de suas respostas ao questionário, que pode ser percebido agora e assim o será posteriormente nas demais interações, é uma característica de Ana não responder questionamentos feitos tanto pela professora, pesquisador e colegas nos diálogos, sempre seguindo seu enunciado independente do questionamento feito.

No enunciado E₅, para continuar explorando o que Ana está querendo dizer em suas falas, o pesquisador pergunta por que astrologia não é ciência. A resposta da licencianda é reveladora no sentido de mostrar a influência de seus professores em sua formação. Ela diz que sabe que astrologia não é ciência, pois foi isso que os professores da instituição a fizeram acreditar ou aceitar - "Pois é. Mas assim óh, mas isso é por que me incultaram isso aqui dentro". Ao utilizar o termo "incultaram" Ana parece sugerir que o caráter não-científico da astrologia é um fator muito enfatizado pelos professores, quase imposto, constituindo-se como uma cultura dentro da instituição, sendo, inclusive, uma voz fortíssima que se faz presente nos enunciados de outros estudantes investigados. Ademais, ao usar esse termo está indicando que não concorda muito com essa visão, mas acredita nela ou a aceita, porque foi "imposta", porque é a voz dos professores, logo uma voz de maior potência. Inclusive, as palavras usadas para iniciar o enunciado, "Pois é" e "Mas assim óh", passam uma ideia de tensão com a situação vivenciada na academia, o que possivelmente está relacionado à insegurança transmitida por ela no enunciado em resposta à questão 2-a do questionário inicial.

Dando continuidade ao enunciado, observando que ela não respondeu por que astrologia não é ciência, Ana coloca uma série de características que atribui à ciência, com uma visão bastante dinâmica da atividade científica, a partir de previsões e modelos que não necessitam de provas, como as teorias da Física Quântica e do Big Bang, exemplos citados por ela. Por fim, concluindo o enunciado, confronta sua visão de ciência com a astrologia, alegando que para ela ambas são semelhantes.

Assim sendo, é possível observar neste enunciado de Ana a coexistência da voz de vários professores que ela teve e a sua própria voz, em posições conflitantes nas quais a voz dos professores é mais potente que a dela.

Episódio interativo 2

Esta interação foi transcrita da aula 20, na qual estava sendo promovida uma discussão sobre o questionário inicial respondido pelos estudantes na aula anterior. Tal interação é um trecho da discussão da primeira pergunta que inicia com um questionamento de Pedro.

1 (E₁) Pedro: *Astrologia tem um método?*

2 (E₂) Ana: *Tem, através das constelações.*

3 (E₃) Pedro: *Que aí eu ia definir ciência, que ela tinha que ter um método, tinha que ter*
4 *um método científico e um método de pesquisa. Daí astrologia podia ser qualquer coisa.*

5 (E₄) Ana: *Mas a astrologia que eles estudam o mapa, o mapa astral, esse que eles*
6 *fazem, eles olham a posição das estrelas no momento que tu nasce e aí tem todo um*
7 *modelo sobre aquilo. Então, por que que eu acho que isso não é ciência? Eu não sei,*
8 *mas eu sei que me ensinaram...(inaudível).*

9 (E₅) Pedro: *Na real tu pode provar que não é ciência pela força de gravidade, pela Lei*
10 *da Gravitação, né!? Que o médico gera mais influência no parto da criança do que*
11 *Saturno. Não quer dizer que não gera influência, mas se for pensar desse jeito influencia*
12 *mais.*

13 (E₆) Ana: *Mas se eu quiser dizer isso. Quem me diz que o cara que ta falando em*
14 *Quântica, o cara, sei lá, que o que a gente sabe de Quântica até agora não vai ser*
15 *tratado como misticismo daqui a um tempo? Eu não sei, porque sempre quando eu*
16 *penso nisso, tipo astrologia, eles não podem provar nada, eles não podem dizer se tem*
17 *ou não tem influência, a gente não sabe disso, é meio dúvida. Tipo questão de crença,*
18 *mas daí, eu começo a pensar, será que muita coisa que vem da Física também não é*
19 *só uma questão de crença que a gente diz?*

20 (E₇) Pedro: *Quântica é uma questão de crença.*

21 (E₈) Cleber: *Não!*

22 (E₉) Pedro: *Quântica é crença.*

23 (E₁₀) Lucas: *Não, mas justamente. Você colocou dois pontos assim: você colocou a*
24 *questão do método e a questão da crença, daí justamente, o que é científico, é*
25 *justamente aquilo que não aceita uma verdade absoluta, entendeu? Então não tem algo*
26 *que é certo, entendeu? Não tem algo que é certo, tem algo que explica muito bem*
27 *fenômenos bastante analisados, bastante vezes observados, explica. Enquanto não*
28 *houver, não vier alguém, que contra-argumente, que derrube esse modelo criado, essa*
29 *teoria imposta, essa lei bem aceita cientificamente, entendeu? Não se mantém aquilo,*
30 *se aceita aquilo e isso sempre é colocado à disposição para ser verificado, diferente da*
31 *astrologia, diferente da ufologia, entendeu?*

32 (E₁₁) Pedro: *Tem que comprovar.*

33 (E₁₂) Lucas: *O cara coloca: eu vi um disco voador. Então me traga o disco voador. Ahhh!*
34 *Eu não tenho agora, eu tenho uma foto (inaudível), entendeu? Não se coloca à*
35 *disposição científica para se verificar isso, então não pode ser ciência.*

36 (E₁₃) João: *Na verdade é provisória e compartilhada por quem trabalha na área de*
37 *ciência.*

A pergunta feita por Pedro no início da interação tem o intuito de buscar na voz dos colegas a confirmação para a hipótese de que ciência é realizada por meio do método científico, conforme poder ser percebido no enunciado E₃.

Pedro não levantou tal hipótese ao responder a pergunta do questionário que versava sobre este tema, porém neste momento, traz para o debate tal proposição com o intuito de encontrar um elemento capaz de demarcar uma separação entre ciência e não-ciência. Só é possível perceber que Pedro está buscando separar ciência de não ciência depois que Ana responde dialogicamente ao seu enunciado (E₂) e ele, então, explica por que estaria propondo a existência de um método científico (E₃). Ao fazer isso, verifica-se que Pedro coloca a ciência em uma posição de destaque e transparece um certo desprezo pela astrologia, quando diz: “astrologia poderia ser qualquer coisa” (linha 4). Da mesma forma como se pode compreender a partir da análise do questionário, mais uma vez a ciência é colocada como um conhecimento de *status* superior. Pela discussão do episódio interativo 1 entende-se mais facilmente o motivo pelo qual esta concepção é tão frequente no discurso dos alunos, isto é, há fortes indícios de que é uma voz disseminada por uma considerável parcela de professores da academia, conforme reforça Ana no enunciado E₄ do episódio interativo 2.

Neste enunciado, Ana responde para Pedro tentando mostrar para ele que a Astrologia também tem um modelo e que não entende por que isso não é ciência, mas que foi assim ensinado a ela. Então, até este momento, percebe-se que: a suposição de um método característico da ciência foi suprimida a partir da dialogização dos enunciados de Ana e Pedro; a superioridade da ciência em relação a outras áreas do conhecimento é uma visão potente no discurso dos licenciandos; há um reforço à influência da voz institucional que possivelmente é responsável pela transmissão de tal visão aos licenciandos.

Dando continuidade à interação, Pedro, no enunciado E₅, tenta salvar a ciência de ser colocada no mesmo patamar da pseudociência. Neste intuito, afirma que é possível provar que astrologia não é ciência por meio da força gravitacional, ou seja, a ideia transmitida é de que ciência consegue fornecer “provas” de sua validade, enquanto a astrologia não. Verifica-se neste enunciado a veiculação de uma voz de racionalidade 1R. Ana contra-argumenta (E₆), seguindo uma lógica que contextualiza um pouco mais a atividade científica, de tal forma que expressa uma voz que se

aproxima ao nível 3R. Seu enunciado emerge no sentido de problematizar a “comprovação” proposta por Pedro, enfatizando a provisoriedade do conhecimento científico e a existência de valores subjacentes a esta atividade, tal como as crenças.

No enunciado E₁₀, a natureza dialógica constitutiva da linguagem fica bastante evidente. Lucas resgata em seu discurso a voz de Pedro e de Ana, se ancorando nestas para expressar seu ponto de vista. Ele tece argumentos para mostrar aos demais colegas por que a astrologia não pode ser considerada ciência e o que diferencia uma da outra. Segundo ele não é a existência de um método (como pensou em sugerir Pedro) ou uma questão de crença (como propôs Ana), mas a verificação, isto é, a ciência é um conhecimento que está sendo submetido a verificações, enquanto a astrologia sempre se esquivava destas.

Lucas não apresenta uma voz de racionalidade muito sofisticada, embora também não seja tão ingênua. Destaca que ciência não é um conhecimento absoluto, parecendo responder a Pedro, de forma antagônica, e que não existe algo correto, parecendo estar consolando Ana de sua “crise” gerada pela batalha de vozes contrastantes. Evidencia aos colegas que ciência é uma atividade humana, desenvolvida a partir da elaboração de modelos que estão sujeitos a mudanças originadas pela verificação. Parece expressar uma visão de ciência alinhada a pressupostos popperianos.

Em E₁₁ Pedro associa ao enunciado de Lucas a contrapalavra comprovar. Portanto, essa (in)compreensão responsiva indica que, de todos os aspectos salientados por Lucas, Pedro entendeu que a ciência se diferencia da astrologia por comprovar fatos, o que não condiz com os dizeres de Lucas. No enunciado E₁₂, Lucas tenta exemplificar para Pedro o que quis dizer no enunciado anterior (E₁₀), talvez confundindo-se um pouco.

Por fim, para finalizar o episódio interativo, João parece fazer uma síntese do que foi discutido, afirmando que a ciência “é provisória e compartilhada por quem trabalha na área de ciência” (linhas 37 e 38). Portanto, neste episódio interativo, os licenciandos problematizaram a existência de um método científico para se fazer ciência e para separá-la da pseudociência e desenvolveram dialogicamente a noção de que ela é um conhecimento provisório e não representa uma verdade absoluta. Contudo, a ideia de uma separação clara entre ciência e não-ciência parece permanecer, mesmo que não mais por meio do método científico.

Episódio Interativo 3

Esta interação foi transcrita da aula 20, na qual estava sendo promovida uma discussão do questionário inicial respondido pelos estudantes na aula anterior. É um trecho da discussão da segunda pergunta, no qual é possível acompanhar algumas visões de tecnologia assumidas pelos licenciandos.

- 1 (E₁) Pesquisador: E tecnologia?
- 2 (E₂) Pedro: Eu botei uma visão totalmente mercantilista, que a mídia passa para a gente.
3 Veja e compre essa TV mais tecnológica, mais avançada tecnologicamente. Olhe essa
4 câmera de 25 mil megapixels que é mais tecnologia que essa de 12 megapixels. Uma
5 visão totalmente mercantil pra tecnologia e eu acho que a gente assume isso.
- 6 (E₃) Pesquisador: Então tecnologia é o que?
- 7 (E₄) Pedro: É a mercantilização da ciência.
- 8 (E₅) João: Eu coloquei que seriam aplicações técnicas dos conhecimentos da ciência
9 junto com outros conhecimentos, administrativos, isso e aquilo, para tornar aquilo
10 palpável para as pessoas.
- 11 (E₆) Pedro: Eu botei isso também.
- 12 (E₇) Cleber: Sim, que a tecnologia é uma aplicação da ciência. Então tu pega um
13 conhecimento que é científico, tu aplica ele em alguma coisa material que seja e tu
14 constrói uma coisa que pode ser usada pelas pessoas.
- 15 (E₈) Pedro: Eu botei isso e que era mercantil.
- 16 (E₉) Cleber: Por exemplo, ah o cara descobriu eletricidade e os caras fizeram o motor
17 elétrico... (inaudível).
- 18 (E₁₀) Lucas: Eu fico meio preocupado com isso de definição, né? Já que tem o logia no
19 final.
- 20 (E₁₁) Pedro: É o estudo.
21 risos
- 22 (E₁₂) Lucas: É o estudo
- 23 (E₁₃) João: Da técnica.
- 24 (E₁₄) Lucas: Justamente da aplicação do conhecimento científico, mais ou menos para
25 resumir assim. Fala alguma coisa (se dirigindo à Ana)!
- 26 (E₁₅) Ana: Bueno, de novo eu viajei. Tecnologia para mim é um pouco mais que
27 simplesmente aplicação da ciência e para mim a tecnologia depende da época em que
28 a gente tá, tipo eu estou muito ligada, tipo, ah, tecnologia agora é TV de plasma, LCD,
29 LED, mas aí se tu for pensar quando inventaram a televisão, ela era uma tecnologia?
30 Hoje em dia a gente não tem mais a televisão como uma tecnologia.
- 31 (E₁₆) Pedro: Aquelas caixas de madeira.
- 32 (E₁₇) Ana: Como tecnologia.
- 33 (E₁₈) Pedro: Obsoleto já.

- 34 **(E₁₉)** Ana: *Mas aí o que que eu penso? Quando construíram o primeiro garfo, será que*
 35 *isso não foi uma tecnologia? Qual é a aplicação que teve de ciência nisso?*
- 36 **(E₂₀)** Pedro: *O cara que inventou o garfo e não patenteou era um animal.*
- 37 **(E₂₁)** Ana: *Não, mas é isso que eu to dizendo. Vai muito além de simplesmente só aplicar*
 38 *a ciência e eu não sei explicar isso tão facilmente assim. Mas ninguém pensou na física*
 39 *do garfo quando criaram, ninguém pensou na física da roda quando criaram a roda e*
 40 *para mim isso é tecnologia.*
- 41 **(E₂₂)** Pesquisador: *Por que que isso é tecnologia?*
- 42 **(E₂₃)** Ana: *Por que é algo, ãh, olha só. De novo, inovador, que facilita a vida, que teve*
 43 *tipo.*
- 44 **(E₂₄)** Pedro: *Eu botei isso.*
- 45 **(E₂₅)** Ana: *Não necessariamente que a ciência vem antes da tecnologia, pode ser que a*
 46 *tecnologia venha e a ciência depois complemente, porque depois que foi inventada a*
 47 *roda surgiram vários estudos sobre como utilizar aquilo? Para que? Aí teve toda uma*
 48 *ciência, tipo a mecânica por trás da roda, eixos e nãñã, enfim. Então tipo, por que que*
 49 *a roda seria uma tecnologia? Porque ela facilita e auxilia a vida dos seres humanos, né?*
 50 *Ela traz facilidades, e como é que eu posso dizer, ela tenta complementar, não quero*
 51 *tratar no sentido de simplesmente...(inaudível).*
- 52 **(E₂₆)** Pedro: *Mas eu acho que tu tem que ter a ideia do argumento da linha de*
 53 *necessidade, né?*

A interação tem início com o pesquisador lançando a segunda pergunta do questionário para debate. Pedro é o primeiro a comentar (E₂), expressando que tecnologia está atrelada a fatores econômicos, sem desenvolver explicitamente esta posição valorativa. Percebe-se que para ele tecnologia também está relacionada a avanços e à modernidade, pois como ele afirma existem artefatos mais tecnológicos que outros. Entretanto, é interessante notar que Pedro está tentando destacar um caráter consumista relacionado à tecnologia, isto é, existe uma tendência das pessoas usufruírem cada vez mais tecnologias que se propõem a desempenhar funções de maneira mais “eficiente” do que outras (sem avaliar a real necessidade de adquiri-las). Mais do que isso, segundo ele, esta visão de que é necessário comprar aparatos “mais tecnológicos” (como ele diz) é disseminada pela mídia, ou seja, a mídia influencia a sociedade a consumir mais e a comprar mais (mesmo que estas tecnologias sejam supérfluas). Portanto, poderia se afirmar que a mídia está a serviço daqueles que querem obter lucro a partir da tecnologia. Embora não esteja explícito, entende-se que talvez Pedro tenha a intenção de destacar como a tecnologia não está voltada para o bem estar social, mas sim para a obtenção de lucro, e para isso, tem como aliada a mídia.

Contudo, estes fatos não ficam bem explícitos neste enunciado, por isso, em E₃, o pesquisador refaz a pergunta a Pedro que resume, então, seu enunciado com a expressão: “mercantilização da ciência”. Neste momento, Pedro passa a atrelar a tecnologia à ciência, como um subproduto desta última. Este posicionamento está relacionado àquela concepção já destacada na análise do questionário de que a ciência é algo bom e a tecnologia, como subproduto vinculado à obtenção de lucro, é má. Assim, pode-se dizer que nos enunciados de E₂ e E₄, estão sendo veiculadas diversas vozes de racionalidade e desenvolvimento. Enquanto as vozes de racionalidade sugerem ser bem caracterizadas pelo nível 2R, as vozes de desenvolvimento parecem não estar muito bem definidas nos níveis de análise, oscilando entre posturas que se aproximam dos níveis 2D e 4D.

Na sequência da interação João expressa uma voz de desenvolvimento caracterizada pelo nível 2D, porém, acrescenta a esta o fato que a tecnologia não é composta apenas de aspectos técnicos (para ele aplicação da ciência), mas também de “outros conhecimentos” (linha 10). Isso parece sugerir uma aproximação da tecnologia como prática tecnológica, isto é, como uma atividade caracterizada tanto por aspectos técnicos, quanto organizacionais e culturais, contudo, representa apenas uma possibilidade que deverá ser observada nos enunciados de João ao longo da análise.

Em E₇, Cleber responde concordando com João: tecnologia é a aplicação da ciência! Em um momento posterior, Lucas também apresenta uma voz semelhante às de João e Cleber, porém sugere que entende a tecnologia desta forma pela etimologia da palavra. No final do enunciado E₁₄ se dirige a Ana, isto é, quer ouvir o que ela tem a dizer sobre a tecnologia. É interessante notar que Ana sempre expressa seus posicionamentos durante as discussões, é uma estudante participativa e sua voz é bastante respeitada pelos demais licenciandos, visto que ela é a única estudante do curso de licenciatura em Física que faz iniciação científica na área de pesquisa em ensino de Física. Assim, entende-se mais facilmente o motivo pelo qual os estudantes esperam respostas dela, sua voz tem um peso ligeiramente superior para eles, já que está muito mais envolvida com a área educacional.

Ao ser solicitada, Ana parece não responder à pergunta, isto é, não responde diretamente o que é tecnologia, mas, assim como na resposta dada à mesma pergunta no questionário, problematiza a concepção de tecnologia como artefatos modernos,

citando como exemplo a televisão. Contudo, cabe ressaltar que quando ela afirma que “é um pouco mais que simplesmente aplicação da ciência” já está veiculando uma voz de desenvolvimento caracterizada pelo nível 2D. Entretanto, a problematização que desenvolve neste enunciado e, de forma complementar, nos enunciados E₁₉ e E₂₁, surge no sentido de confrontar a voz dos colegas João, Cleber e Lucas, que consideram tecnologia como ciência aplicada e de Pedro, que transmite uma concepção de tecnologia como aparatos modernos.

Ana traz exemplos interessantes para defender seu ponto de vista, porém ainda assim, não consegue explicá-lo claramente. Mesmo assim, os demais licenciandos parecem não discordar dela: alguns respondem aos enunciados de Ana, mas sem apresentar vozes contrastantes e outros não expressam nenhum argumento, este “silêncio” possivelmente indica que estão de acordo com o que foi proposto por Ana.

Para tentar ajudar Ana a conseguir explicar o que quer dizer com tecnologia, no enunciado E₂₂, o pesquisador pergunta para ela por que a roda seria uma tecnologia. Ao responder esta pergunta, sua insegurança fica mais evidente. As primeiras palavras do enunciado E₂₃ “Por que é algo assim, ãh, olha só.” (linha 43) são um indicativo disto. Neste enunciado acaba veiculando uma visão utilitarista da tecnologia, ao afirmar que a roda é uma tecnologia pelo fato de trazer inovação e facilitar a vida do homem, ou seja, uma voz que pode ser perfeitamente enquadrada no nível 2D. Contudo, percebe-se que há um conflito de vozes em seu discurso, já que em alguns momentos concebe, mesmo que implicitamente, a tecnologia como ciência aplicada e, em outros, como no enunciado E₂₄, assume que “não necessariamente a ciência vem antes da tecnologia” (linha 46), indo na direção oposta ao seu argumento anterior.

Em suma, nesta interação foi possível perceber que a tecnologia para a maioria dos licenciandos é fruto da aplicação de conhecimentos científicos cuja função é facilitar a vida. Esta concepção foi problematizada por uma colega, conduzindo a discussão para a possibilidade de nem sempre a tecnologia ser a aplicação de conhecimentos científicos e nem sempre aquilo que é moderno. Problematizações estas que parecem ter sido aceitas pelos demais licenciandos, contudo, ainda assim, é forte a ideia de que a tecnologia serve para facilitar a vida e satisfazer as necessidades, como finalizam Ana (E₂₅) e Pedro (E₂₆).

Episódio Interativo 4

Esta interação foi transcrita da aula 20, na qual estava sendo promovida uma discussão do questionário inicial respondido pelos estudantes na aula anterior. Selecionou-se um trecho da discussão da questão número cinco, que problematiza o modelo linear de desenvolvimento, em que se identificaram pontos de vista dos licenciandos bastante divergentes.

- 1 **(E₁)** Pesquisador: Vamos para a cinco então. Comente a seguinte afirmação: “Investir em ciência e tecnologia é necessário, pois elas sempre implicam em bem estar e riqueza para o país”.
- 2
- 3
- 4 **(E₂)** Ana: Eu acho que essa afirmação é uma furada.
- 5 **(E₃)** Lucas: Isso deve ter uma...(inaudível).
- 6 **(E₄)** Ana: Pois é, assim óh, isso é uma coisa, vou até trazer um exemplo real e tal. A gente viu isso na última formatura, o professor Cláudio no seu discurso, ele trouxe o exemplo da China, lá eles tem um grande investimento em ciência e tecnologia e o povo é escravizado, o povo não tem bem estar.
- 7
- 8
- 9
- 10 **(E₅)** Pedro: Mas daí qual é a visão ética e moral deles?
- 11 **(E₆)** Ana: Pera aí, o país pode ser que tenha uma riqueza e tal, mas a população na tem bem estar e riqueza.
- 12
- 13 **(E₇)** Pedro: Mas é isso que a gente definiu como sociedade, eles não tem a mesma concepção de sociedade, qual é a concepção de ética e moral deles?
- 14
- 15 **(E₈)** Ana: Mas eu não acho que o povo tenha consciência e saiba se defender, agora acho que o povo lá é submetido.
- 16
- 17 **(E₉)** Pedro: Eu acho que a massa é burra.
- 18 **(E₁₀)** Ana: Eles são submetidos lá.
- 19 **(E₁₁)** Mário: Eles são submetidos lá tanto quanto aqui, só que de maneiras diferentes.
- 20 **(E₁₂)** Júlia: Exato! O que eu ia dizer.
- 21 **(E₁₃)** Ana: Mas eu acho que a questão aqui não é essa. É o povo não vive bem, como aqui o povo não vive bem, então só investir em ciência e tecnologia, não é garantia de que o povo vai viver bem.
- 22
- 23
- 24 **(E₁₄)** Pedro: Eu acho que não é bem essa visão que a gente tem que ter, investir em ciência e tecnologia é básico. A gente tem que fazer isso.
- 25
- 26 **(E₁₅)** Ana: Eu acho que tem que investir em educação e saúde.
- 27 **(E₁₆)** Lucas: Mas investir em ciência não é investir em educação?
- 28 **(E₁₇)** Ana: Não necessariamente. Dentro do instituto de Física, nós somos excluídos e o pessoal que trabalha com educação e em ensino é totalmente enxotado, o pessoal da ciência que não contribui em nada para as escolas, que não contribui em nada para o ensino e educação das crianças é que são privilegiados.
- 29
- 30
- 31

A interação inicia com o pesquisador lendo uma pergunta do questionário que contém uma frase alinhada ao modelo linear de desenvolvimento. Ana começa a discussão afirmando que essa afirmação não é válida e em seu enunciado E₄ recorre a um contexto extraverbal externo (uma formatura) para ilustrar a sua discordância com relação à afirmação proposta na pergunta.

Ana traz a voz de um professor do Instituto de Física que naquele momento pronunciava seu discurso de paraninfo aos formandos do curso de licenciatura. Nesse discurso ele citou a China como um exemplo de país que investe em ciência e tecnologia e cuja população não tem bem-estar. Desta forma, ao fazer isso, Ana não transmite em seu enunciado uma visão de modelo linear, manifestando uma voz relacionada à racionalidade que pode ser considerada como aproximada ao nível 4R, já que transpõe uma visão de ciência não autônoma, não livre de interesses, contextualizada e que pode ser utilizada para a dominação - "o povo é escravizado". Também manifesta uma voz, no que diz respeito à tecnologia, que pode ser caracterizada pelo nível 4D, pois parece se opor ao modelo linear, destacando que a tecnologia influencia a vida da sociedade e não está a serviço das necessidades básicas dessa sociedade.

Contudo, cabe ressaltar que Ana, em momento algum, neste enunciado e nos seguintes, explica ou amplia satisfatoriamente a situação proposta no exemplo, o que poderia significar que ela apenas está reproduzindo a voz do professor por entender que é uma voz potente. Entretanto, o fato de ter elaborado a conexão entre a afirmação proposta na questão e o discurso oriundo daquele contexto representa uma relação dialógica significativa de que ela está a caminho de construir visões de racionalidade e desenvolvimento mais sofisticadas, de acordo com as vozes anteriormente citadas.

O enunciado de Ana incita uma resposta em Pedro, que faz uma pergunta muito pertinente para entender o exemplo trazido por ela. Entretanto, ela não responde à pergunta feita por ele, basicamente repetindo o que havia sido dito em seu enunciado anterior (E₄).

Pedro, então, dá continuidade ao discurso, dizendo "Mas é isso que a gente definiu como sociedade, eles não tem a mesma concepção de sociedade. Qual é a concepção de ética e moral deles?" (linhas 13 e 14). Neste enunciado, é interessante notar que Pedro se apropriou ou concorda com a voz trazida por Ana, pois abordou

uma questão chave envolvendo a situação do exemplo. Pedro destaca que quando se trata de ciência e tecnologia não se pode deixar de considerar a sociedade em que estas estão incluídas. Por exemplo, supondo um sistema social que estimule a desigualdade, a ciência e a tecnologia desse sistema estarão a serviço dessa desigualdade. Desta forma, compreende-se que no enunciado de Pedro estão sendo atribuídas vozes de racionalidade e desenvolvimento que se aproximam das características dos níveis 4R e 4D.

Ao final do enunciado, Pedro repete a pergunta não respondida por Ana anteriormente. Ana novamente não responde à pergunta. Esta postura de "fuga" pode estar mascarando o pouco aprofundamento sobre o conteúdo temático de seu enunciado e, portanto, corroborando que realmente ela ainda não elaborou as visões de racionalidade e desenvolvimento marcadas pelas vozes 4D e 4R (conforme havia sido suposto anteriormente) transmitidas a partir da voz do professor no enunciado E4. Como resposta ao enunciado de Pedro, Ana diz que na China a população é "submetida" e "não tem consciência" da situação em que vive (E8).

É interessante observar que Mário responde a esse enunciado, complementando-o, ao apontar que no Brasil essa relação de submissão da sociedade também existe, mesmo que possa vir a ser de maneira diferente. A perspectiva CTS se preocupa em abordar questões sociais como esta, por exemplo, principalmente quando envolvem ciência e tecnologia. Assim, em função disso que foi colocado por estes alunos, pode-se dizer que os mesmos não são tão ingênuos nesse aspecto, pois, embora não desenvolvam melhor o tema, já possuem um olhar diferenciado que vislumbra o questionamento situações problemáticas.

Nos enunciados seguintes é possível perceber relações de tensão (intrínsecas ao dialogismo) entre os enunciados de Pedro e Ana. Ana (E13) assume uma perspectiva de desenvolvimento que enfatiza os impactos sociais da tecnologia, entretanto, apesar de apresentar essa visão não tão ingênua, postula que não é importante investir em ciência e tecnologia, fato contestado em seguida por Pedro, que considera um investimento básico (E14).

Portanto, por meio desta interação é possível compreender que há o reconhecimento de que a crença no modelo linear de desenvolvimento é um ponto problemático, porém sua superação é um processo que ainda está longe de ser vislumbrado.

Episódio Interativo 5

Esta interação foi transcrita da aula 20, na qual estava sendo promovida uma discussão do questionário inicial respondido pelos estudantes na aula anterior. Evidencia-se neste trecho selecionado a postura dos licenciandos frente à participação social.

- 1 **(E₁)** Pesquisador: *Você acha que os cientistas, por serem especialistas em*
 2 *determinadas áreas do conhecimento, estão mais aptos para tomar decisões nestas*
 3 *áreas do que pessoas comuns? As políticas públicas são melhores quando decididas*
 4 *por especialistas?*
- 5 **(E₂)** Ana: *Não, tem que ter um diálogo aberto entre os dois, sem esse diálogo entre os*
 6 *dois, não é o ideal. Entre os especialistas e pessoas comuns.*
- 7 **(E₃)** Lucas: *Eu concordo também, mas eu coloquei coisas a mais, deixa eu lembrar. Tem*
 8 *que haver um diálogo, como foi falado, até porque eu coloquei assim, os especialistas a*
 9 *função deles nesse diálogo seria uma função não, aqui fala decisão, estão mais aptos*
 10 *para tomar decisões nestas áreas do que pessoas comuns. Eu diria que a área do*
 11 *especialista não é a área da decisão e sim a área do assessoramento.*
- 12 **(E₄)** Mário: *É, eu coloquei que são os melhores para dar opinião, não para tomar decisão.*
 13 *Não adianta tu deixar a decisão pra quem é um especialista, porque daqui a pouco o*
 14 *especialista tem um outro interesse.*
- 15 **(E₅)** Ana: *É.*
- 16 **(E₆)** Lucas: *E vira um ditador.*
- 17 **(E₇)** Ana: *Exato.*
- 18 **(E₈)** Lucas: *E dita, se você não coloca para outros analisar, você dita, com aquele viés*
 19 *do conhecimento da ciência.*
- 20 **(E₉)** Pedro: *A gente concordou.*

Neste breve episódio interativo é possível observar que os licenciandos entram em acordo sobre o processo decisório envolvendo a área científica. Enquanto nos enunciados em resposta ao questionário foi possível observar uma variedade de posicionamentos dos licenciandos quanto a este tema, aqui parece haver um consenso, no qual são expressas vozes que podem ser predominantemente caracterizadas pelo nível 5P.

Logo após o pesquisador lançar a pergunta, Ana responde que o ideal é a existência de um diálogo entre cientistas e cidadãos. Ao responder essa mesma pergunta no questionário ela não havia proposto tal interação entre os diferentes grupos, mas deixou claro que os cientistas são mais aptos para tomar as decisões, embora considere que estas não sejam necessariamente mais adequadas, já que os

cientistas também são envolvidos por interesses. Portanto, entende-se que a discussão permitiu à Ana complementar sua ideia, já que a lacuna deixada anteriormente em seu discurso, por não destacar qual o papel dos cientistas e cidadãos no processo decisório, foi preenchida neste enunciado da interação, no qual propõe um diálogo entre os dois grupos. Ou seja, Ana expressa agora uma voz que pode ser caracterizada pelo nível 5P.

Esta voz emitida por Ana tem o apoio dos demais colegas envolvidos na interação, de forma que todos apresentam vozes que coadunam com esta. Lucas, logo na sequência (E₃), responde dialogicamente ao enunciado de Ana, concordando com ela e propondo o que considera uma complementação de seus argumentos, destacando que a área dos cientistas é a do assessoramento e não propriamente a da decisão, que deve ser feita pelos cidadãos. Dando continuidade à interação, Mário responde exprimindo uma voz de concordância com a de Lucas (cientistas “são melhores para dar opinião” – linha 12) e uma voz que complementa a de Ana ao fornecer uma justificativa do motivo pelo qual o cientista sozinho não pode ser responsável por tomar as decisões.

Por fim, Pedro, que em resposta a esta pergunta no questionário apresentou uma voz caracterizada pelo nível 1P, na qual defendia a tecnocracia, neste momento parece emitir uma voz mais sofisticada. Quando usa a expressão “A gente” (linha 20) está, primeiramente, resgatando a voz dos colegas, aproximada ao nível 5P, e, além disso, incluindo-se neste discurso, ou seja, mostrando que concorda com o posicionamento assumido pelos demais colegas nesta interação. Assim, neste episódio interativo tem-se uma visão diferente das vozes relativas à participação social identificadas nas respostas ao questionário. Embora não estejam participando desta interação todos os licenciandos investigados, observa-se que há representantes de três dos quatro grupos identificados na análise do questionário (ver página 217) que agora apresentam vozes de participação caracterizadas por um mesmo nível e, inclusive, mais elaborado. Assim sendo, diante da pluralidade de vozes verificada, é importante observar, no decorrer da análise, quais vozes apresentam-se de maneira mais potente.

Episódio Interativo 6

Esta interação foi transcrita da aula 22, na qual estava sendo feita uma breve problematização sobre ciência. Selecionou-se este trecho composto basicamente de enunciados da professora da disciplina e de Renan.

- 1 **(E₁)** Professora: Mas cuidado, hein? Quando a gente fala observação não é importante.
 2 Não! Observação é importante, mas não é a primeira coisa que tu faz e ela não é neutra.
 3 Cuida com isso.
- 4 **(E₂)** Renan: Sim, sim a neutralidade.
- 5 **(E₃)** Professora: A observação é importante? Sim, mas não com esse papel que o
 6 método está colocando, entende? Tem que cuidar isso aí, não quer dizer que tu não vai
 7 observar, não quer dizer que tu não vai experimentar. To...(inaudível) a tua dúvida?
- 8 **(E₄)** Renan: É, é.
- 9 **(E₅)** Professora: Não quer dizer que tu não vá fazer isso, mas tu tem que ver com que
 10 função tu vai fazer isso. Por exemplo, uma observação repetida e livre de pressupostos
 11 como queria o Francis Bacon. O Francis Bacon chegou a dizer o seguinte: que o melhor
 12 cientista era a criança, porque a criança ela é uma tábula rasa, quando ela nascia ela
 13 não sabia nada, então o cientista tinha que ser assim, despido completamente de
 14 preconceitos, entrar em um laboratório completamente livre de opiniões, crenças
 15 metafísicas, só de uma maneira muito límpida, muito, ficar se apropriando da natureza.
- 16 **(E₆)** João: Como se só observar fosse conseguir enxergar.
- 17 **(E₇)** Professora: Por isso vários vão problematizar. Observar é importante? Sim, mas
 18 será que eu sou uma tábula rasa diante da natureza?
- 19 **(E₈)** Renan: Sim, não, isso com certeza não, mas é que as vezes dá a impressão de
 20 que tanta crítica ao empirismo-indutivismo, é tá, não, a gente não tem que ter
 21 experimentação. Isso é problemático. A gente precisa ter critério para separar o que que
 22 é Física do que que é, sei lá, metafísica, pseudociência, pois se tu não tem uma coisa
 23 que nos segure a gente vai começar a acreditar em cura quântica.

Ao longo dos enunciados a professora vai esclarecendo questões importantes relativas à neutralidade, observação e experimentação no método científico, destacando ao aluno Renan que o método científico é falho, tentando mostrar inconsistências que o tornam insuficiente para legitimar um conhecimento como científico. Renan, nos enunciados E₂ e E₄, expressa contrapalavras que indicam concordância ao que a professora está dizendo ("sim" e "é"), entretanto ao chegar no enunciado E₈, dá indícios de que não está tão de acordo assim. Renan inicia seu enunciado (E₈) novamente com uma atitude responsiva de concordância ao que a professora coloca, mas possivelmente só o fez por encarar este como um discurso de autoridade, já que ao materializar o restante do seu enunciado dá indícios de que a voz da professora não foi totalmente incorporada ao seu discurso. Possivelmente,

outras vozes estão mais intensamente presentes no seu discurso, como será argumentado mais adiante.

A própria estrutura composicional do enunciado aponta essa situação de respeito: primeiro ele se posiciona de forma não discordante da professora, apontando em seguida, a partir de "mas às vezesexperimentação. Isso é problemático" (linhas 21-23), uma questão relevante, também não totalmente ortogonal à voz da professora (que experimentação é importante mas não com o papel atribuído pelo método), mas já está encaminhando seu discurso para, finalmente, em uma terceira parte, expor seu ponto de vista, não alinhado ao da professora.

A voz de Renan pode ser enquadrada em um nível de racionalidade científica ingênua, tal como o 1R, pois há a defesa de que deve haver sim um critério de demarcação entre o que é científico e o que não é científico, sugerindo que a experimentação e, possivelmente, o próprio método científico são necessários para se fazer tal distinção. Analisando o enunciado do Renan, levando em consideração o contexto extra-verbal mais amplo, é possível observar uma relação dialógica com um grupo de professores do Instituto de Física da Universidade, cuja voz se faz presente neste enunciado. Há um grupo de professores ateus que tem um grupo virtual de discussões sobre ciência e pseudociência, principalmente sobre misticismo quântico, que defendem o método científico como um critério demarcador da ciência. Este grupo é aberto aos alunos e Renan possivelmente acompanha e/ou participa das discussões.

Nesta interação é possível perceber que Renan mantém a postura veiculada anteriormente nas respostas ao questionário. Inclusive, assim como foi evidenciado naquelas, aqui também é vislumbrada a influência da voz de alguns professores. É interessante notar que Renan, por ter esta visão muito enraizada, interage dialogicamente com a professora durante a aula para tentar encontrar uma maneira de preservá-la, já que agora está sendo colocada em xeque. Esta atitude de Renan fica mais evidente no próximo episódio interativo selecionado.

Episódio Interativo 7

Esta interação também foi transcrita da aula 22. Foi selecionado um trecho no qual ainda estavam sendo discutidas questões relacionadas ao indutivismo.

1 **(E₁)** Professora: Claro que os indutivistas vão dizer que Kepler, a história da ciência vai
 2 ser voltada para o método científico, vão dizer assim: Kepler viu Marte descrevendo um
 3 setor, né? Descrevendo uma órbita elíptica. Primeira observação dele: Marte descreve
 4 uma órbita elíptica. Segundo, ele ia fazendo isso para cada planeta e finalmente induz
 5 que todos os planetas estavam, isso era o que queriam os indutivistas, mas quando a
 6 gente vai olhar para a história do Kepler a gente vê um monte de...(inaudível), quantas
 7 crenças metafísicas ele vai impor à descrição das três leis, à formulação das três leis.
 8 Uma delas é que ele quase morreu para aceitar que eram elípticas, queria que fosse um
 9 círculo, que história é essa? Que ele era um pitagórico, né, ou seja, a natureza tem que
 10 ter uma descrição muito bonita, seguindo, ...(inaudível), ele era um grande pitagórico,
 11 dizia que a natureza era bonita, como, por exemplo, os números, guardava certas
 12 relações com os números, assim são os pitagóricos.

13 **(E₂)** Renan: E como é que ele quebrou essa ideia dele de?

14 **(E₃)** Professora: É, não, claro, na verdade ele quebra essa ideia, aí que vem uma visão,
 15 ele tinha dados melhores do Tycho Brahe e, claro, e via que o modelo circular não
 16 encaixava, então, na verdade, uma visão mais moderna vai dizer que o experimento, as
 17 observações e a teoria são indissociáveis. Mas ele fica um tempão negando aqueles
 18 dados por crenças metafísicas.

19 **(E₄)** Renan: Mas baseado nos dados ele chegou então a lei dele de que os planetas
 20 giram em órbitas elípticas.

21 **(E₅)** Professora: Sim, mas cuidado. Não é verdade que a partir dos dados ele chegou à
 22 lei dele, não é verdade.

23 **(E₆)** Mário: Ele tinha só os dados de observação de Marte.

24 **(E₇)** Professora: Claro.

25 **(E₈)** Renan: Então só os dados da órbita de Marte, só baseado nesse que ele vai dizer
 26 que era elíptico.

27 **(E₉)** Professora: Então tu concorda que não pode ser por indução, que o cara impõe uma
 28 série de modelos?

29 **(E₁₀)** Mário: Ele generalizou, sem saber se era para os outros também.

30 **(E₁₁)** Renan: sim, sim.

31 **(E₁₂)** Professora: E tem uma história interessantíssima, ele generaliza. Ele inventa as
 32 três leis, inventa, me desculpa, por que ele tinha poucos dados, mas dados melhores,
 33 né? Sem dúvida, todo mundo diz que ele deve muito ao Tycho Brahe que entrega pra
 34 ele esses dados. Mas olha que coisa curiosa, Tycho Brahe tinha os melhores dados do
 35 Renascimento, os melhores dados astronômicos, desde a época da Antiguidade
 36 Clássica. Tycho Brahe tinha esses dados e com esses dados não foi capaz de chegar
 37 às três leis de Kepler. Ele inclusive propõe um modelo, vocês nunca leram isso? Que
 38 era geocêntrico. Então, a maior prova de que o indutivismo não se sustenta, o cara tinha
 39 os melhores dados e não conseguiu chegar às três leis. Porque que ele consegue, o
 40 Kepler? Por que ele impõe uma série de crenças aos dados, olha o que é a relação entre
 41 raio e o período, olha que elegância tem, como é que vocês acham, aquilo é um modelo
 42 que ele impõe, e vê, OK, tem dados, entende, a coisa tem que andar casada, óbvio, mas
 43 a maior verdade ainda, além disso, o Tycho ter esses dados e não chegar às três leis,
 44 pensa o que que Newton faz com as três leis de Kepler? Ele corrige, quer dizer o Kepler
 45 ainda chega em algo errado, vamos dizer assim, olha como os dados por si só não falam
 46 sozinhos, não falam sozinhos, não dá conta. Olha bem o que acontece com o Newton,
 47 ele tem aqueles mesmos dados e ele diz: as órbitas não são elípticas, são
 48 aproximadamente elípticas, né? A mecânica newtoniana corrige as leis de Kepler, então
 49 ta vendo como os dados, eu posso ter os melhores dados do mundo, eu consigo modelos

- 50 *tentativos. Eu acho que esse é um exemplo bem potente, para dizer: olha, eu posso ter*
 51 *os melhores dados, mas eu posso não enxergar nada naqueles dados.*
- 52 *(E₁₃) Renan: Isso quebra aquela questão da neutralidade também, por causa que Kepler*
 53 *põe um monte de crenças dele e isso prejudica ele.*

A visão empirista-indutivista tem uma marca muito forte nos enunciados de Renan ao longo da aula 3. Embora ele faça questão de negá-la, seus enunciados apresentam, na maioria das vezes, características dela e dão indícios de que na verdade ele não a superou. Tanto é que os inúmeros questionamentos feitos por Renan ao longo das aulas dão a impressão de que ele está tentando buscar nas palavras da professora e colegas elementos que corroborem seu ponto de vista, ou seja, parece uma constante busca por uma "validação" dessa visão. Em outros termos, a responsividade dos enunciados de Renan ao longo de sua interação com a professora se deu no sentido de capturar elementos na fala da professora que pudessem corroborar algumas de suas concepções, mas isso ocorre às vezes de forma sutil. Esta interação ilustra um pouco essa ideia!

No enunciado E₁ a professora traz um exemplo da história da ciência para mostrar o pensamento dos indutivistas na produção do conhecimento e indicar a fragilidade do mesmo, apontando a influência das crenças metafísicas impostas por Kepler na construção de suas Leis.

Na sequência, Renan, questiona como Kepler rompe com essas crenças para chegar no modelo proposto, cuja resposta da professora tratou de apontar a fragilidade das observações puras, enfatizando a indissociabilidade entre observação, experimentação e teoria na produção do conhecimento. Mesmo assim, o aluno dá sequência ao diálogo negligenciando o que foi dito pela professora afirmando que das observações Kepler tirou sua Lei. Segundo Bakhtin, quando um falante (Renan) pronuncia seu enunciado, ele o faz dirigindo a um destinatário (no caso, a professora) e já espera uma resposta deste, por isso, olhando para o contexto das enunciações, quando ele perguntou como Kepler chegou ao modelo, possivelmente o fez com o propósito de ouvir da professora que a partir dos dados o Kepler chegou às Leis, pois foi isso que ele "entendeu" a partir do enunciado da professora, que não possuía tal sentido. Na sequência das enunciações Renan dá mais indícios disso, pois essa ação legitimadora se repete em uma interação com Mário.

Mário (E₆) fala sobre uma curiosidade relativa aos dados observados, parecendo querer apontar ao colega que Kepler não construiu suas leis a partir das observações puras, já que ele só teria dados de Marte e, portanto, precisou impor uma série de outros fatores. Novamente, Renan "encontra" nas palavras de Mário elementos para tentar corroborar sua visão, sustentando que só com os dados de Marte Kepler afirmou que a órbita da Terra era elíptica.

A professora novamente dá uma série de explicações e Renan concorda com ela. Pode-se perceber a influência do destinatário do enunciado nesse caso. Renan está se dirigindo à professora e dificilmente iria dizer que não concorda com ela, mesmo mantendo a visão empirista-indutivista que vem tentando salvar ao longo da interação. Em seu último enunciado, Renan concorda com a professora quanto à questão da neutralidade, mas afirma que esta não-neutralidade (crenças metafísicas de Kepler) o atrapalhou, retomando, novamente uma visão pouco elaborada do conhecimento científico, praticamente incorporando um pouco da voz baconiana e seus Ídolos da Tribo (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Além disso, outro fator que influencia esta visão ingênua sobre o conhecimento científico é o manual didático. Ao analisar o principal livro utilizado nas disciplinas de Física Básica dos cursos de formação de professores de Física é possível identificar visões equivocadas sobre a natureza da ciência. É possível identificar a presença da voz do livro didático no discurso de Renan, por exemplo:

Tycho Brahe (1546 – 1601), o último dos grandes astrônomos a fazer observações sem a ajuda de um telescópio, compilou a enorme quantidade de dados, a partir dos quais Kepler deduziu as três leis do movimento planetário, que hoje levam seu nome (HALLIDAY *et al.*, 1996, grifo nosso).

Neste trecho, extraído do livro, identifica-se uma voz de racionalidade bastante ingênua que corrobora a ideia do empirismo-indutivismo, exatamente como está propondo Renan.

Portanto, o curso de formação destes estudantes está diretamente relacionado às visões de ciência apresentadas por eles, seja pela influência da voz dos professores (como se identificou no episódio interativo 1), pelo manual didático ou, ainda, por disciplinas específicas, tal como Epistemologia (fator diferencial nas visões percebido na análise do questionário). Além disso, esta interação mostra o quão enraizadas ficam tais visões construídas ao longo do curso de formação, como sugere a resistência apresentada por Renan em superá-las.

Episódio Interativo 8

Esta interação foi transcrita da aula 23 na qual estavam sendo discutidos aspectos da tecnologia e alguns mitos relacionados à neutralidade da ciência e da tecnologia. O trecho aqui apresentado mostra as relações entre ciência e tecnologia propostas por alguns licenciandos investigados.

- 1 **(E₁)** Pesquisador: *Têm vários outros modelos, mas hoje em dia não é comum separar*
 2 *essas duas coisas, elas estão interligadas. Tanto que este termo tecnociência já é*
 3 *usado, as pessoas cada vez falam menos, por exemplo, em ciência e tecnologia, usam*
 4 *então, o termo tecnociência.*
- 5 **(E₂)** Rafael: *Eles se realimentam, né?*
- 6 **(E₃)** Pesquisador: *É exato, tu não deve separar esses dois.*
- 7 **(E₄)** Rafael: *Porque se tu precisar de um computador para fazer uma série de cálculos,*
 8 *tu acaba desenvolvendo um outro processador que faça isso.*
- 9 **(E₅)** Marcos: *A melhor frase que eu ouvi de uma pessoa do Instituto foi: o computador*
 10 *veio para resolver os problemas que antes nós não tínhamos.*
- 11 **(E₆)** Pesquisador: *Pra resolver os problemas que antes nós não tínhamos?*
- 12 **(E₇)** Marcos: *É verdade! É! Antes do computador tudo funcionava tão bem, e a gente*
 13 *não precisava do computador pra resolver nada.*
- 14 **(E₈)** Ana: *Não, mas é que tem aquela ideia do tipo assim: antigamente a gente não tinha*
 15 *micro-ondas, a gente não tinha nada e conseguia fazer tudo. Hoje em dia a gente tem*
 16 *micro-ondas, tem sei lá, máquina de lavar roupas, coisas que fazem, que facilitam o*
 17 *nosso trabalho e a gente ainda assim não tem tempo pra nada. Entende? Quanto mais*
 18 *coisas, essa é uma questão social.*

Nesta interação entre o pesquisador, Marcos, Rafael e Ana, é possível perceber que os mesmos possuem uma concepção de que ciência e tecnologia são entes que apresentam uma certa dependência um do outro. Entretanto, duas visões de desenvolvimento ficam bem claras nos enunciados de Rafael e Ana.

Rafael, a partir de uma relação dialógica interdiscursiva com o enunciado do pesquisador, concorda e responsivamente complementa a enunciação do mesmo ao se referir às relações entre ciência e tecnologia "elas se realimentam" (linha 5), porém, logo depois, na tentativa de explicar melhor essa relação, exprime uma concepção de tecnologia como artefato, como produto, ou seja, apresenta uma voz ingênua e que pode ser classificada pelo nível 1D. Marcos, aproveitando o discurso de Rafael, expõe um argumento sobre o computador que é explicado posteriormente, com outro

contexto, por Ana, no qual se verifica a veiculação de uma voz de tecnologia como sinônimo de progresso (2D).

Ela afirma que a tecnologia é algo recente, que não existia no passado e não era necessária à humanidade no trecho "antigamente a gente não tinha micro-ondas, a gente não tinha nada e conseguia fazer tudo" (linhas 14-15). Sob o ponto de vista das inter-relações CTS essa visão é pouco sofisticada, pois a tecnologia, que não é representada apenas pelos artefatos modernos que ela coloca (micro-ondas, por exemplo), não é recente e existe desde o surgimento da humanidade e teve papel importantíssimo no desenvolvimento da espécie, não podendo ser desprezada. A visão de tecnologia como sinônimo de progresso fica bastante clara quando Ana afirma que "hoje em dia a gente tem micro-ondas, tem sei lá, máquina de lavar roupas, coisas que fazem, que facilitam o nosso trabalho e a gente ainda assim não tem tempo pra nada" (linhas 15-16), quer dizer, a tecnologia facilita a vida, traz benefícios. Este enunciado está permeado, mesmo que implicitamente, pela visão de modelo linear, sugerindo que a tecnologia leva ao progresso, ao desenvolvimento, ao bem estar.

Percebe-se que há alguns regressos nas vozes de tecnologia veiculadas por Ana quando comparadas àquelas observadas no questionário. Ainda assim, o enunciado de Ana vem no sentido de complementar os enunciados dos colegas e parece ter importância no sentido de tentar elaborar melhor a ideia de que a tecnologia de alguma forma influi no comportamento da sociedade, mesmo que sem aprofundar este aspecto.

Episódio Interativo 9

Esta interação foi transcrita da aula 23 na qual estavam sendo discutidos aspectos da tecnologia e alguns mitos relacionados à neutralidade da ciência e tecnologia. O trecho aqui apresentado refere-se ao momento em que um grupo (Sofia, Renan e Lucas) estava apresentando aos demais colegas sobre o mito da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas.

- 1 *(E₁) Sofia: E aí, uma ideia inicial da problematização seria: a tecnocracia transfere aos*
- 2 *cientistas os problemas dos cidadãos, mas quem confere este poder a eles? Isso é algo*
- 3 *eu que também era uma ideia do texto. Eu fiquei refletindo sobre isso e na verdade não*
- 4 *consegui achar uma resposta, quem conferia esse poder aos cientistas, quem disse que*
- 5 *assim era o certo?*
- 6 *(E₂) Renan: Quanto a essa questão, as questões tecnocráticas, ou seja, o cientista, o*
- 7 *técnico é mais competente para tomar uma decisão. Eu procurei também informações*

8 dentro da área de ciências jurídicas. O pessoal que faz direito e tal e ver como eles
 9 tratam isso. E aí tá falando que teve professor de faculdade que falou que o ideal seria
 10 que a população sim decida. Ele usou um exemplo bem simplista, mas é assim ó: vai lá
 11 e tem que construir uma ponte. A população vai decidir se quer que construa a ponte ou
 12 não. Se a população decide que sim, vamos construir uma ponte, ok. Aí acaba a
 13 democracia e entra a parte técnica. Então os técnicos, os cientistas contratados são eles
 14 que vão decidir aonde, como e com que material que vai ser feita a ponte. Então esse
 15 ponto onde e como que vai ser feito, não é decisão da população. Aí eu também já linkei
 16 com o caso de Belo Monte, a questão da usina elétrica que vão colocar lá. Nesse caso
 17 é o seguinte, a população quer ou não quer a usina hidrelétrica? Quer? Então tá, agora
 18 então não reclama se vão construir em Belo Monte ou se vão construir em tal lugar. Aí
 19 vai ver tal lugar é o espaço dos índios e tal, não importa. Aí isso aqui já é então uma
 20 parte tecnocrática e não discussão com a população. Aí fica – deixa em aberto pra vocês
 21 pensarem – opinião do professor de direito essa questão.

22 (E₃) Pedro: Acho que fica um pouco difícil falar de Belo Monte porque eles não liberam
 23 todo tipo de informação, né? Por que o principal, a principal razão de perda de energia
 24 hidrelétrica no país é por causa da transmissão né, a gente tem um rendimento dentro
 25 da usina hidrelétrica de 98-95%, e perde esses 95-98% de rendimento, a gente perde
 26 70% só na linha de transmissão, aí se tu que explicar para a população que a gente
 27 perde, aliás, não na produção e sim na transmissão, seria desnecessário... (inaudível) é
 28 provado que é desnecessário... (inaudível).

29 (E₄) Marcos: É provado cientificamente.

30 (E₅) Pedro: Não cientificamente, mas é constatado que é desnecessária a construção
 31 da usina de Belo Monte onde tu poderia preservar o ecossistema.

32 (E₆) Renan: Desde que tu consiga melhorar a transmissão.

33 (E₇) Pedro: Exato, então tu não deveria construir uma coisa se tu pode melhorar a outra.
 34 Daí essa população não tem como interferir nisso.

35 (E₈) Lucas: Mesmo esse exemplo, tem assim ó, a população decide então num primeiro
 36 momento se vai construir ou não né? Mas pra ela ter uma decisão, sei lá, mais.. (silêncio).

37 (E₉) Professora: Mais adequada.

38 (E₁₀) Lucas: Mais adequada, teria que haver um...

39 (E₁₁) Professora: Um conhecimento?

40 (E₁₂) Lucas: Um esclarecimento por parte da população.

41 (E₁₃) Renan: Aí que é o problema com esse mito, eu concordo que não é neutro, não é
 42 a melhor decisão, não é tomada pela população. Mas, eu tenho muito receio em liberar
 43 as decisões demais pela população, por causa que, se tu, é a massa, é manipulável,
 44 muito pelos meios de comunicação. Muito mais do que o meio científico, também é, mas
 45 muito mais que o científico. E, e com a fonte de conhecimento que se tem hoje, claro, é
 46 que assim ó, o ideal seria o quê? Uma população bem informada cientificamente
 47 (inaudível) e ela tomar uma decisão. Ok, ela vai ter todo um conhecimento dessa área,
 48 pra conseguir ponderar se é a parte ideal ou não.

49 (E₁₄) Professora: Ou até ter condição de buscar esse conhecimento. Ou como avaliar
 50 que aquele conhecimento é fidedigno.

51 (E₁₅) Renan: Não decidir os detalhes certos, mas que tu consiga sim, parar pensar e tirar
 52 uma conclusão, uma opinião, ponderando todos os prós e os contras e identificando se
 53 realmente a gente acha que vale a pena ou não. O maior problema é que a gente não
 54 tem conhecimento, a gente tá muito longe dessa realidade. Então, tá e agora? Como é
 55 que a gente vai fazer isso? Esse é meu problema todo, do artigo como um todo.

Por meio desta longa interação é possível perceber que os alunos compreenderam o que é a tecnocracia a partir da leitura que fizeram do texto. Entretanto, embora em suas vozes seja possível observar a voz do autor do texto e de outras fontes nas quais esses estudantes foram buscar maiores informações, suas visões não atingiram uma escala muito sofisticada, o que era de se esperar, pois é neste momento que será promovida a discussão que possibilitará a construção/expansão do conhecimento. O texto que os alunos se referem se chama “Alfabetização científico-tecnológica para quê?” dos professores Décio Auler e Demétrio Delizoicov, no qual é desenvolvida uma problematização de três mitos relacionados à neutralidade da ciência e da tecnologia.

Sofia inicia a interação abordando muito bem o problema proposto para a discussão. Renan dialogicamente responde ao enunciado de Sofia complementando-o. Renan dá continuidade à interação construindo seu enunciado, mostrando inicialmente que entende o que é a tecnocracia, seguindo por uma via que usa de um contexto externo para compreender o problema (o contexto do Direito). Após, elabora um exemplo que retorna ao contexto científico e que ele julga se enquadrar na proposta que expôs.

No enunciado E₂, embora ele termine dizendo que é a opinião do professor de Direito, sem manifestar-se a favor ou contra tal postura, pode-se supor que esta voz foi plenamente incorporada ao seu discurso, já que no enunciado E₁₃ deixa claro que tem receio de deixar as decisões nas mãos da população. A estrutura composicional adotada na construção do enunciado E₂, não foi ao acaso e sem uma intenção: primeiramente ele demonstra compreender o problema no âmbito científico e, em seguida, traz uma voz da área do Direito, por possivelmente entender que neste caso representa uma voz mais potente e, posteriormente, transpõe tal voz para uma situação do campo científico para tentar aproximá-la e legitimá-la. O exemplo dado, sobre a usina de Belo Monte, para exemplificar a voz do professor de Direito, acabou emitindo uma voz extremamente reduzida de participação social, podendo ser caracterizada pelo nível 1P, pois mesmo que num primeiro momento a população decida se quer ou não construir a usina, posteriormente há uma retomada da tecnocracia e novamente retomam os problemas desse tipo de abordagem: que visões de mundo esses técnicos possuem? Que interesses estão defendendo?

Apesar da excelente capacidade de compreensão do referido aluno sobre o problema em diferentes contextos, o uso que ele faz dessa aparente desenvoltura acaba por ser uma tentativa de defesa do modelo que dá prioridade às decisões tecnocráticas, o que explicita o conteúdo ideológico do seu discurso. A voz do professor de Direito e a voz do próprio estudante estão imbricadas neste caso, possivelmente numa situação de concordância.

Pedro (E₃) aponta um problema nesse exemplo de Belo Monte, mas usa argumentos confusos e faz uma análise muito restrita a aspectos técnicos. Entretanto, dando continuidade à discussão, em um enunciado posterior (E₇) exprime uma voz na qual considera que a sociedade não tem como interferir nos processos decisórios, entretanto, não explora os motivos pelos quais ela está apartada das decisões sobre ciência e tecnologia. Observando as relações dialógicas entre os enunciados pode-se perceber que Renan e Pedro concordam entre si quanto à questão das decisões. Ambos apresentam vozes que podem ser caracterizadas pelo nível 1P.

Já Lucas, pelos enunciados E₈, E₁₀ e E₁₂, questiona que mesmo para essa decisão inicial da população é necessário que esta tenha um esclarecimento sobre o assunto. De fato, a colocação é pertinente, há um longo caminho no Brasil para se chegar ao ponto de a população realmente poder decidir e, mais ainda, estar apta a decidir. Auler e Bazzo (2001) apontam que no Brasil a ciência e a tecnologia se desenvolveram muito tardiamente e quando isso aconteceu não foi de forma integrada à sociedade, ou seja, nunca se estabeleceu no país uma espécie de cultura científico-tecnológica, na qual a participação social no desenvolvimento científico e tecnológico do país fosse significativa. Por isso, segundo eles, as relações CTS não se fazem tão presentes. Não é possível afirmar qual a visão de Lucas frente a essa questão, mas certamente ele está salientando que ainda há um caminho a ser percorrido.

Dando continuidade à interação, em função da fala de Lucas, Renan (E₁₃ e E₁₅) mostra-se contra deixar as decisões nas mãos da população, defendendo mais uma vez o modelo tecnocrático e veiculando uma voz relacionada à racionalidade caracterizada pelo nível 1R, atribuindo uma certa superioridade aos cientistas em relação à população (por exemplo, quando afirma que os cientistas são menos sujeitos a manipulações).

Assim, por meio desta interação (e considerando as análises anteriores sobre o mesmo tema) fica evidente a crença na superioridade do modelo de decisões

tecnocráticas (já observada no discurso da maioria dos sujeitos de pesquisa na análise do questionário). Contudo, apesar disso, os estudantes demonstram entender bem este mito e suas implicações, além de não considerá-lo ideal ou adequado (como já havia sido observado na análise do episódio interativo 5). Porém, o defendem por acreditar que o cientista é mais apto para decidir (mesmo que sua decisão não seja a mais adequada) já que dominam a área de conhecimento e, principalmente, pelo fato de a sociedade brasileira, de maneira geral, ainda não ter condições de participar (motivos já explicitados). Assim, pode se dizer que os licenciandos apontam dois pontos importantes: primeiramente demonstram uma tomada de consciência da situação do país que, em geral, tem decisões pautadas pelo regime tecnocrático; e, além disso, levantam um problema que a perspectiva CTS tem por objetivo auxiliar na superação – “o analfabetismo científico e tecnológico”, que é um dos elementos que impedem a sociedade de participar das decisões. Como indicam as vozes dos sujeitos de pesquisa, superar este problema é uma condição necessária para que as decisões em conjunto, propostas no episódio interativo 5, sejam possíveis de ocorrer.

Episódio Interativo 10

Esta interação foi transcrita da aula 23 na qual estavam sendo discutidos aspectos da tecnologia e alguns mitos relacionados à neutralidade da ciência e tecnologia. O trecho aqui apresentado foi extraído do momento posterior à discussão sobre a perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia que foi conduzido por um grupo de alunos (Pedro, Marcos e Cleber). Após o grupo expor sobre o mito, sem a ocorrência de interrupções, a seguinte interação se desenvolveu:

- 1 **(E₁)** Renan: *Eu concordo que a teoria salvacionista não, não.*
- 2 **(E₂)** Ana: *Ãh?*
- 3 **(E₃)** Renan: *A ciência não vai trazer no futuro a salvação de todos os problemas da*
4 *humanidade, inclusive até essa questão dos alimentos. Até porque eu não sei como é*
5 *essa questão, mas com certeza a fome mundial poderia ser reduzida, não sei se poderia*
6 *acabar, mas poderia ser reduzida, e muito, com uma melhor distribuição, por causa que*
7 *só no RU o que a gente põe fora de comida é um monte de comida por dia. A ciência*
8 *não vai conseguir resolver todos os problemas da sociedade até porque muitos*
9 *problemas da sociedade são muito mais humanos que tecnológicos. Agora, uma coisa*
10 *que me incomodou bastante é aquela questão da neutralidade, enfim, ciência é boa ou*
11 *má?*
- 12 **(E₄)** Ana: *Não.*

- 13 (E₅) Renan: *Acho que não faz sentido tu questionar. A mesma coisa que eu falei*
14 *semestre passado nas discussões com o mestrando estagiário de Física Aplicada II,*
15 *para mim ciência é ciência, isso não pode explicar como boa ou má.*
- 16 (E₆) Pedro: *É que dentro dessa perspectiva tu encontra a necessidade econômica, né?*
- 17 (E₇) Renan: *Não, a ciência em si como conhecimento, é só ciência.*
- 18 (E₈) Pedro: *Mas ela existe sozinha?*
- 19 (E₉) Renan: *Ela não existe sozinha, é uma construção humana com certeza.*
- 20 (E₁₀) Pedro: *Ela não é só uma construção humana, ela também é uma construção*
21 *econômica, social.*
- 22 (E₁₁) Ana: *Mas tudo que é feito pelo ser humano, na minha opinião, tem um interesse*
23 *por trás.*
- 24 (E₁₂) Renan: *Um interesse econômico e interesse pessoal. Mas aí que ta, interesse do*
25 *humano, não da ciência.*
- 26 (E₁₃) Marcos: *Tudo bem, um conhecimento é bom ou mau, por exemplo, eu sei construir*
27 *uma arma nuclear, então, isso me rotula mais mau do que tu?*
- 28 (E₁₄) Renan: *Não.*
- 29 (E₁₅) Marcos: *Aí é que ta.*
- 30 (E₁₆) Renan: *Inaudível... Depende se ela funciona... (inaudível).*
- 31 (E₁₇) Pedro: *Depende de quanto tu é pago para fazer uma.*
- 32 (E₁₈) Marcos: *Não, mas não importa cara, a questão é a seguinte, o que ficou mais ou*
33 *menos claro para mim é que, tipo, num dado contexto até mesmo a ciência é influenciada*
34 *por fora, pela sociedade e tudo mais.*
- 35 (E₁₉) Renan: *Sim, obvio. Sempre é. Mas, a ciência é influenciada, o problema é da*
36 *influência que a gente dá na ciência, a ciência em si não é boa nem má.*
- 37 (E₂₀) Professora: *Ah, pois é, porque a ciência é parte da cultura da humanidade, aí vem,*
38 *qual cultura é essa? É a cultura da desigualdade? Bom, então essa ciência está a serviço*
39 *da desigualdade. Vocês não acham? A ciência é mais um elemento nesse cenário.*
- 40 (E₂₁) Pedro: *A ciência por si só não existe.*
- 41 (E₂₂) Ana: *Até por que o que que quer dizer boa ou má?*
- 42 (E₂₃) Professora: *É, jamais vai poder olhar isso de forma absoluta, sempre vai ter que*
43 *olhar no cenário sociocultural em que ela está.*
- 44 (E₂₄) Renan: *Por isso que eu falo, o mesmo conhecimento científico pode ser usado num*
45 *cenário cultural para trazer grandes benefícios ou o mesmo conhecimento científico*
46 *pode ser usado nesse mesmo cenário para trazer... (inaudível).*
- 47 (E₂₄) Professora: *É pensa no uso da física nuclear a serviço da medicina.*
- 48 (E₂₅) Renan: *Exatamente.*
- 49 (E₂₆) Cleber: *O conhecimento é que norteia. A ciência é feita por pessoas, as pessoas*
50 *tem interesse, tipo, as leis da termodinâmica não vão matar ninguém, o cara que domina*
51 *esse conhecimento e constrói um artefato, uma bomba que vai lá explodir, esse cara*
52 *tem interesses, esse cara vai direcionar*

- 53 (E₂₇) Renan: *Concordo plenamente.*
- 54 (E₂₈) Professora: *Calma isso que tu ta falando não é bem assim, porque a*
55 *termodinâmica, onde está a gênese lá, o início da termodinâmica?*
- 56 (E₂₉) Pedro: *Na máquina térmica.*
- 57 (E₃₀) Professora: *Está muito ligada à Revolução Industrial, ou seja.*
- 58 (E₃₁) Pedro: *O que o Pesquisador falou.*
- 59 (E₃₂) Professora: *Uma atividade, de novo, o conhecimento que está a serviço sim do*
60 *projeto de sociedade e querer isolar isso é totalmente artificial, a ciência sozinha ali no*
61 *seu pedestal não existe.*
- 62 (E₃₃) Pedro: *A ciência não existe como bem maior. Ela não pode ser bem ou mal sem*
63 *uma concepção de sociedade.*
- 64 (E₃₄) Professora: *Não.*
- 65 (E₃₅) Renan: *Exatamente, não faz sentido a gente classificar a ciência como bem ou mal.*
- 66 (E₃₆) Professora: *Exatamente, rótulos.*
- 67 (E₃₇) Pesquisador: *Mas não é isso que a gente quer, o que nós queremos aqui trazer é*
68 *que ela não traz necessariamente sempre bem estar.*
- 69 (E₃₈) Professora: *Bem estar. E no sentido de que ela é uma atividade social humana e,*
70 *portanto, imersa num cenário social, econômico, político, é mais uma ferramenta que*
71 *está aí e pode, então, estar a serviço de uma sociedade que fomenta a desigualdade ou*
72 *não. Vamos combinar que a ciência que a gente conhece está assim, bem nessa, né?*
73 *Tem esse mote aí.*
- 74 (E₃₉) Pedro: *A gente sabe, dentro do próprio Instituto aqui, boa parte das pesquisas não*
75 *são voltadas para o bem social, tipo, a minha ex-namorada trabalhou dois semestres*
76 *para a Fras-le de Caxias do Sul para desenvolver uma pastilha de freio melhor, e o que*
77 *que a gente está ganhando com isso?*
- 78 (E₄₀) Marcos: *Segurança.*
- 79 *Risos*
- 80 (E₄₁) Pedro: *É só para desenvolver uma pastilha mais barata.*
- 81 (E₄₂) Renan: *Aí que ta, o próprio conceito de desenvolvimento e bem estar social está*
82 *envolvido na, a gente só desenvolve bem estar social com interesses.*
- 83 (E₄₃) Professora: *Ah! Ponto crucial. Será que a gente sempre entende do mesmo jeito o*
84 *que quer dizer desenvolvimento social e bem estar? Isso também não é... (inaudível).*
85 *Quem que se beneficia com o desenvolvimento? Quem que se prejudica com ele? O*
86 *próprio conceito de desenvolvimento também tem que ser problematizado, assim como*
87 *o conceito de ciência, tudo está a serviço de algum objetivo.*

Após o grupo desenvolver a apresentação do mito da perspectiva salvacionista da ciência, Renan levanta uma questão pertinente ao mito para ser discutida. No

enunciado E₃, inicialmente discorre sobre a perspectiva salvacionista, de forma que parece reproduzir a voz do artigo lido e, ao final do mesmo, retoma uma temática já debatida anteriormente, assumindo uma visão de ciência neutra.

Imediatamente Ana responde a essa proposição, negando-a. Sem levar em consideração a contrapalavra que Ana atribuiu ao seu enunciado, Renan, em E₅, explica melhor seu ponto de vista, expressando uma voz de racionalidade que pode ser caracterizada pelo nível 1R, pois considera a ciência apenas como um corpo de conhecimento livre de qualquer juízo de valor, separado de seu contexto. Assim como Ana, a voz de outros colegas irá confrontar dialogicamente esta voz propagada por Renan, de forma que esta contraposição de vozes promovida por um par de “adversários” (grupo de licenciandos X Renan) será verificada ao longo do episódio interativo.

Em E₆ Pedro tenta responsivamente mostrar que a ciência não é apenas um conhecimento isolado, destacando uma relação possível ao citar a economia. Todavia Renan demonstra não aceitar isso, mantendo sua postura frente ao tema. Tal fato incita Pedro a fazer um questionamento (E₈). Como afirma Bakhtin, o enunciado nunca é proferido de maneira isolada de outros, assim, Pedro percebeu que seu argumento anterior (em E₆) não foi suficiente para convencer Renan, então, em consequência do enunciado E₇ não corresponder as suas expectativas, isto é, não despertar no ouvinte a resposta que tinha como intenção ao proferi-lo, Pedro elaborou esta pergunta que acredita ser capaz de fazer Renan repensar sobre a neutralidade da ciência.

A resposta dada ao questionamento parece ser satisfatória, já que Renan assume uma posição na qual a ciência é considerada uma atividade humana e, portanto, que não pode ser isolada de outros fatores. Nos enunciados seguintes (E₁₀ e E₁₁), Pedro e Ana ainda complementam a voz expressa por Renan, veiculando vozes relacionadas à racionalidade bem elaboradas que, conforme se perceberá mais adiante, são apoiadas pelas vozes de Marcos também.

Todavia, a suposição de uma resposta concordante por parte de Renan é refutada no enunciado (E₁₂), no qual ele afirma que os interesses envolvidos nesta atividade humana (ciência) são pertinentes aos homens que a fazem e não propriamente dela, ou seja, a ciência para ele continua sendo um ente descontextualizado e neutro. O processo de embate de vozes continua depois deste

enunciado, de forma que em E₁₈ Marcos reforça as vozes de Ana e Pedro, também não obtendo sucesso.

Em vista disso, a professora da disciplina intervém no debate (E₂₀), avançando um pouco em relação aos posicionamentos feitos por Ana, Pedro e Marcos, tentando mostrar para todos e, principalmente, ao Renan que a ciência está atrelada ao cenário sociocultural no qual se insere, está, portanto, a serviço de algo/alguém. Na sequência, Pedro (E₂₁) e Ana (E₂₂) se pronunciam parecendo ter captado o sentido do enunciado da professora, conforme ela mesma confirma em E₂₃.

Renan, então, constrói seu enunciado E₂₄ a partir da voz da professora, isto é, valendo-se do argumento de que para compreender a ciência é necessário olhar para o contexto sociocultural no qual ela está inserida, ele afirma, então, que em um mesmo cenário o conhecimento científico pode trazer tanto benefícios como malefícios³². A proposição de Renan tem sentido, isto é, ciência pode tanto ter consequências positivas quanto negativas, porém, estas consequências são limitadas pelas práticas sociais, elas ocorrem em função dos interesses daqueles que comandam a atividade científica. Portanto, neste enunciado de Renan não há como ter certeza da voz que está sendo expressa, pois olhando para o contexto das demais enunciações é de se acreditar que, na verdade, ele está tentando sugerir que não é o conhecimento em si responsável pelas consequências, mas sim o uso feito deste (uma voz caracterizada pelo nível 2R).

Inclusive, parece que foi esta interpretação feita por Cleber, conforme pode ser verificado no enunciado E₂₆. Neste enunciado há indicativos de que ele se propõe a complementar as ideias de Renan, concebendo que existem interesses que norteiam a ciência. Contudo, fica claro que desvincula estes interesses do processo de produção do conhecimento, como se a ciência fosse neutra durante sua construção e somente após sua sistematização seria inserida em um dado contexto no qual estivesse sujeita aos mais diversos interesses. Fica evidente o alinhamento das vozes de Cleber e Renan neste momento, já que este último responde ao enunciado de Cleber afirmando que concorda plenamente, sugerindo que houve a captação do significado de seu enunciado.

³² Acredita-se que na parte inaudível do enunciado ele estava se referindo aos malefícios produzidos pela ciência.

A professora logo problematiza estas asserções tentando mostrar como a Revolução Industrial estava diretamente relacionada ao desenvolvimento da Termodinâmica (exemplo dado por Cleber), isto é, como seu desenvolvimento estava relacionado a determinados interesses ditados pelo projeto de sociedade da época. Pedro, na sequência, reafirma a íntima relação existente entre ciência e sociedade.

No enunciado E₃₅ talvez Renan tenha percebido a importância de reconhecer a concepção de sociedade que está aliada à ciência ao invés de se preocupar em rotulá-la como benéfica ou maléfica. Inclusive, o pesquisador afirma que não é o que está sendo almejado com a discussão, tentando resgatar uma possível discussão sobre o modelo linear de desenvolvimento. Na sequência a professora apresenta uma postura de concordância com o pesquisador e complementa o enunciado fazendo uma síntese dos aspectos discutidos ao longo da interação.

Em E₃₉ Pedro traduz estes aspectos discutidos em um exemplo que ilustra situações que ocorrem dentro da instituição, argumentando que os próprios trabalhos desenvolvidos dentro da universidade não são voltados para o bem estar social. Este exemplo incita Renan a levantar um ponto importante na questão do desenvolvimento, como aponta a professora no enunciado seguinte. De maneira breve, Renan demonstra apresentar que já vislumbra o desenvolvimento de uma forma diferente do senso comum, isto é, enquanto o senso comum atrela desenvolvimento a bem estar social, a algo positivo, Renan já o visualiza de uma forma menos direta, mais cautelosa. Por fim, a professora aproveita o surgimento deste tema para propor algumas questões de reflexão.

Este episódio evidencia um aspecto bem positivo na evolução das visões de racionalidade e desenvolvimento. Enquanto na análise do questionário inicial identificava-se a frequente retomada de vozes que consideram a ciência neutra, ao longo desta interação percebeu-se um forte empenho em combater estas vozes. Portanto, mesmo sabendo que é pouco provável que uma visão de racionalidade ingênua tenha sido superada completamente, é nítida uma preocupação dos licenciandos em problematizá-la, de forma que neste processo de problematização verifica-se o surgimento de vozes concordantes, que se apoiam, que se complementam. Isso é um indicativo de que ocorreram avanços significativos naquelas visões iniciais. As interferências sobre a atividade científica passam a fazer parte do discurso dos licenciandos, cita-se a economia, a indústria bélica, a sociedade

de maneira geral. A relação íntima entre a ciência e o cenário sociocultural no qual está inserida emerge na discussão, de forma que os licenciandos passam a vislumbrar a impossibilidade de separar a ciência da sociedade, percebendo que mais importante do que rotular como boa ou má é compreender as práticas sociais que a limitam, os jogos de poder ditados pelo projeto de sociedade.

Até mesmo Renan que é o grande protagonista desta interação parece estar a caminho de compreender melhor a não neutralidade da ciência e as influências que esta sofre, como sugere a finalização da interação. Além disso, o desenvolvimento não é mais diretamente atrelado ao bem estar social, na medida em que uma visão mais crítica já se faz presente no discurso dos licenciandos.

6.2. Análise dos aspectos didático-pedagógicos

Nesta seção do trabalho pretende-se analisar o nível de compreensão que os licenciandos investigados apresentam sobre os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS, tomando como elemento norteador os critérios estabelecidos no capítulo cinco (objetivos educacionais, abordagens, aspectos metodológicos, estrutura curricular e papel do professor).

6.2.1. Análise de interações das aulas

Inicialmente serão analisados alguns episódios interativos selecionados de aulas em que foram desenvolvidas discussões de cunho pedagógico sobre o enfoque CTS. A partir da análise destas interações será possível vislumbrar um pouco do processo dialógico de construção do conhecimento referente aos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS, bem como o entendimento compartilhado pelos alunos sobre estas.

Episódio Interativo 1

Este episódio foi selecionado da aula 24, na qual estavam sendo discutidos alguns aspectos didático-pedagógicos da perspectiva CTS.

- 1 *(E₁) Professora: É que eu fico pensando esse da seleção, né? Eu acho assim que, em*
- 2 *geral, como é que a gente aprendeu a ensinar ou que modelo vocês tiveram de aulas de*
- 3 *Física? Que o problema era do professor, então a gente tem que mudar essa*
- 4 *perspectiva, sempre assim é a minha motivação, a minha intenção, né? O ensino*

5 centrado no professor. Agora como é que a gente faria uma seleção dos conteúdos que
6 tivesse sentido para o aluno?

7 **(E₂)** Lucas: Via interesse do aluno.

8 **(E₃)** Professora: Pois é. Como a gente modificaria essa perspectiva de um ensino
9 centrado no professor para um ensino centrado no aluno, nos seus interesses nos seus
10 problemas?

11 **(E₄)** Ana: Primeiro eu acho que a relação aluno-professor seria mais horizontal, né? Eu
12 acho que o professor teria que participar muito mais, perder o autoritarismo, para ter
13 uma relação melhor com os alunos, porque eu acho que é isso que faz com que tu
14 entenda o mundo deles. Querendo ou não, mesmo que a gente tenha saído do ensino
15 médio há 4 anos, muita coisa já mudou e até a gente vai na aula da professora Magale
16 conversar com os alunos e são ideias novas, são propostas novas, muda muito, primeiro
17 de tudo eu acho que seria essa conversa, esse dialogo aluno-professor.

18 **(E₅)** Renan: Também tem outro problema que eu não tinha reparado ano passado, tipo,
19 tem uma questão de maturidade também, os alunos do primeiro ano eu percebi que eu
20 estou tendo bastante dificuldade ultimamente em fazer eles se concentrarem por causa
21 que eu sempre fui bastante aberto com eles e eles começaram a me exigir isso, que eu
22 tenha mais pulso e seja mais mandão, me cobraram isso, queriam que eu fosse mais
23 mandão por causa que eu deixo muito solto eles. Que eu tento levar mais para eles
24 desenvolver um tema, conversar com eles e eles querem que eu vá lá para o quadro,
25 escreva, escreva, escreva. Chega! Eu quero um monte de coisa escrita no quadro e eu
26 quero resolver exercício.

27 **(E₆)** Pedro: Ninguém gosta de pensar.

28 **(E₇)** Renan: É, eu penso isso, mesmo tu ta querendo ensinar CTS lá, eu acho muito
29 legal por isso que eu falei desde o semestre passado, eu quero muito aplicar na turma,
30 só que é muito complicado, eu dependo muito da vontade dos meus alunos, não é só eu
31 me organizar.

32 **(E₈)** Pesquisador: Tem trabalhos com propostas CTS que conseguem sim fazer com que
33 os alunos participem e, por exemplo, aquela proposta do Projeto Manhattan é incrível tu
34 ver, como eles relatam lá, o interesse dos alunos e como eles acabam dando definições
35 de conhecimentos científicos bem elaboradas.

Neste episódio é vislumbrada uma discussão sobre a seleção de conteúdos em uma abordagem CTS. Inicialmente a professora da disciplina levanta tal questão, propondo uma breve comparação com o ensino tradicional, argumentando que este é muito centrado no professor e sugerindo que é necessária uma mudança em tal formato. Após isso, conclui seu enunciado perguntando à turma como poderia ser feita uma seleção de conteúdos que tivesse sentido para os alunos. Lucas, imediatamente responde a esta, de maneira breve, que é através do interesse dos alunos. No enunciado subsequente, de maneira responsiva, a professora inicia sua fala com “Pois é”, que representa uma sinalização de concordância, mesmo que não seja tão expressiva quanto poderia ser um sim. Depois disso, a professora refaz a pergunta, de maneira diferente e inclui nesta as palavras de Lucas. Esse fato sugere que a professora não encontrou na breve resposta de Lucas o que esperava ouvir e, em

função disso, para levar o discurso adiante refez a pergunta, tentando direcionar a discussão para o não dito. Com isso, a professora consegue suscitar enunciados mais detalhados, como é o caso do enunciado de Ana, que surge como resposta.

Ana, em seu enunciado, responde à pergunta da professora parecendo trazer a voz de um referencial teórico estudado na disciplina, isto é, ao salientar a necessidade de uma relação entre professor e aluno que seja horizontal, parece estar fazendo referência a pressupostos freireanos. No restante do seu enunciado, desenvolve melhor tal ideia, promovendo um diálogo com os enunciados da professora e de Lucas. Por exemplo, nas linhas 10 e 11, há indicativos de que Ana ancora-se no primeiro enunciado da professora, no qual é fornecido um breve comentário sobre o ensino centrado ao professor, isto é, parece que ela faz um contraponto entre “a minha motivação, a minha intenção” (linhas 3 e 4) com “participar muito mais, perder o autoritarismo” (linha 10). Portanto, é possível dizer que Ana apropriou-se da voz da professora sobre o ensino centrado no professor e propôs, com base nesta, uma forma de promover uma mudança nessa formatação.

Já no restante do enunciado, Ana dá indícios de uma concordância com Lucas, exemplificando seu posicionamento com base nas experiências vividas em uma disciplina do curso. Neste sentido, Ana destaca que tal disciplina a ajudou a perceber que os alunos têm sempre muitas ideias e propostas novas, indicando, assim, que para promover uma mudança no ensino centrado no professor é necessário ter um diálogo com os alunos, ou seja, de certa forma, Ana está destacando a necessidade de conversar com os alunos para compreender seus interesses. Interesses que já haviam sido destacados por Lucas.

Por outro lado, Renan dá sequência ao discurso trazendo a voz de experiências vividas como professor, pois este licenciando, apesar de não estar formado, já atua como professor da rede pública de ensino, por meio de um contrato emergencial. Renan enriquece o discurso ao trazer as dificuldades que enfrenta no contexto da sala de aula, todavia, o problema colocado por ele em sua enunciação é decorrente da forma como tomou para si as palavras de Ana, isto é, possivelmente ele compreendeu a partir do enunciado dela que para haver um ensino centrado no aluno é necessário deixar os alunos livres, sem exigências e talvez quase sem aula. Sua problematização continua no enunciado que profere logo depois de Pedro, no qual o tema deixa de ser a seleção de conteúdos, estando direcionado à dificuldade de trabalhar com a

perspectiva CTS. Neste, Renan deixa claro que gostaria de trabalhar uma perspectiva CTS, porém considera uma tarefa complicada, pois compreende que esta depende muito da vontade dos alunos, fato que considera, de acordo com seu enunciado anterior, difícil de conseguir. Após isso, o pesquisador fala que existem trabalhos mostrando o sucesso de algumas propostas.

Portanto, segundo este episódio pode-se dizer que os licenciandos compreendem que a seleção deve ser realizada a partir do interesse dos alunos e que, tal fato, pressupõe uma mudança de postura do professor, que deve estar aberto ao diálogo com os mesmos. Contudo, segundo a discussão, este processo pode ser dificultado em função da falta de maturidade dos alunos e da vontade em discutir e participar.

Episódio Interativo 2

Este episódio foi selecionado da aula 24, na qual estavam sendo discutidos alguns aspectos didático-pedagógicos da perspectiva CTS.

- 1 *(E₁) Professora: Como é que a gente poderia levantar esse problema? Como é que a*
- 2 *gente selecionaria? De um modo muito prático. O que vocês acham?*

- 3 *(E₂) Pesquisador: Eu pensaria em algo semelhante ao que o Freire propôs. Precisa*
- 4 *conversar, debater com os alunos para conhecê-los.*

- 5 *(E₃) Renan: Complicado, eles não querem falar.*

- 6 *(E₄) Professora: Mas talvez se tu, digamos, incita um certo tema, sei lá, estimula. Oh!*
- 7 *Isso aqui. Até o aluno não percebe como um problema, mas o professor tem que fazer*
- 8 *com que ele perceba, também é uma forma, né? Se eles são tão resistentes.*

- 9 *(E₅) Lucas: Eu penso assim, de alguma coisa eles vão falar, não é possível que em 50*
- 10 *alunos todos sejam introvertidos, alguém ali vai falar, sei lá, do vídeo game.*

- 11 *(E₆) Renan: Mas tu tem que estar preparado para o que vier deles? Se eu vou aplicar,*
- 12 *muitas vezes, eu não consigo.*

- 13 *(E₇) Sofia: Mas tu vai direcionar.*

- 14 *(E₈) Ana: Eu estava dando uma aula na Restinga e os alunos não entendiam porque só*
- 15 *a Terra era povoada, eles achavam que todos os planetas do sistema solar eram*
- 16 *povoados. Quando eles descobriam que não, foi um susto e aí perguntaram daonde*
- 17 *surgiu o ser humano? E aí uma das meninas perguntou de onde vem os bebês? Eu*
- 18 *disse: não vou responder. Mas não era esse o sentido da pergunta dela. Aí ela foi*
- 19 *justificando e ela disse, por que na novela das nove tem a mulher que faz os bebês de*
- 20 *proleta. E era esse sentido a pergunta dela, ela trouxe o personagem da Renata Sorrah,*
- 21 *mas de onde nascem os bebês se aquela mulher consegue fazer os nenês no*
- 22 *laboratório. Aí tu entende, sabe? Que é uma coisa que ta envolvida no cotidiano deles,*
- 23 *é a novela, eles assistem novela, eles veem coisas.*

- 24 (E₉) Renan: *Aí que tá, eles já estavam inseridos na discussão e estavam curtindo a*
25 *discussão. O problema é fazer eles quererem entrar na discussão.*
- 26 (E₁₀) Ana: *Mas era uma discussão sobre sistema solar e tu percebeu onde chegou?*
- 27 (E₁₁) Pesquisador: *Mas Renan tu não precisa forçar nada, o tema tem que vir deles de*
28 *preferência, tu pode trabalhar diversos conteúdos de Física a partir de vários temas.*
- 29 (E₁₂) Ana: *Ele veio do nada.*
- 30 (E₁₃) Renan: *É irrelevante preparar material, então?*
- 31 (E₁₄) Professora: *É super relevante tu te preparar muito bem, para fazer isso.*
- 32 (E₁₅) Renan: *Mas se eu tenho que preparar algo que vem deles, como eu vou fazer isso?*
- 33 (E₁₆) Professora: *Vou te dizer por que, primeiro, tu tem que conhecer mais de perto esses*
34 *alunos no sentido de interesses e não necessariamente só na aula, não acha?*
- 35 (E₁₇) Pedro: *Não tão humanista, mas.*
- 36 (E₁₈) Professora: *Mas um pouco mais... (inaudível) as famílias, sei lá, uma coisa muito*
37 *mais próxima. E aí de algum jeito encontrar uma... (inaudível). Inclusive para tu saber...*
38 *(inaudível) que tu nunca ouviu falar e aí tu vai ficar com uma cara estranha. Um trabalho*
39 *desses é uma imersão na vida dos alunos.*
- 40 (E₁₉) Pedro: *O problema é tu saber de antemão, não tem como saber.*
- 41 (E₂₀) Ana: *Mas até se ele trouxer, tu pode deixar essa discussão para outra aula.*
- 42 (E₂₁) Professora: *Ah vou ter que dar uma explicação sobre origem da vida não sou*
43 *bióloga, não sei, não, mas daí não vou perder essa pergunta, eu poderia levar para*
44 *origem do universo.*
- 45 (E₂₂) Ana: *É, mas aí não levei.*
- 46 (E₂₃) Professora: *Aí vou falar com a bióloga ela vem na aula de Física e olha como vai*
47 *ficar muito mais interessante.*

Neste episódio interativo extraído da aula 24 é retomada a questão da seleção do problema social e, ao longo desta discussão, emergem outros aspectos pedagógicos que dizem respeito aos desafios de implementação de uma abordagem CTS, ao papel do professor e relevância dos temas.

A professora retoma a questão do problema social, perguntando uma maneira prática de fazer o levantamento de um possível tema a ser trabalhado em sala de aula. Em seguida, o pesquisador forneceu uma resposta aproximada ao que foi discutido no episódio interativo anterior, propondo que o tema seja levantado a partir de um debate com os alunos.

Renan, outra vez, assume uma postura responsiva de oposição, argumentando que promover uma discussão com os alunos é complicado, pois estes não querem falar. Novamente, o licenciando traz essa colocação baseado na realidade que ele

conhece como professor, isto é, baseado no contexto específico de sua escola. É interessante notar que as dificuldades apontadas por Renan conduzem a discussão ao longo desse episódio, de forma que esta se estrutura em contraposições dialógicas entre ele e os demais colegas, que tentam, para cada dificuldade apontada, indicar caminhos para contorná-las. Isso pode indicar que, em teoria, os licenciandos envolvidos na discussão compreendem estes aspectos pedagógicos discutidos e, distantes do cotidiano escolar, não se mostram resistentes à perspectiva.

No enunciado E₄, a professora tenta indicar como poderia ser feito este diálogo que Renan considera difícil, mostrando um dos possíveis papéis que o professor pode desempenhar, isto é, o de estimular/conduzir discussões em sala de aula. Na sequência, Lucas complementa o enunciado da professora, apresentando um posicionamento contrário ao exposto por Renan, afirmando que é impossível que em uma sala de aula com tantos alunos não surja nenhum elemento que indique uma possível frente de trabalho para o professor naquele dado contexto.

Dando continuidade à discussão, Renan, no enunciado E₆, sustenta o embate de vozes, mantendo, indiretamente, sua posição de resistência ao desenvolvimento de diálogo com os alunos. A palavra “mas” (linha 11) no início do seu enunciado pode estar indicando tanto um sentido de oposição (aos argumentos da professora e do Lucas), proposto com o questionamento, quanto de restrição, isto é, ele está supondo, mas não necessariamente aceitando, que, no caso de propor uma discussão e, a partir desta, ocorrer o surgimento de algum tema possível de ser trabalhado, ainda assim não seria viável.

Sofia e Ana respondem ao questionamento de Renan de maneiras diferentes. Sofia (E₇) traz para seu discurso a voz da professora (E₄), destacando o papel do professor em sala de aula. Já Ana (E₈) tenta auxiliar Renan no entendimento de sua dúvida por meio de um exemplo, exprimindo em seu enunciado uma voz oriunda da experiência. Ela expõe em sua fala, a partir de uma situação que vivenciou, como é possível conduzir uma discussão e perceber temas que podem ser trabalhados com os alunos, destacando a relação do surgimento destes temas com o cotidiano dos mesmos. Mesmo assim, os argumentos de Ana e Sofia parecem não convencer Renan sobre a viabilidade de promover discussões, de estimular os alunos a participar delas e de selecionar temas que interessem aos alunos. Inclusive, o pesquisador complementa, reforçando a importância do tema a ser trabalhado partir dos alunos.

Todos estes argumentos apresentados para Renan o levam a propor que é desnecessário preparar o material de instrução, uma ideia equivocada que a professora trata de problematizar, além de sugerir que as aulas sejam, na medida do possível, mais interdisciplinares.

Episódio Interativo 3

Este episódio foi selecionado da aula 24, na qual estavam sendo discutidos alguns aspectos didático-pedagógicos da perspectiva CTS.

1 *(E₁) Lucas: Eu penso assim, primeiro que não é fácil até porque segundo o ensino*
 2 *tradicional a gente não tem aquelas coisas que Paulo Freire falava, não tem um tempo*
 3 *anterior, aquela equipe toda, né? Os antropólogos. Não é assim, então eu penso assim,*
 4 *realmente o camarada para colocar isso em prática, ele vai ter que ter vivência, vai ter*
 5 *que ter um tempo.*

6 *(E₂) Professora: Vai ter que ter um tempo.*

7 *(E₃) Lucas: No início com certeza ele não vai usar na plenitude, eu acho, que os*
 8 *conceitos, vai ser difícil, até porque ele não teve um tempo com o aluno para conhecer*
 9 *esse aluno e realmente entrar no mundo dele, ele vai ter que esperar as discussões se*
 10 *desenvolverem realmente. E dentro desse discurso que eu pergunto do currículo,*
 11 *Pesquisador, porque realmente vai ter dias que de repente a discussão ela não vai para*
 12 *o lado que tu quer e o camarada não chega ainda, a gente ta tentando atender ao*
 13 *interesse dos alunos e não se chega ainda na aula planejada, no tema da aula planejada,*
 14 *mas ta indo ta voltando, tu ta tentando direcionar para o rumo certo e talvez em um*
 15 *período não de certo, no próximo período talvez você consiga chegar. Então a questão*
 16 *do currículo ela tem que ser muito bem gerenciada e eu acho que realmente ela não*
 17 *deva ser uma peça muito importante, talvez se deva ter temas essenciais que se deva*
 18 *priorizar, mas esse currículo tradicional... (inaudível).*

19 *(E₄) Professora: Ah, claro que não, isso é muito claro.*

20 *(E₅) Pesquisador: Mas em momento algum a gente está dizendo que deve seguir o*
 21 *currículo, tem que selecionar.*

22 *(E₆) Lucas: E diminuir.*

23 *(E₇) Professora: E diminuir.*

24 *(E₈) Lucas: Diminuir, porque demora um tempo.*

25 *(E₉) Renan: A própria sistemática de organização dos períodos tem que mudar, porque*
 26 *isso é uma coisa que não dá para fazer, trazer o professor de Biologia para aula a não*
 27 *ser que seja na aula dele.*

Inicialmente Lucas expressa um posicionamento referente às questões levantadas nos episódios discursivos anteriores, de forma que parece estar fazendo uma síntese do que já foi discutido. Na construção desta síntese é possível perceber

que Lucas tomou para si a palavra dos seus colegas, já que em seu enunciado verifica-se a presença das vozes de Renan, da Ana, da professora e do pesquisador. Após comparar o ensino tradicional com a forma de seleção de temas que ele entende ser a proposta por Freire e salientar a dificuldade que percebe no processo de seleção, conclui seu enunciado afirmando que é necessário tempo para colocar isso em prática. A professora responde para Lucas de maneira afirmativa e este, por sua vez, dá continuidade às ideias apresentadas no enunciado E₁.

No enunciado E₃, Lucas expressa a palavra “conceitos”, referindo-se ao conteúdo de Física, fato que ainda não havia sido levantado nas discussões anteriores. Sua enunciação tem como tema o currículo, mais especificamente, o licenciando argumenta que deve haver uma flexibilização do mesmo, de forma que este não deva ser “varrido” totalmente. Percebe-se que essa questão curricular é proposta por ele a partir de outras questões previamente abordadas pelos colegas: se o professor deve propor discussões com os alunos e, a partir destas, selecionar um tema a ser trabalhado (episódio interativo 2), é necessário repensar o currículo, pois este é um processo que exige um tempo e, assim, inviabiliza seguir o currículo na sua plenitude.

Por fim, a interação tem continuidade com enunciações da professora e do pesquisador concordando com a proposição de Lucas, de selecionar conteúdos de Física a serem trabalhados. Em E₉, Renan avança um pouco mais, afirmando que além de mudanças curriculares é necessário modificar também a organização dos períodos.

Portanto, pode-se dizer que neste enunciado há uma reafirmação do papel do professor de promover discussões em sala de aula e que a seleção dos problemas sociais a serem trabalhados seja feita a partir dessas. Além disso, e, pelo que afirma Lucas, em função desta seleção de temas, há necessidade de limitar a quantidade de conteúdos trabalhados. Portanto, ao longo das discussões promovidas nestes três episódios interativos os licenciandos construíram dialogicamente a percepção de que trabalhar com uma perspectiva CTS exige mudanças curriculares e também, de acordo com Renan, mudanças organizacionais que precisam ser pensadas. A percepção de que trabalhar com CTS e promover a seleção de temas não requer apenas uma mudança metodológica, mas, além disso, mudanças curriculares é um aspecto bastante positivo que emergiu neste episódio interativo, pois como apontam

Muenchen e Auler (2007), dificilmente os professores percebem esta necessidade, possivelmente pelo enraizamento da concepção tecnicista de currículo.

O entendimento destes aspectos levantados no episódio interativo 3, bem como nos dois anteriores, sobre o papel do professor, sobre a seleção, abrangência, relevância e surgimento de temas, sobre as mudanças curriculares e sobre as dificuldades de implementação de propostas CTS será aprofundado na análise das unidades didáticas, quando há possibilidade de surgirem novamente.

Episódio Interativo 4

Este episódio foi selecionado da aula 25, na qual foram apresentadas pelos alunos propostas didáticas desenvolvidas em sala de aula com a temática CTS. Estas propostas foram relatadas em artigos fornecidos aos alunos para que lessem e apresentassem para os demais colegas. O trecho aqui selecionado é referente ao momento posterior à apresentação do aluno Mário sobre a proposta descrita no artigo “Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental”, no qual foi promovida uma discussão sobre alguns aspectos da abordagem CTS ilustrados no artigo.

- 1 *(E₁) Pesquisador: Que aspectos de CTS vocês enxergam aí?*
- 2 *(E₂) Ana: Bom eu acho que aí parece que tudo, ao mesmo tempo que ela faz eles*
3 *trabalharem com a ciência ela fez eles providenciarem o que isso traria economicamente*
4 *para o país.*
- 5 *(E₃) Cesar: Socialmente.*
- 6 *(E₄) Ana: Socialmente.*
- 7 *(E₅) Renan: Tu começa com um problema social que é o fato de acabar com essa guerra,*
8 *ai tu vem com uma aplicação tecnológica para isso, desenvolve a teoria científica que tu*
9 *construiu essa tecnologia, começa a discussão social sobre as consequências da*
10 *construção dessa tecnologia e chega a conclusão que aquela construção é aplicação*
11 *dessa tecnologia, não sei se a partir desse ponto se ela volta discutir também a questão*
12 *sobre os resultados de Hiroshima e Nagasaki, provavelmente.... (inaudível).*
- 13 *(E₆) Professora: É interessante para discutir a questão da ética.*
- 14 *(E₇) Mário: Ela abre para eles discutirem de novo.*
- 15 *(E₈) Renan: Então mostra a relação da ciência com a sociedade, da tecnologia*
16 *com a sociedade e da tecnologia com a ciência.*
- 17 *(E₉) Marcos: Eu acho que um pouco interessante é abordar isso, tipo, políticos e*
18 *governos influenciam muito na ciência e na tecnologia e a própria ciência não é neutra,*
19 *acho que isso seria muito interessante de eles terem notado.*
- 20 *(E₁₀) Ana: Acho que eles notaram.*

- 21 (E₁₁) Pedro: Notaram depois né, que fizeram a cagada.
- 22 (E₁₂) Mário: Notaram depois que estava tudo feito.
- 23 (E₁₃) Pedro: Poh! A gente matou um monte de pessoas de novo.
- 24 (E₁₄) Pesquisador: Essa proposta, então, ela traz questões de tomada de decisão, de
25 responsabilidade, incluindo valores.
- 26 (E₁₅) Professora: Não, mas claro eles estão nos aspectos.
- 27 (E₁₆) Lucas: Ta, mas a questão dos valores, o Mário descreve bastante. Os jornalistas
28 controlam essas atitudes e os alunos a colocarem em pratica essas atitudes, que valores
29 estão sendo trabalhados?
- 30 (E₁₇) Renan: Isso é interessante.
- 31 (E₁₈) Mário: Inclusive alguns deles falam depois sobre essa questão dos jornalistas,
32 interessante que no início os jornalistas manipulavam as coisas para conseguir as
33 informações e depois, de forma natural, os cientistas também começaram a manipular
34 as informações, liberando informações que achavam interessantes. Isso parece um
35 pouco real, né?
- 36 (E₁₉) Pesquisador: Será que os cientistas são neutros? Por que que eles estavam
37 manipulando as informações? E outra, os jornalistas mentiam, não só roubavam
38 informações, mas passavam informações erradas também.
- 39 (E₂₀) Mário: Sim.
- 40 (E₂₁) Professora: Sim... (inaudível), jornalista é quase antiético. A ética é uma questão
41 que paira sobre todas as... (inaudível).
- 42 (E₂₂) Renan: Seria importante trabalhar essa questão das atitudes dos jornalistas a gente
43 não pode incentivar essa prática.
- 44 (E₂₃) Marcos: Mas é um caso real.
- 45 (E₂₄) Renan: Mas deveria ser discutido depois. É um caso real, mas a gente tem que
46 evitar que as práticas continuem ocorrendo.
- 47 (E₂₅) Mário: No final ela vai discutir isso, alguns valores da ética. Alguns alunos vão
48 questionar no fim. Os que fizeram, disseram que não deveriam ter feito, que foi errado.
49 Aqueles que não viram e depois souberem condenaram também, então ela discutiu um
50 pouco sobre valores e ética.
- 51 (E₂₆) Ana: E até pra eles se darem conta que nem tudo que a mídia fala é verdade,
52 porque se eles mentiram a mídia... (inaudível).
- 53 (E₂₇) Mário: Até tem um dos alunos que citou isso, que nem tudo que ele ouve ele pode
54 acreditar, porque os jornalistas mentem bastante.
- 55 (E₂₈) Ana: Eu acho que isso é bem importante em questão de ciência porque a mídia
56 fala, né? Eu lembro de uma fala de uma professora do grupo focal que ela disse todo
57 mundo é Doutor em educação quando dá algum problema, né? Os jornalistas sabem
58 mais do que os professores quando dá um problema ou qualquer coisa assim. Então, eu
59 acho que é bem mau isso, todo mundo começa a falar um monte de coisa, escrever um
60 monte de coisa e sai do controle.

Após a apresentação de Mário, o pesquisador pergunta aos demais licenciandos que aspectos da perspectiva eles conseguem visualizar no

desenvolvimento desta proposta. Ana é a primeira a responder, afirmando que aparece tudo de CTS na proposta descrita, porém, ao explicar melhor sua opinião percebe-se que na verdade este “tudo” para ela significa trabalhar tanto com ciência quanto com as implicações desta. Portanto, como fica evidente no enunciado, Ana demonstra entender que o ensino CTS deve trabalhar com ciência (talvez no sentido de conteúdo científico) e também as implicações da ciência na sociedade.

Em E₅, o aspecto CTS destacado por Renan é a sequência utilizada na proposta que, inclusive, ele tenta descrever trazendo para o seu discurso uma voz alinhada à de Aikenhead (1994b), pois acaba expondo uma sequência muito parecida com aquela sugerida por ele (apresentada na seção 2.2.3). A sequência atribuída por Renan à implementação descrita no artigo inicia com um tópico da sociedade, depois vai para a ênfase tecnológica, fundamentação e retorna para o tópico da sociedade. Assim, Renan acaba identificando (E₈), que esta proposta apresenta relações da ciência com a sociedade (indo ao encontro da voz de Ana), da tecnologia com a sociedade e da ciência com a tecnologia.

Marcos concorda com Renan, mas parece sugerir que além de mostrar as influências sobre a ciência e a tecnologia é necessário também destacar alguns personagens chave nestas relações, citando os políticos. Pode-se afirmar que os licenciandos apresentam um nível de compreensão em que já conseguem identificar características centrais do enfoque CTS e, inclusive, sugerir elementos que não identificam a partir do relato da proposta, mas consideram pertinentes. Além disso, neste enunciado, Marcos resgata as discussões sobre a natureza da ciência promovidas nas aulas anteriores, evidenciando que vislumbra a necessidade do ensino CTS combater visões de ciência reduzidas. Quando ele afirma que “seria muito interessante eles terem notado isso” (linha 20), ou seja, que os alunos tivessem notado que a ciência não é neutra, mas influenciada por agentes externos, percebe-se um comprometimento com uma visão sobre o enfoque CTS na qual se assume como objetivo o desenvolvimento de questionamentos, isto é, mais do que uma simples contextualização cotidiana. Além disso, este enunciado revela-se interessante sob o ponto de vista da compreensão de Marcos sobre as inter-relações CTS, pois quando salienta a importância de mostrar aos alunos que a ciência e a tecnologia sofrem influências externas, significa que ele assim compreende. Também, nos enunciados subsequentes, quando Ana, Pedro e Mário dizem que os alunos notaram as

proposições levantadas por Marcos, é possível dizer que se alinham à visão expressa por ele: (1) que a ciência e a tecnologia sofrem influências externas; (2) que é importante desenvolvê-las com os alunos.

Vislumbra-se também nesta interação a preocupação com o desenvolvimento de valores em um ensino pautado pela perspectiva CTS. Em E₁₄ o pesquisador cita brevemente a questão de valores, incitando Lucas a questionar que valores estariam sendo trabalhados com os alunos. No enunciado de Lucas percebe-se uma preocupação com o tipo de valores que estão sendo transmitidos no desenvolvimento da proposta em questão. Baseado no relato de Mário sobre a proposta, cuja implementação envolveu um grande jogo de papéis e um dos papéis envolvidos era o de jornalista, Lucas preocupa-se com a questão dos valores pelo fato de os alunos, ao incorporarem este papel, não assumirem um compromisso ético. Na sequência Mario responde dialogicamente reafirmando esse acontecimento, contudo, desta que representa a realidade. De fato, quando se propõe um jogo deste tipo, espera-se que o aluno vista o papel atribuído/escolhido e o desempenhe da melhor maneira possível sem fugir das características pertinentes a ele.

Os enunciados subseqüentes não indicam uma contestação quanto ao fato de os alunos desempenharem o papel como ele é na realidade, mas são feitas importantes ressalvas sobre a necessidade de propor uma discussão sobre estas atitudes assumidas com os respectivos papéis, ou seja, estão propondo que haja uma conscientização a partir da discussão de princípios éticos.

Ainda, mais ao final, Ana (E₂₆ e E₂₈) destaca a importância desses papéis em proporcionar aos alunos que participam do jogo um olhar mais atento, mais crítico para as informações externas, já que são comuns as manipulações por parte da mídia.

Assim sendo, este episódio interativo evidencia um processo de compreensão sobre os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS promissor por parte dos licenciandos. Embora não permita afirmar categoricamente que há uma compreensão profunda e articulada destes, percebe-se no decorrer da interação o surgimento de elementos bastante positivos para a composição de uma compreensão satisfatória. Contempla-se o enfoque CTS como um ensino preocupado com a aprendizagem de conceitos científicos, mas também das relações entre esses conteúdos com a tecnologia e com aspectos sociais. Um ensino preocupado em problematizar a concepção de ciência neutra e de propiciar questionamentos sobre as interferências

que esta sofre e sobre os personagens do cenário sociocultural que estão envolvidos nas ações influenciadoras. Aliado a isso tudo, se observa a preocupação em promover o desenvolvimento de valores pautados por princípios éticos. Portanto, percebe-se que dessa discussão emerge a concepção de uma abordagem que não aborda apenas as influências CTS (abordagem 1), mas também o exame de visões mais amplas de ciência, de tecnologia e de sociedade, focadas prioritariamente em questões sociais (abordagem 2).

Episódio Interativo 5

Este episódio foi selecionado da aula 27 e é referente ao momento que estava sendo apresentada uma proposta CTS elaborada pelos alunos (neste caso Pedro, Marcos e Cleber) que tivesse como estratégia didática a experimentação.

1 *(E₁) Pedro: Nossa proposta ela é sobre conservação de alimentos, que pensando lá*
 2 *sobre o que que a gente ia fazer sobre proposta, nas ultimas aulas da Magale, a gente*
 3 *tava falando sobre calor específico, transformações, conceito de calor, energia,*
 4 *transferência de energia, daí eu imaginei, a gente imaginou fazer isso voltado para uma*
 5 *perspectiva da conservação de alimentos que é um problema bastante grande que a*
 6 *gente vai encontrar daqui uns anos, a distribuição e a conservação dos alimentos,*
 7 *porque eles são bastante restritos a algumas áreas do planeta e algumas outras não*
 8 *tem alimentos. Então não é que a gente produza pouco, a gente tem uma produção*
 9 *compatível com a população da Terra, mas não tem a distribuição relevante ou mesmo*
 10 *a gente perde muito alimento por causa da falta de conservação ou formas de*
 11 *conservação. Apodrece muita coisa, a gente tem um desperdício muito grande pelo*
 12 *processo de transporte de alimentos e tudo mais. Então, a nossa proposta leva em conta*
 13 *como se conservar melhor os alimentos, então como nosso trabalho é sobre*
 14 *experimentação, o que que a gente imaginou? Fazer um laboratório, trazendo diferentes*
 15 *tipos de potes, potes de metal, potes de plástico, potes de vidro e ver qual desses potes*
 16 *conserva melhor o alimento, qual deles conserva melhor o calor, qual deles tem menos*
 17 *transferência de energia, essa seria nossa proposta visando o quê? Trabalhar alguns*
 18 *conceitos como calor, transferência de calor, transferência de energia, energia interna,*
 19 *calor específico. Certo? E dentro desse laboratório questionar isso, quais são os fatores*
 20 *que leva em conta, na hora desse, tipo, dizer que um vasilhame é melhor que o outro,*
 21 *questões do tipo, se a massa influenciaria, se o tipo de material que o vasilhame é*
 22 *composto influencia, visando mais ou menos esse tipo de coisa. Depois dessa aula,*
 23 *antes de fazer a aula de laboratório, depois dessa aula de laboratório trabalhar esses*
 24 *conceitos, depois para uma outra aula, uma aula voltada para seminários, falar sobre*
 25 *diferentes tipos de conservação de alimentos. Abre as páginas aí Marcos*

26 *(E₂) Marcos: Ta eu vou abrir.*

27 *(E₃) Pedro: Nessas páginas aqui, era só um material a mais para mostrar para vocês.*
 28 *Nessas páginas eles trazem diferentes tipos de conservação de alimento, formas de tu*
 29 *conservar alimento. Então, eu botei aqui conservação pelo calor, conservação pelo frio*
 30 *e conservação por irradiação. Por calor a gente... (inaudível), são mais ou menos três*
 31 *formas de conservação por calor. Ali ele fala sobre pasteurização, torrar os alimentos,*
 32 *esse tipo de coisa. No frio, congelamento, ele traz uma tabela sobre o tempo que dura*
 33 *um alimento congelado e tudo mais e, dentro de cada uma dessas páginas, se vocês*
 34 *quiserem eu passo para vocês, ele traz como funciona cada um desses processos pelo*

- 35 *calor e pelo frio e o que eu acho que é mais interessante para nós aqui que seria um*
36 *pouco diferente...*
- 37 **(E₄)** *Pedro: Esse aí acho que é o mais diferente para nós, que eles usam radiação*
38 *ionizante para.*
- 39 **(E₅)** *Marcos: Secar os alimentos.*
- 40 **(E₆)** *Pedro: Para matar bactérias. E daí acho que seria o mais interessante para nós e*
41 *daí depois dessa aula experimental, trabalhando com esses conceitos de calor e*
42 *diferença de energia.*
- 43 **(E₇)** *Professora: Podia até trazer alguma coisa de Física Moderna.*
- 44 **(E₈)** *Pedro: É, exato, essa é a intenção, por isso que os seminários visam esse*
45 *contraponto na forma de conservação de alimento, tem mais de um jeito, tem um jeito*
46 *trazendo a física moderna que esse eu acho que é o mais diferente para nós, o processo*
47 *é bem complicado de fazer.*
- 48 **(E₉)** *Lucas: Mas é bastante usado.*
- 49 **(E₁₀)** *Pedro: É. A proteção que tu tem na empresa que trabalha com conservação por*
50 *radiação é absurdo.*
- 51 **(E₁₁)** *Marcos: E gera efeitos isso também... (inaudível), alimentos conservados por*
52 *radiação... (inaudível).*
- 53 **(E₁₂)** *Pedro: Tem sete empresas ou oito no Brasil que trabalham com isso, é absurdo o*
54 *tamanho. Assim, porque elas têm que ter uma profundidade muito grande, tem que ser*
55 *bastante profundos, porque como no Brasil o concreto é barato é a forma mais simples*
56 *de tu bloquear a radiação, então tu cava poços gigantescos, onde tu tem uma sala de 4*
57 *ou 5 metros quadrados onde tu deixa os alimentos e o resto tudo desse buraco*
58 *gigantesco é só concreto pra bloquear a radiação. Então o processo de segurança desse*
59 *tipo de empresa é absurda. E as outras formas são mais convencionais para nós, a*
60 *pasteurização é do nosso leite que a gente toma todo dia.*
- 61 **(E₁₃)** *Marcos: O próprio congelamento também.*
- 62 **(E₁₄)** *Pedro: A gente faz em casa põe no freezer para durar mais.*
- 63 **(E₁₅)** *Lucas: Já mostraram na televisão essa parte de radiação, o que que tem, até no*
64 *Faustão lá, esse discurso... (inaudível).*
- 65 **(E₁₆)** *Pedro: Meu chefe, numa palestra que ele deu, ele trouxe um saco de feijão, um*
66 *saco de banana, um saco de arroz e uma fonte radioativa. Daí pegou o detector, não*
67 *mostrou que era feijão e tal, deixou num envelope pardo, daí ele mediu um por um os*
68 *envelopes, daí ele disse assim: o que que vocês acham que tem aí? Daí eles: Ahh, deve*
69 *ter uma fonte radioativa, daí ele abriu o primeiro tava fonte radioativa, daí ele abriu os*
70 *outros, a medida mais alta era o feijão. Todos os alimentos tinham uma taxa de radiação*
71 *maior que a fonte radioativa, aí ele abriu assim, quando ele abriu as pessoas viram que*
72 *era feijão, eles: como assim? Tem radiação na nossa comida? Mas isso não é só na*
73 *comida, tem no processo de fabricação de automóvel também tanto que na Rússia*
74 *quando teve o negócio de Fukushima eles mandaram de volta carros pro Japão, porque*
75 *eles tinham muito...(inaudível). Só, deu.*
- 76 **(E₁₇)** *Pesquisador: Só um pouquinho, por que que essa proposta pode ser considerada*
77 *CTS?*
- 78 *Risos*
- 79 **(E₁₈)** *Pesquisador: Que aspectos vocês querem trabalhar?*

80 *(E₁₉) Cleber: Qual a forma, por exemplo, mais eficiente de tu armazenar um alimento ou*
 81 *o que que gera, por exemplo, será que vale a pena tu conservar por radiação pensando*
 82 *na estrutura que tu tem que construir para fazer isso. Ou por exemplo, os mercados,*
 83 *como é que os mercados conservam o alimento? Todos os dias os mercados botam*
 84 *quilos de alimentos fora.*

85 *(E₂₀) Pedro: Inaudível... qual o tipo de vasilha melhor para ti guardar a comida, formas*
 86 *de tu ver...(inaudível), mas tem tabela de quanto um alimento dura congelado será que*
 87 *é a melhor forma de tu preservar um alimento? Mas a construção toda, não só a proposta*
 88 *da experiência é mais focada no sentido de trabalhar os conceitos mais todo o contexto.*

Embora este episódio seja marcado mais pela apresentação feita pelo grupo de licenciandos (sem muita interação com os demais) do que uma discussão propriamente, ele evidencia como os estudantes visualizam uma proposta CTS para a sala de aula. Havia a exigência de propor uma aula que contemplasse a estratégia da experimentação com o enfoque CTS. Entende-se que é uma articulação complicada de ser elaborada por estudantes que ainda estão em processo de compreensão sobre assunto, mas mostrou-se bastante relevante para o entendimento de mais alguns aspectos.

Pela apresentação feita percebe-se que eles preocupam-se em apresentar um problema para guiar a aula (conservação dos alimentos), porém não há evidências de uma problematização mais aprofundada sobre este problema, ficando restrito a um contexto limitado, de aplicação cotidiana e prática. A proposta deles é mostrar a importância de pensar na conservação dos alimentos e quais as formas que podem ser utilizadas, desenvolvendo conceitos de Física em aulas teóricas e experimentais. Não parece haver uma clara abordagem das inter-relações entre a ciência com a tecnologia e a sociedade.

Quando foram questionados sobre os motivos pelos quais entendem que esta proposta pode ser considerada vinculada ao enfoque CTS, Cleber (E₁₉) e Pedro (E₂₀) demonstram associar este enfoque a um ensino que visa propor uma contextualização. Indicando que além de trabalhar os conteúdos de Física a perspectiva empenha-se em mostrar uma aplicação direta destes conteúdos no cotidiano dos alunos, relacionando com aspectos mais amplos como o desperdício de alimentos nos mercados em função da conservação.

Este entendimento sobre a aplicação do enfoque CTS na sala de aula pode ser observado, em parte, nos enunciados em resposta à pergunta onze do questionário inicial. Voltando para o questionário inicial, o grupo que afirmou não ter tido nenhum contato com a perspectiva previamente, de maneira geral, imaginou que fosse um

ensino focado essencialmente no cotidiano e motivacional, no qual a tecnologia seria utilizada como ponto de partida para o estudo dos conceitos físicos. Ou ainda, com relação à tecnologia, um ensino preocupado com os princípios de funcionamento destas, ou seja, a Física que permita compreender a tecnologia. Contudo, dentro deste grupo, mesmo que em menor proporção, há ainda a proposição de que o enfoque envolve tanto o conteúdos de Física como a tecnologia, porém, estes devam ser utilizados para compreender um determinado tema de estudo e as implicações na sociedade, como é o caso de Sofia.

Já o grupo que alega ter tido contato com a perspectiva também propõem um ensino focado no cotidiano e motivacional, porém destacam muito mais a necessidade de relacionar a ciência e a tecnologia com a sociedade do que o outro grupo, mesmo que de forma pouco elaborada.

A análise das unidades didáticas permitirá um aprofundamento de como os sujeitos de pesquisa visualizam a utilização do enfoque CTS no ensino de Física.

6.2.2. Análise das unidades didáticas

Nesta parte final da análise espera-se aprofundar a compreensão dos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS expressa pelos alunos. Além de entender melhor tal compreensão sobre estes aspectos em um momento final, espera-se vislumbrar como esta se materializa nas propostas didáticas construídas pelos licenciandos. As cinco unidades didáticas que serão analisadas podem ser consultadas integralmente nos anexos G, H, I, J e K.

Unidade Didática 1

Título: Uma proposta de dinâmica CTS embasada na questão da construção da usina hidrelétrica de Belo Monte

Autoras: Júlia e Sofia.

Essa unidade didática foi pensada para ser aplicada no nono ano do ensino fundamental e é centrada em torno de um jogo no qual alunos fictícios devem escolher se a usina de Belo Monte deve ou não ser construída. A proposta está estruturada em 14 períodos distribuídos ao longo de 7 aulas e não há o delineamento do contexto sociocultural em que viria a ser implementada.

Inicialmente as autoras destacam como objetivo geral para a unidade proporcionar que os alunos adquiram uma visão ampliada sobre a situação que envolve a construção da usina de Belo Monte e desenvolvam o pensamento crítico e a capacidade se posicionar frente a este tema. Além disso, esperam que os alunos compreendam também conceitos de Física relacionados à geração de energia.

Ao longo da unidade foi possível observar o compromisso com o desenvolvimento desses objetivos e também se verificou o propósito de fornecer uma visão mais ampla de tecnologia, isto é, uma visão que vai além de mencionar simplesmente os aspectos técnicos. A aula 3 é um exemplo disso, pois fica evidente que não há a intenção de estudar as usinas apenas sob o ponto de vista de seu funcionamento, mas também sob o ponto de vista dos aspectos organizacionais e culturais, tais como: planejamento da usina, fatores econômicos envolvidos na construção, interesses de diferentes grupos (índios, governo, artistas...) e o código de ética que está por trás dessa situação.

Dessa forma, é possível dizer que os objetivos que caracterizam a proposta CTS são o desenvolvimento de percepções e o desenvolvimento de questionamentos, pois ela prima pela compreensão de conceitos de Física, relacionando-os com o cotidiano, e pelo desenvolvimento de posturas críticas e de tomada de decisão frente a um problema atual.

Para desenvolver estes propósitos, a unidade didática parece adotar em diferentes níveis de profundidade três abordagens: (i) influências CTS; (ii) relações com questões sociais; e (iii) tomada de decisão e resolução de problemas.

A proposta tem como eixo principal um problema relacionado à construção da usina de Belo Monte, o qual foi posto aos estudantes para que compreendessem a situação e fundamentassem posicionamentos necessários para decidir se a construção da usina deve ou não ser efetuada. Dessa forma, observa-se que as autoras guiam a unidade a partir de questões sociais (a mudança nas atividades econômicas, desapropriações, aumento da prostituição), éticas (a violação dos direitos humanos), ambientais (mudança no curso dos rios, morte de espécies daquele ecossistema) e até mesmo culturais (interferência no espaço indígena) envolvidas na construção da usina. Tais questões permitem amplificar o entendimento das relações CTS abordadas e conduzem a proposta no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão.

Quanto às relações CTS que subsidiam as aulas, embora não sejam contempladas as seis influências possíveis, a unidade evidencia, por exemplo: as mudanças de circulação terrestre e fluvial provocadas pela construção da usina (influência da tecnologia sobre a sociedade); o surgimento de movimentos contrários e favoráveis à construção da usina, formados por diferentes representantes da sociedade, como grupos indígenas, organizações não governamentais, artistas, grupos de cientistas (influência da sociedade sobre a tecnologia); o uso de conhecimentos teóricos de energia e suas transformações como fundamentais para a produção de geradores e da própria usina como um todo (influência da ciência sobre a tecnologia); estudos científicos sobre emissão de gases, eficiência e custos em relação a outras formas de energia servindo de base para a construção de argumentos favoráveis por membros da sociedade (influência da ciência sobre a sociedade).

O conteúdo da proposta é bastante abrangente, sendo constituído por conteúdos de ciência (energia - tipos e transformações, potência, etc.), aspectos tecnológicos (usinas hidrelétricas, funcionamento, planejamento, fatores econômicos e éticos), questões sociais (já mencionadas) e por relações entre a ciência e tecnologia, ciência e sociedade e tecnologia e sociedade. A abrangência desse tema é local e sua relevância não pode ser avaliada em função da falta de informações sobre o contexto sociocultural de implementação da proposta.

A unidade inicia apresentando um conjunto de questões sociais com sua respectiva problematização, trabalhando, em seguida, conceitos de física que irão subsidiar discussões mais esclarecidas e a decisão que os alunos devem tomar ao fim da proposta. Posteriormente, a tecnologia relacionada ao problema (usina hidrelétrica) é estudada em seus três aspectos (técnico, organizacional e cultural), permitindo o entendimento do problema proposto não apenas com relação à ciência (aprimorado em função dos conceitos), mas também com relação à tecnologia. Por fim, nas últimas aulas programadas para a unidade é possível observar um retorno ao problema social, com entendimentos mais amplos, ancorados nos conhecimentos científicos e tecnológicos adquiridos previamente e desenvolvidos por meio de explicações e debates. Além disso, nessa etapa final há o compromisso com o desenvolvimento de propósitos cívicos, isto é, as autoras propõem que os alunos, após debaterem e compreenderem de maneira “ampla” o problema, simulem a tomada de decisão sobre a construção da usina. Portanto, a sequência adotada é:

tópicos da sociedade – fundamentação – ênfase tecnológica – tópicos da sociedade – propósitos cívicos.

Debates e discussões constituem as principais estratégias utilizadas na unidade e, de maneira menos substancial, a apreciação de vídeos, leitura de textos e uma aula expositiva (aula 2). Dessa forma, no desenvolver da unidade é possível observar que as atividades desenvolvidas estimulam a interação entre os alunos e são predominantemente centradas neles, cabendo ao professor apenas conduzir as discussões entre os alunos e orientar o processo de aprendizagem. Apenas em uma das aulas as atividades são centradas no professor, na qual lhe é atribuído um papel de transmissor de conteúdos, todavia, isso não caracteriza seu papel prioritário no possível desenvolvimento da unidade.

Por fim, visualizando a unidade em sua totalidade pode-se afirmar que é organizada por uma estrutura curricular que contempla muito mais conteúdos CTS do que conteúdos de ciência. Desta forma, a estrutura curricular que caracteriza a proposta de Júlia e Ana é o CTS puro, pois tem como primeira referência o desenvolvimento de conteúdos de CTS enquanto os conteúdos de ciência surgem de forma não sistemática, portanto, mais especificamente, pode ser caracterizada como CTS puro – incorporação das ciências ao conteúdo CTS.

Unidade Didática 2

Título: Trânsito e a Física, uma abordagem CTS.

Autores: Pedro e Mário.

Primeiramente é importante ressaltar que a análise dessa proposta foi prejudicada pelo fato de nem todos os sites e vídeos da internet citados estarem disponíveis.

Essa unidade didática construída pelos licenciandos Pedro e Mário foi fundamentada na perspectiva de Vygotsky e no enfoque CTS. Ela está estruturada em 16 períodos, distribuídos ao longo de 11 semanas. O contexto para o qual essa unidade foi pensada não foi declarado pelos autores, portanto, não é possível saber para qual série do ensino médio ela está sendo pensada, nem a situação escolar em que esse processo ocorreria. É importante destacar que sob o ponto de vista da teoria vygotskyana isso pode ser problemático, mas essa análise não representa o foco do

trabalho. Todavia, para a abordagem CTS o contexto também é de extrema importância, já que este é determinante para a seleção de conteúdos e para a abordagem a ser adotada.

Explicitamente os autores destacam três objetivos gerais para a unidade didática (p. 361): a compreensão de conceitos relacionados ao mundo vivencial do aluno e o reconhecimento da importância e impacto de suas escolhas no que diz respeito ao tema da unidade. Todavia, não há evidências da intenção em desenvolver esses três objetivos ao longo da unidade, ficando esta bastante restrita ao estabelecimento de um ensino contextualizado com o cotidiano, isto é, o objetivo que permeia a unidade é o de desenvolvimento de percepções/relações entre o conteúdo científico e o dia-a-dia.

Contudo, há momentos em que implicitamente há a atribuição de outros objetivos para a unidade, por exemplo, ao explicarem seu entendimento sobre a perspectiva CTS, destacam que:

Na perspectiva de ensino CTS buscamos proporcionar ao aluno a escolha, a capacidade de escolher, e não se alijar da sociedade. Procuramos fornecer conhecimentos mínimos para que este aluno esteja apto a participar de forma ativa nas escolhas de sua vida, sem ser amedrontado por dados e teorias que lhe sejam apresentados (p.364) [grifo nosso].

Pode-se dizer, a partir desse trecho, que há implicitamente um objetivo bastante aproximado ao de desenvolvimento de compromisso social, no sentido de auxiliar o estudante a lidar com problemas diversos que existem na sociedade, possibilitando que este esteja apto a participar, exercendo sua cidadania. Contudo, esse objetivo implícito foi apenas mencionado, não se materializando ao longo das aulas da unidade. Também, ao descrever o conteúdo da unidade didática (p.364), os licenciandos parecem estar atribuindo à unidade o objetivo de promover o desenvolvimento de questionamentos, relacionados a acidentes de trânsito e sua prevenção. Tal característica pode ser observada, por exemplo, na aula 9, na qual é proposto que se discuta algumas perguntas que contemplam relações entre a ciência e a tecnologia com a sociedade e é estimulado o desenvolvimento do pensamento crítico. Porém, mesmo que apareça em alguns momentos, esse propósito não é enfatizado suficientemente para dizer que representa um objetivo principal dela.

Dessa forma, é possível observar que os licenciandos até mencionam vários

objetivos para a proposta, entretanto, podem apenas estar importando um discurso que não está bem definido e claro para eles, já que verdadeiramente há um objetivo principal materializado e bem enfatizado ao longo da proposta: o desenvolvimento de percepções.

A abordagem que permeia a unidade destaca algumas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, sendo categorizada como uma abordagem de influências CTS. Contudo, não é possível identificar muitas destas influências, que ficam em segundo plano ao longo das aulas. Parece que há uma preocupação em destacar influências da ciência sobre a sociedade. Um exemplo dessas influências pode ser observado na aula 7, na qual os autores propõem que sejam estimuladas discussões sobre velocidades limite, distâncias mínimas, acidentes e sua prevenção e, com isso, mostrar que os conhecimentos científicos de distância mínima e velocidade podem influenciar a sociedade, de forma a evitar acidentes de trânsito. Já na aula 8 é possível obter um exemplo da influência da tecnologia sobre a sociedade, quando são propostas discussões sobre tecnologias automobilísticas e seus custos/benefícios, ou seja, tecnologias que fornecem uma maior segurança à sociedade.

Na maioria das aulas a prioridade é dada a conceitos de força e movimento com contextualizações no cotidiano, todavia, além de conteúdos científicos (conceitos de física) aparecem também como componentes do conteúdo da unidade artefatos tecnológicos de proteção para usuários de automóveis, como cintos de segurança, freios ABS e airbags, discutidos tanto sob o ponto de vista técnico como organizacional.

Embora os autores não delimitem de forma clara a questão social abordada, é possível identificar que os acidentes de trânsito representam o problema social que compõe o conteúdo da unidade. Contudo, a superficialidade com que a questão é tratada compromete a unidade, tornando-a fragmentada e excessivamente focada em conteúdos. Por outro lado, apesar de não darem o devido destaque à questão social, enfatizam a relevância de estudar a mesma, afirmando que é de ocorrência diária e tátil ao aluno. Além da questão social, compõem o conteúdo da unidade relações entre ciência e sociedade e tecnologia e sociedade.

Esses conteúdos a serem desenvolvidos possuem pesos diferentes na proposta, conforme pode ser observado pela descrição da sequência adotada. Da

aula 1 até a aula 6 é proposto o desenvolvimento de conceitos científicos, como MRU, MRUV, Leis de Newton e plano inclinado, mencionando, algumas vezes, aplicações destes conteúdos no cotidiano (o que talvez os autores estejam entendendo por CTS). Na aula 7 os conteúdos de ciência são explorados sob o ponto de vista da questão dos acidentes e na aula 8 são exploradas as tecnologias relacionadas à segurança no trânsito. Dessa forma, a sequência didática que caracteriza a unidade é a fundamentação, seguida de tópicos da sociedade e da ênfase tecnológica.

Para promover a compreensão dos conteúdos estudados os autores propõem a utilização de uma série de estratégias, como o uso de vídeos, leitura de textos, atividades experimentais, discussões e, principalmente, aulas expositivas. Então, diante disso, pode-se dizer que as estratégias propostas na unidade são mais predominantemente focadas no professor e, as poucas que não são, estimulam a interação entre os alunos.

Assim, o papel do professor no possível desenvolvimento da proposta ficaria restrito a transmitir conhecimentos e, algumas vezes, promover a comunicação em sala de aula.

Percebe-se que a unidade é constituída por duas fases distintas, em um primeiro momento são enfatizados diversos conteúdos de ciência e, em um segundo momento, conteúdos de CTS. Parece até sugerir que esses conteúdos CTS seriam uma espécie de aplicação/exemplificação dos conteúdos científicos. A estrutura curricular dessa proposta poderia ser considerada como enxerto CTS motivacional, já que o CTS surge mais ao final dela de maneira tímida, entretanto, como essa inserção não é apenas para motivar, mas complementa a aprendizagem dos estudantes, a estrutura que define a unidade didática é o enxerto CTS eventual.

Unidade Didática 3

Título: Usina nuclear

Autores: Cleber e Marcos.

Esta proposta é constituída por 12 aulas e possui como foco o estudo de usinas nucleares. Os autores destacam como inspiração para abordar este tema o acidente envolvendo a usina nuclear de Fukushima, ocorrido próximo à data de elaboração da

unidade. Pensada para ser implementada em turmas do terceiro ano do ensino médio, não se limita apenas à disciplina de Física, propondo um trabalho conjunto com outras disciplinas, como Química, Geografia e História. Todavia, cabe ressaltar que a duração de cada uma das aulas e o contexto da situação escolar em que viria a ser implementada não foram explicitados.

Pode-se dizer que inicialmente os autores esperam que a proposta possa conduzir os alunos ao desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico e o cotidiano. Além disso, ela também se propõe a desenvolver questionamentos sobre as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico, conforme pode ser inferido a partir das palavras deles:

Trabalhar com os alunos aspectos positivos e negativos da energia nuclear, mostrar fatos relatados na mídia e promover discussões críticas em cima de tal tema, contestar a visão de ciência que os alunos têm com base em fatos históricos e conceitos epistemológicos. Proporcionar aos alunos a vivência de uma situação de tomada de decisão (p.380) [grifo nosso].

As palavras grifadas no trecho extraído da proposta representam importantes características de uma abordagem que vislumbra o objetivo de desenvolver questionamentos sobre implicações do desenvolvimento científico-tecnológico. Todavia, ao longo da proposta não é possível verificar satisfatoriamente o desenvolvimento deste último objetivo. De maneira sucinta o comprometimento com a promoção dos seguintes objetivos pode ser observada, na medida em que o aluno seja capaz de:

1. reconhecer o funcionamento e os constituintes da tecnologia (usina nuclear);
2. dominar conceitos e suas aplicações;
3. familiarizar-se com o desenvolvimento de pesquisas;
4. identificar as vantagens e desvantagens da energia nuclear;
5. reconhecer as consequências negativas dessa tecnologia (acidentes, lixo, etc)
6. compreender a matriz energética mundial e nacional.

Em vista disso, os objetivos propostos são bastante limitados a identificar/reconhecer algo, nunca questionar, refletir ou assumir um posicionamento sobre esta. Além disso, embora sejam evidenciadas algumas implicações relativas à tecnologia abordada (itens 4 e 5), não há o desenvolvimento de pensamentos mais

críticos e reflexivos sobre estas e a proposta de tomada de decisão destacada pelos autores ocorre de forma bastante superficial, como será argumentado posteriormente.

Dessa forma, em vista dos propósitos realmente concebidos ao longo das aulas será considerado que o objetivo da unidade didática, de maneira geral, é o desenvolvimento de percepções/relações entre o conhecimento científico e o cotidiano, já que o maior compromisso assumido é proporcionar a compreensão de conceitos e, quando possível, apontar respectivas aplicações e relações destes com o cotidiano.

Para isso, a proposta é conduzida pela abordagem que prima por tratar das relações fundamentais entre ciência, tecnologia e sociedade. Nota-se o destaque a influências da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, por exemplo, nas aulas 2 e 7, onde são estudados os acidentes nucleares, o problema do lixo nuclear e as consequências da exposição à radiação. Também é enfatizada na unidade a interferência da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, por exemplo, na aula 2, onde os autores propõem discutir aspectos da não neutralidade da ciência e da crítica ao modelo linear. Ainda, relações entre a ciência e a tecnologia também são vislumbradas, principalmente quando são articulados conceitos científicos de fissão e fusão nuclear com o reator da usina, isto é, dos conhecimentos da ciência que auxiliaram no desenvolvimento dessa tecnologia que propicia a geração de energia.

Mesmo que em níveis de aprofundamento diferenciados, os tipos de conhecimento que constituem a unidade são muitos, tornando o conteúdo dela bastante amplo. A proposta engloba predominantemente conceitos científicos, acompanhados por alguns aspectos tecnológicos e, com menor ênfase, questões sociais, tópicos da comunidade científica e algumas relações entre ciência e tecnologia, tecnologia e sociedade, ciência e sociedade.

O conteúdo de ciência abarca fissão e fusão nuclear, radioatividade, decaimento radioativo, isótopos, tempo de meia-vida e matriz energética. Quanto à tecnologia é possível perceber que são priorizados os aspectos técnicos, isto é, a unidade se preocupa em estudar as usinas nucleares mais enfaticamente sob o ponto de vista do seu funcionamento. As questões sociais relacionadas a essa tecnologia, que a unidade se propõe a trabalhar, são o destino do lixo radioativo originado pelas usinas, os acidentes que podem ocorrer e os danos da exposição à radiação quando estes ocorrem.

É interessante notar a preocupação da unidade em problematizar algumas visões epistemológicas dos alunos, tal como na aula dois:

Os alunos serão divididos em grupos e conduzidos até a biblioteca da escola, onde realizarão a pesquisa. Será destinado um tempo da aula para que os alunos exponham para os seus colegas os resultados das pesquisas, onde se trabalhará principalmente os aspectos na não neutralidade da ciência e tecnologia e se fará uma crítica ao modelo linear de desenvolvimento. Também será apresentado o vídeo Chernobyl se torna uma cidade fantasma 25 anos após desastre nuclear - JORNAL NACIONAL (p.384) [grifo nosso].

Nesta aula, se pretende discutir a questão da neutralidade da ciência e da tecnologia, isto é, abordar um tópico filosófico de dentro da comunidade científica que, portanto, também constitui o conteúdo da unidade.

Ao descrever os conteúdos da proposta, os licenciandos se preocuparam com dois aspectos bem importantes em relação à escolha dos mesmos: a abrangência e a relevância, conforme as palavras deles:

O tema central “usina nuclear” será proposto aos alunos devido à grande repercussão que se teve na mídia devido ao acidente de Fukushima, no Japão.[...] Pela experiência dos autores podemos notar que este é um tema de interesse geral dos alunos pelo fato de abordar questões de física moderna e também pela íntima ligação com o tema “bomba nuclear” que sempre desperta curiosidade nos estudantes (p.382) [grifo nosso].

Os autores estão salientando que o acidente ocorrido em Fukushima teve grande repercussão na mídia (mundial), indicando que é bastante abrangente. Embora pareçam estar ressaltando sua abrangência no sentido comunicativo, de divulgação, entende-se que este assunto também é abrangente como um problema global propriamente, já que existem usinas nucleares espalhadas por diversos países e, mesmo que estes acidentes sejam raros, há a probabilidade de ocorrência. Além disso, os autores salientam a relevância de estudar as usinas nucleares, já que geram interesse e curiosidade nos alunos.

A sequência adotada na construção da unidade começa propriamente com a abordagem de fatos históricos, propostos para serem estudados apenas de forma superficial, isto é, propõe-se simplesmente identificar fatos históricos que envolvem a energia nuclear. Entender o contexto e o processo de desenvolvimento de tais fatos históricos não foi a preocupação desta aula e, desta forma, não será caracterizado como estudo de um tópico histórico da comunidade, mas como um conteúdo de ciência, marcando assim, o início da sequência pela fundamentação. Dando continuidade, é proposto o estudo de aspectos técnicos da tecnologia (partes e

funcionamento da usina nuclear), retornando para conteúdos de ciência (fissão e fusão nuclear, radioatividade, etc) e seguindo para questões sociais relacionadas, tais como o descarte de lixo radioativo, acidentes e prevenções e danos provocados pela exposição à radiação.

A sequência é complementada com um novo estudo de conteúdos de ciência (relacionados à geografia física e humana), seguida da retomada da tecnologia com base em aspectos embasados nos conhecimentos da geografia. Após isso, são retomadas algumas questões sociais a partir da análise de aspectos positivos e negativos da energia nuclear e, por fim, há o desenvolvimento de propósitos cívicos a partir uma atividade de exercício da tomada de decisão.

Dessa forma, a sequência adotada na unidade é a seguinte: fundamentação – ênfase tecnológica – fundamentação – tópicos da sociedade – fundamentação – ênfase tecnológica – tópicos da sociedade – propósito cívico.

É importante destacar que a tomada de decisão nessa proposta não está integrada a sua estrutura do começo ao fim, ela surge mais como uma espécie de estratégia, de forma que uma situação, relacionada ao que foi estudado na unidade, é proposta na última aula e sobre esta é exigido o exercício da tomada de decisão aos alunos. Por isso, a abordagem empregada não foi considerada como resolução de problemas e tomada de decisão. Ademais, embora tenha sido considerado que a sequência envolveu o desenvolvimento de propósitos cívicos (tomada de decisão), estes parecem ter ficado em segundo plano em função da forma como foram propostos.

As estratégias utilizadas são muito diversificadas, mas compreendem principalmente aulas expositivas e a apresentação de vídeos. Incluem ainda, mesmo que em menor quantidade, a realização de pesquisas, a produção de textos, discussões, apresentações e uso de simulações educacionais. Dessa forma, diante desse amplo espectro de estratégias, serão consideradas as que aparecem de forma mais significativa ao longo da unidade, podendo, então, dizer que elas são mais focadas no professor e estimulam os alunos a fazerem pesquisas.

Em vista disso, percebe-se que é atribuído o professor o papel de transmitir conhecimentos, estimular a busca pelo conhecimento e promover a comunicação em sala de aula.

Em suma, a unidade construída por Cleber e Marcos é bastante focada nos

conteúdos científicos. As questões sociais envolvendo o tema selecionado por eles não são muitas e poderiam ser mais aprofundadas, além disso, surgem de forma a complementar os conteúdos científicos e não há muita preocupação em manter uma conexão entre estas questões e os conteúdos ao longo das aulas. Isso revela que a proposta apresenta uma estrutura curricular tradicional que sofre pequenas rupturas promovidas pelos conteúdos CTS. Todavia, essas pequenas inserções sistemáticas de conteúdos CTS não ocorrem apenas para complementar a aprendizagem dos alunos, mas também para explorar o próprio conteúdo CTS, o que permite concluir que a estrutura curricular que caracteriza essa unidade didática é o enxerto CTS sistemático.

Unidade Didática 4

Título: O câncer de pele na perspectiva CTS

Autores: Renan, Lucas e Sofia.

A unidade didática construída por estes estudantes está centrada na questão do câncer de pele e estruturada em um conjunto de dez aulas. Não está explícito o contexto da possível implementação e nem a série para a qual é destinada.

Inicialmente os autores destacam como objetivo geral para essa unidade capacitar os alunos a relacionar os conceitos científicos e tecnológicos com o câncer de pele e promover uma conscientização, de forma que compreendam as relações de causa e efeito entre o câncer e suas ações, bem como as formas de preveni-lo, conforme pode ser verificado a partir de um trecho da unidade:

Capacitar o aluno a fazer conexões entre suas ações e as consequências delas na sua própria saúde ou de outras pessoas, naquilo que se refere ao Câncer de pele, relacionando diretamente preceitos básicos sobre as propriedades da luz e ondas eletromagnéticas, mostrando possibilidades de cura através da nanotecnologia e fornecendo suporte para o aluno buscar formas de prevenção dessa doença que acomete muitas pessoas no mundo e principalmente no Brasil (p.394) [grifo nosso].

Ainda, ao longo das aulas propostas na unidade, é possível observar o desejo de promover outros objetivos, um pouco mais específicos, tais como, possibilitar que o aluno seja capaz de:

1. reconhecer o câncer de pele como um problema social;
2. perceber a necessidade de buscar soluções para este problema social;

3. compreender o contexto sociocultural do surgimento do protetor solar;
4. analisar criticamente o papel da ciência e da tecnologia;
5. compreender as propriedades da luz e a origem e composição das ondas eletromagnéticas;
6. relacionar conceitos científicos com a tecnologia (protetor solar);
7. perceber os benefícios e malefícios da tecnologia, além de compreender a nanotecnologia como um aliado na cura do câncer;
8. compreender o que é uma nanopartícula;

Desta forma, pode-se dizer que, em geral, esta unidade tem por objetivo proporcionar aos alunos o desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico e seu cotidiano, além do desenvolvimento de questionamentos das implicações científico-tecnológicas envolvendo a questão do câncer de pele.

Essa proposta, diferentemente das demais avaliadas até o momento, possui uma questão bem definida que guia seu o desenvolvimento do começo ao fim, ou seja, a proposta é totalmente construída em função da questão do câncer de pele. Portanto, é possível verificar que a organização, bem como a escolha dos conteúdos não são efetuados por acaso, mas sempre ancoradas na questão foco, isto é, no câncer de pele, permitindo explorá-lo de maneira mais profunda, esclarecendo a importância de entendê-lo como um problema relevante e, assim, possibilitando a conscientização dos alunos em tomar medidas preventivas, em adquirir ações responsáveis frente a ele. Além disso, possibilita uma reflexão sobre os interesses políticos e econômicos que permeiam a ciência e a tecnologia quando empenhadas em desenvolver “sistemas” de prevenção do câncer e de cura para o mesmo. Em função disso, a abordagem utilizada pelos autores da proposta pode ser caracterizada na categoria de relação com questões sociais.

Obviamente são observadas diversas influências CTS, inclusive, é a única proposta em que foi possível perceber referências a todas as influências possíveis. Alguns exemplos dessas influências que podem ser encontradas ao longo das aulas são:

- 1) Influência da ciência sobre a tecnologia: os conhecimentos de química auxiliaram na construção dos protetores solares, assim como conhecimentos da área da nanociência têm possibilitado a produção de nanocosméticos (um destes é o protetor solar).

- 2) Influência da tecnologia sobre a ciência: a nanotecnologia pode ampliar o progresso das pesquisas científicas, principalmente na área médica.
- 3) Influência da ciência sobre a sociedade: o desenvolvimento da nanociência tem auxiliado na cura de doenças que atingem a sociedade, como o câncer.
- 4) Influência da sociedade sobre a ciência: a guerra estimulou a produção de novos conhecimentos científicos que foram necessários para a elaboração do protetor solar.
- 5) Influência da tecnologia sobre a sociedade: possibilidade de a nanotecnologia auxiliar na resolução de problemas ambientais, no sentido, de monitoramento de poluição, remediação da poluição e prevenção da mesma.
- 6) Influência da sociedade sobre a tecnologia: investimentos de agências de fomento à pesquisa e de laboratórios para a produção de diversos artigos nanotecnológicos, como o protetor solar.

Assim como a unidade didática 3, o conteúdo abordado é bastante amplo, tendo o câncer de pele como a grande questão social que integra o conteúdo CTS. Também envolve conceitos de Física relacionados a ondas eletromagnéticas e aborda a tecnologia, que no caso é o protetor solar e a nanotecnologia, em seus aspectos técnicos (constituintes e funcionamento), organizacionais (processo histórico de produção, aspectos econômicos – financiamentos para pesquisas, grandes arrecadações dos laboratórios – e a propriedade intelectual) e culturais (prevenção e tratamento câncer). O conteúdo também é constituído de relações entre ciência e tecnologia, ciência e sociedade e tecnologia e sociedade, além de um tópico filosófico interno à comunidade científica, a neutralidade da ciência e da tecnologia.

Com diferentes ênfases, esses conteúdos estão dissolvidos ao longo da unidade didática que foi estruturada a partir da seguinte sequência: (i) tópicos da sociedade; (ii) ênfase tecnológica; (iii) fundamentação; (iv) ênfase tecnológica; (v) fundamentação; (vi) propósitos cívicos; (vii) tópicos da sociedade;

Primeiramente a proposta apresenta a questão social (câncer de pele), abordando-a sob o ponto de vista biológico, posteriormente, propõe estudar os diferentes tipos de câncer de pele, os principais agentes causadores (radiação solar)

e como é possível reconhecer a doença. Ainda, para que os alunos reconheçam o câncer de pele como um problema social relevante, propõe a discussão de estimativas da doença. A intenção de esclarecer aos alunos a relevância do problema não foi uma preocupação das demais unidades avaliadas. Essa ação pode revelar-se um aspecto importante para as propostas em que a seleção das questões estudadas foi feita pelo professor, pois não sendo um tópico de interesse do aluno, destacar a relevância do mesmo pode motivar os alunos.

Depois da discussão da questão social a proposta tem continuidade com a apresentação de uma tecnologia relacionada ao câncer de pele, no caso, o protetor solar. Nesta etapa, propõe-se estudar a história do surgimento do protetor solar em função do contexto social, além disso, propõe-se a desmistificar o modelo linear de desenvolvimento e a neutralidade da ciência, que não deixa de estar presente no modelo linear como um pano de fundo. Utilizando o contexto do protetor solar para promover essa desmistificação são evidenciadas algumas questões relativas à provisoriedade da ciência, interesses de grandes laboratórios em fazer parcerias/investimentos com universidades e pesquisadores.

Dando sequência, conceitos de Física são abordados e o estudo do protetor solar é retomado, porém, agora em função dos conteúdos previamente compreendidos e com a inserção de outros, oriundos da Química. Ainda, no sentido de estudar a tecnologia, a unidade propõe a inserção da nanotecnologia, que será relacionada à questão social em função das possibilidades de seu uso contra os diversos tipos de câncer. Para compreender a nanotecnologia neste contexto é introduzido o conceito de nanopartícula.

Um debate sobre os benefícios e malefícios da nanotecnologia representa a próxima etapa da proposta, cujo foco está no desenvolvimento de posturas críticas frente à tecnologia e, principalmente, na conscientização dos alunos. Finalizando a sequência da unidade, a questão social é retomada e discutida de forma mais aprofundada, ancorada em argumentos consistentes embasados em tudo que foi discutindo ao longo da unidade.

No decorrer das dez aulas que constituem a unidade didática são propostas inúmeras estratégias didáticas, como: discussões, leitura de textos, aulas expositivas, apresentações, debates e pesquisas. Todavia, parece haver a predominância de estratégias como a leitura de textos e a discussão entre os alunos,

portanto, estratégias com foco nos alunos e que estimulam a interação entre estes.

Diante disso, fica evidente que nesta proposta cabe ao professor orientar o processo de aprendizagem e promover a comunicação em sala de aula. Ainda, mesmo que de forma menos significativa, também é atribuído ao professor o papel de transmissor de conhecimentos.

A estrutura curricular que caracteriza essa unidade didática é o CTS puro, pois os conteúdos CTS representam o grande foco, ficando os conteúdos científicos em segundo plano. Assim, os conteúdos de ciência surgiram em função da questão social, sendo inseridos, sempre que era necessário, a fim de complementar a aprendizagem dos alunos. Em vista disso, pode-se dizer que a proposta de Renan, Lucas e Sofia apresenta uma estrutura curricular de CTS puro – ciências com conteúdos de CTS.

Unidade Didática 5

Título: Energia, sua produção e distribuição.

Autores: Rafael e João.

A unidade elaborada por Rafael e João é de difícil análise, pois as proposições feitas por eles não são suficientemente explicadas para garantir um entendimento adequado, sendo as ideias do texto, muitas vezes, pouco compreensíveis.

Destinada a alunos do terceiro ano do ensino médio, a proposta é constituída de 8 aulas e não delimita o contexto sociocultural que envolve a possível implementação. Além disso, é importante destacar que o tema central é propriamente um conteúdo e não uma questão social, ou seja, os autores estão designando o conteúdo de energia como um tema.

O objetivo geral almejado pelos autores da proposta é descrito da seguinte forma:

Desenvolver no aluno o conhecimento das diferentes formas de energia, usadas na geração de energia elétrica, desenvolvendo uma visão social quanto a distribuição e uso da energia elétrica. Proporcionar também a percepção das conseqüências sócio-ambientais da geração de energia nas formas adotadas na matriz energética do país (p.438) [grifo nosso]

De acordo com esse trecho extraído da proposta é possível apenas afirmar que a mesma tem por objetivo promover o desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico e o cotidiano dos alunos. Isso fica evidente quando afirmam

que esperam que o aluno compreenda as diferentes formas de energia (se referindo à energia potencial, cinética, nuclear, etc.) usadas para gerar a energia elétrica que, afinal, é utilizada diariamente pela maior parte da população.

Também é possível verificar tal objetivo no terceiro grifo, no qual os autores afirmam que anseiam proporcionar a percepção das consequências socioambientais provenientes da geração de energia, ou seja, parecem estar se voltando para as consequências socioambientais apenas como uma forma de contextualizar a questão da geração de energia. De outra forma, poderia se pensar que o objetivo, nesse caso, seria o desenvolvimento de questionamentos, todavia, é bastante claro que os autores esperam apenas que haja a percepção e não uma reflexão ou questionamento sobre esses impactos, sobre essas consequências socioambientais. Talvez o segundo grifo pudesse estar apontando em direção a esse propósito de questionamentos, entretanto, os autores não deixam claro o que seria uma visão social de uso e distribuição da energia elétrica, dificultando a análise.

Buscando objetivos em cada uma das aulas é possível verificar, muitas vezes, a incoerência entre o conteúdo da aula, os objetivos a serem desenvolvidos na respectiva aula e as metodologias e estratégias adotadas. Por exemplo, na aula 1 os autores propõem uma série de conteúdos a serem trabalhados, porém, nem todos esses conteúdos são necessários para atingir os objetivos propostos e muito menos, de acordo com as metodologias e estratégias, é explicitada a forma como viriam a ser trabalhados.

Conteúdo:

Geração de energia elétrica.
Revisão dos conceitos de energia
Conservação de energia
Conceitos básicos de corrente elétrica
Geração de energia elétrica
Tipos de usinas geradoras de energia elétrica
Matriz energética local e nacional

Objetivos específicos:

Propiciar ao aluno o conhecimento sobre as diferentes formas de geração de energia elétrica, diferenciando os tipos de usinas geradoras (térmica, eólica, hidrelétrica, nuclear). Mostrar ao aluno o conceito de matriz energética nacional.

Pré-requisitos: Conceitos de energia potencial e cinética, conservação de energia.

Metodologias e estratégias:

Revisão dos pré-requisitos e análise das formas de obtenção de energia. Aula expositiva (p.442).

Em função disso, em alguns casos fica difícil dizer quais são os objetivos e conteúdos, pois cada um desses aspectos fornece apontamentos diferentes e a descrição das metodologias e estratégias da aula não são suficientes para auxiliar na definição dos mesmos. Assim, a análise será mais superficial e direta.

De forma geral, pode-se dizer que os objetivos almejados pela proposta envolvem o desenvolvimento de percepções entre os conhecimentos científicos e o cotidiano dos alunos. A abordagem assumida é limitada a algumas influências CTS, basicamente duas: da ciência sobre a tecnologia e da tecnologia sobre a sociedade.

Já os conteúdos propostos compreendem principalmente conteúdos de ciência (energia sua transformação e conservação, lei da indução) e com menor ênfase conteúdos CTS (tecnologia – usinas e seu funcionamento; questão social – impactos causados pelas usinas; e algumas relações CTS – já destacadas).

A sequência didática que estrutura a unidade inicia com a fundamentação, depois continua com a ênfase tecnológica, tópicos da sociedade retornando à ênfase tecnológica.

Os autores propõem o uso de estratégias didáticas diversificadas: atividades em grupo, uso de simulações, aula expositiva, leitura de textos; porém, é curioso que na maioria das aulas as estratégias para desenvolver os conteúdos são a realização de pesquisas e a elaboração de relatórios, dando a impressão de que os alunos aprendem sozinhos demais. Portanto, parece que o professor possui prioritariamente o papel de estimular os alunos a pesquisar. Além disso, os autores não parecem atribuir grande destaque ao professor, nem em seu papel de orientador da aprendizagem, por exemplo.

A estrutura curricular que caracteriza essa unidade é o enxerto CTS eventual, pois predominantemente tem-se um currículo tradicional com algumas inserções de conteúdo de CTS eventual no sentido de promover uma pequena complementação da aprendizagem.

Uma síntese das cinco análises apresentadas nesta seção está organizada no Quadro 8. A partir desse quadro comparativo é possível ter uma visão geral sobre os aspectos didático-pedagógicos evidenciados pelos licenciandos na elaboração das unidades didáticas.

Os objetivos educacionais atribuídos ao ensino CTS em tais propostas variam entre o desenvolvimento de percepções e o desenvolvimento de questionamentos.

Todas as cinco unidades didáticas propõem como objetivo educacional o desenvolvimento de percepções/relações entre o conteúdo científico e o cotidiano dos alunos, porém duas delas, além desse objetivo, almejam desenvolver nos alunos questionamentos sobre as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico.

Nas três propostas limitadas unicamente ao desenvolvimento de percepções é possível identificar que a contextualização dos conhecimentos científicos é o que perpassa todo esse propósito, ou seja, de maneira geral, essas três unidades remetem o pressuposto de que o CTS tem por objetivo aproximar as ciências ao cotidiano do aluno. Embora esse objetivo seja legítimo do enfoque CTS, é possível avançar, como fizeram os autores das propostas 1 e 4, que além de vislumbrar essa conexão entre conhecimentos e o cotidiano, objetivam em suas unidades desenvolver nos alunos o pensamento crítico e a capacidade de se posicionar frente a problemas e buscar soluções para eles. Todavia, o terceiro objetivo, de natureza mais complexa, não foi contemplado nas unidades produzidas pelos licenciandos investigados.

Pelo Quadro 8 observa-se uma possível relação entre esses objetivos e a abordagem assumida em cada unidade. As propostas 2, 3 e 5 estruturam-se a partir de uma abordagem que enfoca apenas as influências CTS, diferentemente da 1 e 4, que abordam relações CTS mais amplas e delimitam uma questão social responsável por guiar o desenvolvimento da proposta. Assim, isso parece sugerir que as propostas CTS estruturadas por questões sociais permitem promover mais

Quadro 8 – Síntese comparativa da análise das unidades didáticas.

CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO			UNIDADES DIDÁTICAS				
				1	2	3	4	5
Objetivos educacionais	Desenvolvimento de percepções							
	Desenvolvimento de questionamentos							
	Desenvolvimento de compromisso social							
Abordagens	Influências CTS	Da ciência	Sobre a tecnologia					
			Sobre a sociedade					
		Da tecnologia	Sobre a ciência					
			Sobre a sociedade					
		Da sociedade	Sobre a ciência					
			Sobre a tecnologia					
	Relações com questões sociais							
	Tomada de decisão e resolução de problemas							
	Educação para a participação							
	Conteúdo	Composição	Conteúdo de ciência					

Aspectos metodológicos		Tópicos da comunidade científica						
		Artefato ou processo tecnológico						
		Relações CTS						
		Tópico social						
	Abrangência	Local						
		Global						
	Relevância		-					-
	Sequência (números indicam a ordem dos eventos)	Fundamentação		2	1	1/3/5	3/5	1
		Ênfase Tecnológica		3	3	2/6	2/4	2/4
		Tópicos da sociedade		1/4	2	4/7	1/7	3
		Propósitos cívicos		5		8	6	
	Estratégias	Foco	Aluno					
			Professor					
		Potencial de interação						
Estímulo à pesquisa								
Estrutura curricular	Enxerto	Motivacional						
		Eventual						
		Sistemático						
	Ciência e tecnologia por meio de CTS	Disciplinar						
		Interdisciplinar						
	CTS puro	Ciências com conteúdos de CTS						
		Incorporação das ciências ao conteúdo CTS						
Conteúdo de CTS								
Papel do professor	Transmitir conhecimentos							
	Estimular a investigação ou a busca pelo conhecimento							
	Promover a comunicação em sala de aula							
	Orientar o processo de aprendizagem							
	Motivador da aprendizagem							

que a contextualização cotidiana do ensino, quer dizer, dão possibilidades de promover um ensino de ciências mais crítico, reflexivo e questionador.

Obviamente, por se tratarem de propostas construídas com o enfoque CTS é de se esperar que contemplem estas relações. De fato, todas as unidades mostraram um comprometimento em abordar influências CTS, entretanto, quais relações foram abordadas, a forma como propuseram fazer isso e o aprofundamento dado a estas foi diferente.

Quanto mais relações entre os elementos da tríade são contempladas mais característica do enfoque CTS configura-se a unidade, sendo que o ideal seria que

fossem abordadas influências mútuas entre os três elementos, como fez a unidade 4 ao abordar o câncer de pele. Observando o Quadro 8, fica evidente que algumas unidades enfatizam mais influências e outras menos, por exemplo, enquanto as unidades 4, 3 e 1, nessa respectiva ordem, enfatizam uma boa quantidade de relações, as unidades 2 e 5, são menos articuladas nesse quesito, destacando apenas duas influências.

Isso pode indicar o que estes licenciandos consideram prioritário em uma abordagem CTS, já que é possível verificar uma relação entre as influências priorizadas na unidade e o entendimento sobre a abordagem CTS descrito por eles no texto. Para exemplificar isso serão tomadas como exemplo as unidades 1 e 5, que diferem bastante quanto às influências CTS enfatizadas.

A unidade 5 vislumbra apenas influências da ciência sobre a tecnologia e da tecnologia sobre a sociedade. Nitidamente esses autores deixam de lado influências da sociedade sobre a ciência e sobre a tecnologia, isto é, não há a preocupação em mostrar que ciência e tecnologia são socialmente determinadas e, conseqüentemente, não neutras. Esse “esquecimento” da sociedade transparece também na descrição dada por eles no referencial teórico da unidade:

A introdução da perspectiva Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) nos currículos de ciência pode ser uma alternativa para adequá-la a uma nova compreensão dos conteúdos científicos em relação às aplicações tecnológicas desse conhecimento tão presente no mundo atual (p.439).

Já a unidade 1 propõe a abordagem de mais influências, sendo três delas envolvendo a sociedade, ou seja, parece ter uma preocupação maior em relacionar a ciência e a tecnologia com a sociedade, o que parece concordar com a descrição da perspectiva feita no texto da unidade:

Uma proposta de currículo CTS é embasada na união entre conteúdos científicos, tecnológicos e sociais, onde estes são estudados em conjunto, abordando, sobretudo, questões éticas, políticas, sociais, econômicas, históricas (p.351).

Dessa forma, é possível propor que há uma relação entre as influências que caracterizam a abordagem assumida com o entendimento por parte dos licenciandos do que é prioritário em uma abordagem CTS, conforme foi possível observar nesses dois exemplos.

Além disso, as unidades abordam com maior facilidade influências da ciência sobre a tecnologia, da ciência sobre a sociedade e da tecnologia sobre a sociedade,

enquanto que influências da tecnologia sobre a ciência, da sociedade sobre a ciência e da sociedade sobre a tecnologia se mostraram de menor facilidade. Este achado sugere que as relações subjacentes ao modelo linear são mais facilmente utilizadas para conduzir a proposta, enquanto aquelas de um possível “caminho inverso” ao modelo ainda se mostram de difícil domínio.

Conforme foi dito anteriormente, há ainda unidades que se diferenciam das demais por irem além da abordagem que enfatiza as influências CTS, organizando-se também pela abordagem que visa explorar visões mais amplas a partir de questões sociais. Em tais unidades é possível perceber que há uma estrutura mais lógica para as aulas, os conhecimentos científicos e as questões sociais são mais bem articulados e a compreensão mais profunda das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade é priorizada, fomentando o desenvolvimento de posturas mais críticas, conscientes, reflexivas e fundamentadas por parte dos alunos.

Isso não significa que questões sociais deixaram de ser abordadas pelas demais propostas, muito pelo contrário, através do quadro 8 verifica-se que todas as unidades de alguma forma abrangeram em seus conteúdos tópicos sociais, porém, em cada uma delas tais tópicos assumiram naturezas diferentes e desempenharam papéis também diferenciados. O que se observa é que:

- 1) Duas unidades (1 e 4) possuem um tópico social principal que guia a proposta e está em constante articulação com os demais conteúdos, enquanto outras (2, 3 e 5) tais tópicos surgem aleatoriamente e são pouco articulados aos conteúdos científicos.
- 2) Em consequência disso, nas unidades 1 e 4 os conteúdos surgem em função do tópico da sociedade abordado, enquanto nas unidades 2, 3 e 5 os tópicos sociais surgem mais em função do conteúdo científico.
- 3) Em algumas unidades parece haver uma falta de clareza sobre a diferença entre tópico social e conteúdo de ciência, sendo que em alguns casos os conteúdos são designados como tópicos sociais.
- 4) A relevância dos tópicos sociais propostos são preocupações observadas nas unidades 2, 3 e 4. Porém, de formas diferentes: as propostas 2 e 3 apenas indicam o motivo pelo qual os tópicos sociais abordados são relevantes, enquanto a unidade 4 se propõe a mostrar aos alunos a relevância do tópico social que irão estudar.

- 5) As unidades 1 e 4 são as únicas que se propõem a mostrar aos alunos as controvérsias que estão por trás dos temas sociais.
- 6) De forma geral, a abrangência dos tópicos sociais é global.

Além dos tópicos sociais, os conteúdos abordados incluíram relações entre os elementos da tríade, conteúdos de ciência, aspectos tecnológicos e, em apenas duas unidades, tópicos da comunidade científica. Quanto a estes dois últimos tipos de conhecimento cabe fazer algumas ressalvas.

Sobre a tecnologia, é possível verificar que sua inclusão nunca é esquecida e tão pouco é aligeirada. Porém, o que se percebe é a referência prioritária a aspectos técnicos da tecnologia em detrimento dos demais. As unidades 3 e 5 apenas tratam de aspectos técnicos da tecnologia, enquanto a unidade 2 inclui também aspectos organizacionais e, por sua vez, as unidades 1 e 4 englobam todos os três aspectos.

Sobre os tópicos filosóficos, históricos ou sociais internos à comunidade científica nota-se que, embora sua contemplação tenha sido privilegiada nas aulas por apenas duas unidades, foi evidente a ênfase dada por quase todas as unidades a tais tópicos, no sentido de considerá-los de suma importância em uma abordagem CTS.

A neutralidade da ciência, o modelo linear de desenvolvimento e alguns mitos subjacentes a estes dois foram pontos problematizados pelos autores e, em alguns casos, tais problematizações foram incluídas nas aulas. Além disso, tópicos históricos também foram agregados ao conteúdo de algumas propostas.

Nas unidades 1 e 2, não há nas aulas a preocupação em abordar esses tópicos, todavia, é interessante notar a importância dada a eles, por exemplo, na unidade 1:

Atualmente, acredita-se que a tecnologia é a grande salvação para os nossos problemas, como se para cada problema a tecnologia tivesse uma solução. Por outro lado, o avanço tecnológico é neutro de políticas e interesses? Ele sempre será visto como benéfico para a sociedade? Na verdade, há uma grande preocupação com tais visões equivocadas sobre a ciência e tecnologia na sociedade. Dessa forma, estão se desenvolvendo projetos com uma nova maneira de se ver o ensino, ou seja, entender o quanto a tecnologia pode influenciar aspectos sociais e o que está por trás disso tudo política e socialmente falando (p.351).

Ao escreverem sobre o referencial teórico CTS, as autoras mobilizam vários conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina de Metodologia do Ensino de Física. O que fica evidente nesse trecho extraído é a apropriação da não-neutralidade da

ciência e da tecnologia construída a partir da problematização dos mitos propostos por Auler e Delizoicov (2001) nas aulas da disciplina. O mesmo pode ser verificado na unidade 2:

Com a adoção da perspectiva CTS, buscamos esclarecer e tentar eliminar mitos relacionados a ciência. Buscamos quebrar a crença em um desenvolvimento linear que endeusa a ciência, endeusamento este que fecha os olhos da sociedade para questões de importância para todos, por esta sociedade acreditar que não tem capacidade de discernir e escolher o melhor para si (p.364).

Assim, embora não tenham destinado uma aula específica da unidade para problematizar essas questões, é interessante notar que os autores das unidades 1 e 2 as compreendem como relevantes dentro de uma perspectiva CTS. Já as unidades 3 e 4 foram além, propondo para determinadas aulas a discussão de alguns desses tópicos. Apenas na unidade 5 não se percebeu grandes ênfases aos tópicos internos à comunidade científica.

As sequências didáticas utilizadas foram diferentes umas das outras. Contudo, algumas semelhanças podem ser identificadas quanto ao evento de início e fim da unidade:

- 1) As unidades 1 e 4 têm seu início com a abordagem de alguma questão social, ou seja, com tópicos da sociedade; enquanto as unidades 2, 3 e 5, iniciam com conteúdos de ciência, portanto pela fundamentação.
- 2) As unidades 2 e 5 têm seu final marcado pela ênfase tecnológica, enquanto as unidades 1, 3 e 4 finalizam com tópicos da sociedade e/ou propósitos cívicos.

Assim, percebe-se que as unidades 1 e 4 retomam o tópico da sociedade ao final da proposta, o que é bastante aconselhável segundo Aikenhead (1994b), pois permite que os estudantes compreendam a questão social de maneira mais profunda. Ademais, assim como nas propostas 1 e 4, na unidade 3 se observa uma maior interpolação entre a fundamentação, a ênfase tecnológica, os tópicos da sociedade e os propósitos cívicos do que nas propostas 2 e 5, transparecendo que aquelas estão mais articuladas que estas.

Diversas estratégias foram utilizadas nas propostas. Na análise foram levadas em conta as mais predominantes, o que permitiu observar que, de forma geral, estas são centradas no aluno e possuem grande potencial de interação, o que parece bastante apropriado para abordagens CTS. Em consonância com as estratégias, o

papel do professor parece ser prioritariamente promover a comunicação em sala de aula e, como não poderia deixar de ser, em alguns momentos a transmissão de conhecimentos.

Por fim, o quadro 8 mostra as estruturas curriculares que caracterizam as unidades. A partir dele foi possível perceber que estas vão desde o enxerto eventual até o CTS puro – incorporação das ciências ao conteúdo CTS. Sabe-se que não existe uma estrutura mais correta, entretanto é aconselhável que haja uma dosagem adequada entre conteúdos de ciência e conteúdos de CTS. Assim, as unidades 2 e 5 ainda estão aquém no que se refere a uma abordagem CTS verdadeiramente, já que priorizam fortemente a aprendizagem de conteúdos de ciência e deixam em segundo plano os conteúdos de CTS, inclusive, articulando-os pouco no decorrer da proposta. Por outro lado, a unidade 1, pode estar priorizando demais aspectos de CTS, já que pouco explorou conteúdos de ciência. Ao que tudo indica as unidades 3 e 4 parecem ser as que melhor integram conteúdos de ciência e conteúdos CTS, mesmo que em quantidades diferentes, níveis de aprofundamentos distintos e com maior ou menor articulação entre eles.

Embora todas as abordagens tenham um apelo interdisciplinar, é importante destacar duas delas: a abordagem presente na unidade 4, que nitidamente proporciona uma excelente articulação entre as disciplinas de Física, Química, Biologia e História; e a abordagem da unidade 3, que propõe a participação de professores de outras disciplinas como a Química, História e Geografia.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entender a compreensão sobre as inter-relações CTS dos professores em formação pode contribuir para explicar como a formação a eles proporcionada é determinante na constituição dessas compreensões e, principalmente, contribuir para um repensar sobre tal formação.

A compreensão dos licenciandos sobre as inter-relações CTS antes do processo formativo, evidenciada pelo questionário inicial, apontou primeiramente uma diversidade de vozes conflitantes de participação, racionalidade e desenvolvimento permeando o discurso dos mesmos. Como foi perceptível, pouquíssimas vozes de participação social emergiram, e essas poucas apontaram na direção de uma compreensão com tendência ao endosso do modelo de decisões

tecnocráticas. Evidentemente, pode-se verificar também que alguns poucos alunos divergiram da maioria do grupo, veiculando vozes um pouco mais sofisticadas. Todavia, embora estes alunos dissonantes não corroborassem com um modelo de decisões tecnocráticas, apontando que não deveriam ser os especialistas responsáveis por tomar as decisões, consideravam os mesmos mais aptos a tomar decisões e/ou não esclareciam muito bem o papel dos cidadãos no processo decisório. Essa compreensão inicial sobre participação permite apontar a pouca familiaridade que esses licenciandos em Física têm com questões mais voltadas à área humanística – fato que pode estar sinalizando uma provável lacuna no curso de formação.

Já as vozes de desenvolvimento e racionalidade foram bem mais expressivas, apontando uma maior familiaridade dos licenciandos em se envolver com questões relacionadas à ciência e à tecnologia. Tal assertiva pode ser considerada plausível dada a característica de se tratarem de alunos de um curso de Ciências da Natureza; contudo, não com tamanha desproporção em relação a questões de natureza social, uma vez que a cultura científica não é tão afastada da cultura humanística – principalmente tendo em vista que a atividade docente é de natureza social, como aponta Giroux (1997).

Por um lado, se as vozes de racionalidade e desenvolvimento têm maior predominância no discurso dos licenciandos, por outro, não ficam tão restritas a um único nível de compreensão como acontece, a grosso modo, com as de participação social, as quais apresentam-se distribuídas em diversos níveis. Dessa forma, como esses estudantes expressam diferentes pontos de vista, significa que suas compreensões sobre ciência e tecnologia não são caracterizadas por uma única voz; bem ao contrário, o que se observa é um movimento de “vai e vem” de vozes caracterizadas por diferentes níveis – vozes estas que algumas vezes se complementam, mas que, via de regra, chocam-se, não se harmonizam, são contraditórias.

Apesar desse espalhamento de vozes pelos diferentes níveis de compreensão, é possível perceber que as mesmas apresentam uma maior concentração entre determinados níveis. Verificou-se que as vozes de racionalidade expressas pelos licenciandos inicialmente estavam mais localizadas entre os níveis 1R e 3R, com maior predominância no nível 3R. É interessante observar que são dois

níveis de compreensão bastante divergentes: um considera a ciência neutra e absoluta, enquanto no outro a ciência é encarada como uma construção humana, vulnerável e provisória. Ou seja, inicialmente há uma disputa entre vozes do senso comum e vozes um pouco mais sofisticadas, indicando uma incoerência interna no discurso dos estudantes. Observou-se esse mesmo comportamento no que diz respeito às vozes de desenvolvimento, que se apresentaram mais concentradas entre os níveis 2D e 3D, apresentando maior predominância no nível 2D.

A incoerência interna no discurso de professores também foi evidenciada nos trabalhos de Auler e Delizoicov (2006). Para esses autores, uma hipótese que explica tal ocorrência está associada a uma compreensão confusa e ambígua sobre a não neutralidade da ciência e da tecnologia.

A partir das vozes de racionalidade expressas pelos licenciandos nas respostas ao questionário foi possível perceber que os mesmos afirmam não conceber que a ciência é feita por meio do método científico; contudo, em nenhum momento foi constatado o surgimento de argumentos que elaborassem mais profundamente essa assunção. Por outro lado, dizer que ciência se faz a partir de observação, experimentação e teorias, sem explicar o papel de cada uma delas, pareceu ser um posicionamento bastante constante entre os investigados. Entretanto, dois sujeitos de pesquisa avançaram um pouco ao apresentar a ciência como uma atividade provisória. Além disso, em momento algum há questionamentos direcionados às limitações do conhecimento científico.

De maneira geral, o questionário inicial evidencia que a concepção de neutralidade da ciência se mostra bastante presente no discurso dos licenciandos. Todos investigados afirmam que a ciência não é neutra, contudo, é possível perceber que frequentemente recaem em visões que assim a consideram, concebendo a mesma como isenta de juízos de valor, descontextualizada e superior aos demais conhecimentos. Claro que dentro do universo analisado há alguns poucos alunos que apresentam um discurso um pouco mais consistente, no qual praticamente não há um regresso à concepção de neutralidade da ciência.

O status superior atribuído à ciência frente a outros conhecimentos se aplica também à tecnologia. De maneira geral, os licenciandos apresentam uma postura que considera a tecnologia como algo que deriva dos conhecimentos científicos e, nesse sentido, com menor valor frente à ciência. Dentro desse enquadramento,

observa-se a recorrência da proposição de que a ciência é essencialmente boa, e a tecnologia, em contrapartida, é ruim. Além disso, não se verifica a ideia de conceber a tecnologia como um processo, apenas como um produto.

Relacionado a isso, as vozes de desenvolvimento tecnológico evidenciadas pelo discurso permitiram verificar que a maior parte dos licenciandos corrobora a concepção do modelo linear de desenvolvimento, enquanto outros o aceitam fazendo algumas ressalvas, apontando que a tecnologia também tem implicações negativas para sociedade. Um terceiro e pequeno grupo, apresentou uma compreensão sobre esse aspecto que parece estar a caminho de promover uma ruptura com a visão de modelo linear, no qual se verificou pelas vozes a proposição de que o desenvolvimento é controlado por um pequeno grupo que deseja obter lucro, prestígio e poder.

Por fim, cabe dizer que a compreensão sobre as inter-relações CTS evidenciadas antes da intervenção também incluem uma visão alinhada à perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia, verificada em pelo menos metade dos sujeitos de pesquisa.

Algumas mudanças no entendimento demonstrado pelos licenciandos no início do processo puderam ser verificadas ao longo da intervenção. O processo discursivo propiciado e desenvolvido ao longo da disciplina mostrou-se fundamental na construção do conhecimento sobre o CTS, bem como para analisar a evolução na compreensão dos licenciandos e seu entendimento mais aprofundado em relação aos assuntos abordados. Isso fica bastante evidente pelo surgimento de uma vasta quantidade de vozes diferentes que, por meio da dialogização, foram sendo modificadas e suscitaram que outras vozes emergissem, de forma que os licenciandos tomaram para si algumas, complementaram ou combateram outras e, a cada interação verbal, o conhecimento sobre o CTS foi sendo construído, assim como aspectos explicativos das compreensões construídas foram sendo evidenciados.

Percebeu-se que embora todos negassem a existência do método científico no questionário, durante as interações levantou-se a hipótese de trazê-lo como elemento necessário para separar ciência da não-ciência. A conclusão que se chega nas interações é que o mesmo não serve para fazer ciência e nem para separá-la da não-ciência. Além disso, no episódio interativo 1, dialogicamente os licenciandos desenvolveram a noção de que a ciência é uma atividade humana provisória, e não

representa uma verdade absoluta. Por outro lado, os mesmos vislumbram a necessidade de propor uma separação entre ciência e não-ciência, de maneira tal que a atribuição de um status superior à atividade científica permanece em seus discursos.

Quanto à tecnologia, é possível verificar que a interanimação de vozes conduziu o discurso a uma concordância de que a mesma não é simplesmente a aplicação de conhecimentos científicos e, muito menos, representada unicamente por aparatos modernos – embora em alguns momentos se verifique o retorno de vozes que reafirmem este tipo de compreensão por parte de alguns licenciandos. Entretanto, percebe-se que as interações conduziram os participantes ao reconhecimento de que a crença no modelo linear de desenvolvimento é problemática, sendo possível constatar a existência de perspectivas mais questionadoras sobre o mesmo, além da proposição de que a ciência e a tecnologia influenciam a sociedade, assim como a sociedade também as influencia. Por outro lado, isso não significa que os estudantes tenham superado a crença no modelo linear de desenvolvimento tecnológico; entretanto, evidencia que estão a caminho disso.

Assim, subjacente a esse modelo, a neutralidade científica e tecnológica, mesmo ainda caracterizada pelo comportamento típico de “vai e vem” de vozes, já sugere estar sendo compreendida, de maneira geral, a partir de abordagens mais críticas. A influência de fatores externos, como a política, a economia e a sociedade como um todo ganharam mais destaque ao longo das interações, de forma que a ciência e a tecnologia passaram a ser atreladas a cenários socioculturais nos quais estão inseridas, e o desenvolvimento tecnológico deixou de ser associado ao bem estar social.

A análise não indica que as compreensões iniciais mais ingênuas deixaram de existir e foram superadas por outras mais sofisticadas; aliás, isso sequer representa uma hipótese levantada por este trabalho. Contudo, o que se observa é que a compreensão sobre as inter-relações CTS destes licenciandos passou por um processo evolutivo, no qual se verificam algumas modificações tanto no sentido de avanços, quanto de retrocessos.

Por outro lado, embora não tenham sido verificadas compreensões profundamente sofisticadas, percebe-se que há um reconhecimento daquelas que são mais ingênuas (como dito anteriormente, ainda residuais) e um olhar mais crítico

sobre as mesmas, de forma que em diversas ocasiões verificou-se a intenção de combatê-las, como nas unidades didáticas, por exemplo. Assim, pode-se dizer que a compreensão sobre as inter-relações CTS evidenciadas a partir das vozes expressas pelos licenciandos está a caminho de atingir níveis mais elaborados e em vias de promover um possível rompimento com as de senso comum – uma vez que essas últimas, como se evidenciou na análise, já são criticadas por eles.

Contudo, dentro desse quadro, um aspecto mais delicado quanto à compreensão das inter-relações CTS foi evidenciado pelas vozes de participação social. Se antes da intervenção percebiam-se essencialmente posturas alinhadas ao modelo de superioridade de decisões tecnocráticas, durante a intervenção foi possível perceber de que forma tal alinhamento se constitui para os investigados.

De maneira geral, as interações verbais permitiram identificar que há um entendimento sobre os problemas que envolvem o modelo de decisões tecnocráticas e a concepção de que a decisão do cientista nem sempre é a mais adequada, embora este seja considerado mais apto para tomar as decisões. Essa proposição é sustentada pelos licenciandos com base na realidade do país visualizada por eles, a partir da qual entendem que a população, em geral, ainda não tem condições de participar de decisões. Este aspecto pode estar indicando uma limitação da intervenção proposta na disciplina de Metodologia do Ensino de Física.

Quanto aos aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS, é possível dizer que há uma compreensão bastante aprofundada. No questionário inicial, a compreensão sobre a perspectiva evidenciada estava bastante atrelada a um ensino contextualizado no cotidiano, no qual os licenciandos consideravam que o CTS significava assumir a tecnologia como ponto de partida para o estudo dos conceitos ou estudar o funcionamento das tecnologias. Outros, com uma visão um pouco mais avançada, propuseram que o CTS envolve o estudo de conceitos de Física e da tecnologia para compreender um determinado tema de estudo e as implicações na sociedade. Pode-se dizer que esta compreensão inicial foi aperfeiçoada no decorrer da disciplina e culminou em unidades didáticas bem alinhadas ao enfoque CTS.

Nos episódios interativos relacionados a essas compreensões, os licenciandos trouxeram para o discurso experiências vivenciadas, inseguranças, leituras apropriadas ao longo da disciplina, entre outros. A partir desses elementos oriundos de um contexto mais amplo, vozes se interanimaram e foram progressivamente

conduzindo a discussão em direção a uma construção conceitual mais rica.

Desafios à implementação do enfoque em sala de aula, o papel dos professores, seleção dos temas e abrangência dos mesmos, o currículo, os objetivos educacionais, entre outros, foram questões que emergiram no discurso e que também foram problematizadas. De maneira geral, os licenciandos passaram a compreender que o CTS envolve a seleção de temas, e que a seleção destes deve se dar a partir do interesse dos alunos, sendo o professor o responsável por identificar os temas de interesse por meio do diálogo com os mesmos. Por outro lado, neste aspecto foi apresentada a dificuldade em envolver os alunos em discussões, devido à falta de interesse dos mesmos.

Além disso, a compreensão dos aspectos didático-pedagógicos do enfoque desses licenciandos envolve, de maneira bastante positiva, a concepção de que o CTS não é simplesmente uma nova metodologia, exigindo também mudanças curriculares e organizacionais da escola.

Além disso, em algumas interações, como o episódio interativo 4, por exemplo, mais aspectos relevantes da compreensão desses licenciandos foram revelados. Neste episódio, os sujeitos de pesquisa foram capazes de analisar uma proposta implementada em sala de aula com base nos conhecimentos construídos na disciplina, identificando importantes relações entre a ciência e a sociedade, a tecnologia e a ciência, e entre a sociedade e a tecnologia. Discutiram e analisaram a sequência adotada a partir do modelo proposto por Aikenhead (1994b) e afirmaram que propostas CTS devem preocupar-se em mostrar que a ciência não é neutra e que é permeada por interesses e influenciada por fatores externos. Também apontaram a preocupação com o desenvolvimento de valores e princípios éticos.

Esses aspectos construídos dialogicamente ao longo das interações puderam ser identificados também nas unidades didáticas elaboradas ao final da disciplina. Essas propostas construídas pelos licenciandos dão um bom indicativo da compreensão sobre os aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS, assumindo que nelas se materializa a forma como compreendem o CTS.

Assim, é possível dizer que os licenciandos investigados propõem, como objetivo principal ao enfoque CTS, o desenvolvimento de percepções entre o conteúdo científico e o contexto do aluno, assim como, mesmo com menor ênfase, o desenvolvimento de questionamentos das implicações do desenvolvimento científico-

tecnológico. Alguns conduziram suas unidades didáticas a partir de tópicos sociais, que constituíram verdadeiros panos de fundo de suas propostas, enquanto outros apenas os trabalharam aleatoriamente. Nesse sentido, percebeu-se que as unidades guiadas pelos problemas sociais foram melhor estruturadas e menos fragmentadas.

De maneira geral, percebeu-se grande facilidade em desenvolver conteúdos de ciência; já a tecnologia, embora não tenha sido esquecida, sua contemplação ficou dividida entre aqueles que abordaram apenas seus aspectos técnicos e aqueles que foram mais adiante, englobando também os aspectos organizacionais e culturais. Já assuntos relacionados à sociedade, embora presentes, não foram tão evidentes quando os de ciência e tecnologia.

Ainda, três aspectos bastante relevantes puderam ser evidenciados nas unidades: (1) todas destacaram a importância de discutir tópicos filosóficos e históricos em uma abordagem CTS, embora apenas dois se propuseram a desenvolvê-los; (2) foram recorrentes as menções à necessidade de problematizar a concepção de neutralidade científico-tecnológica, bem como seus respectivos mitos; (3) a presença da interdisciplinaridade nas propostas.

Por fim, cabe destacar que se observou um pequeno descompasso entre o que os licenciandos expressavam sobre o CTS na parte teórica da unidade, entre o que estavam se propondo a desenvolver de CTS na mesma e o que de fato conseguiam propor a partir das aulas. Esse desacerto possivelmente está relacionado com as compreensões desses licenciandos e talvez poderiam ser melhor exploradas com a implementação de tais propostas em sala de aula.

A análise também permitiu identificar alguns elementos relacionados a fatores mais amplos (institucionais, culturais e sociais), que de alguma forma ajudam a entender melhor as compreensões apresentadas pelos licenciandos e a relação dessas compreensões com seu processo formativo.

Assim, observou-se como os professores formadores influenciam nas compreensões sobre CTS dos licenciandos – como ficou claro nos episódios interativos 1, 4 e 6, nos quais os licenciandos expressaram claramente que carregam vozes disseminadas pela academia reproduzindo, muitas vezes, a voz dos professores. Além disso, as interações permitiram perceber o peso da formação ambiental na compreensão dos licenciandos, uma vez que as concepções construídas ao longo do curso de formação mostram-se profundamente enraizadas

e, por assim serem, de difícil superação, como foi perceptível nas enunciações de Renan e Ana, por exemplo.

Também foi possível perceber a influência do material didático na constituição de compreensões ingênuas dos licenciandos. Encontram-se claramente vozes oriundas do livro didático utilizado nas Físicas Básicas no discurso dos licenciandos. Quanto a isso, caberia aos formadores problematizar as visões de senso comum presentes nos livros didáticos, de forma a auxiliar na superação de visões reduzidas como estas. Todavia, teriam os professores formadores conhecimentos de História da Ciência e Epistemologia para promover tais questionamentos? Teriam eles uma visão diferente das que são veiculadas nos livros didáticos?

Ademais, foi também perceptível como o discurso era recorrentemente enriquecido por experiências práticas já vivenciadas pelos sujeitos de pesquisa, seja em projetos desenvolvidos em escolas, em disciplinas que fornecem cursos para alunos do ensino médio em que os professores são os próprios licenciandos, ou ainda pela própria atuação como professor, como é o caso de Renan. Talvez sejam estes indicativos de que inserir a prática de ensino ao longo do curso de formação seja realmente um diferencial na formação dos professores. Renan certamente contribuiu muito com as discussões a partir de suas experiências em sala de aula.

Por outro lado, referente a este ponto, também foi possível perceber que os sujeitos de pesquisa que ainda não estavam propriamente em sala de aula, assumindo o papel de professor, apresentaram menos resistência às ideias do enfoque CTS, enquanto que Renan (o único assumindo este papel), mostrou-se bastante resistente. Outros fatores que podem levar o professor a apresentar resistência ao enfoque CTS, como foi discutido no Capítulo 4, mas parece sugerir que o problema vai muito além da formação destes, como tem sido amplamente apontado pela literatura, estando, talvez, fortemente relacionado com as situações concretas do contexto escolar nas quais o professor está imerso.

Também é importante apontar algumas lacunas deixadas na própria disciplina de “Metodologia do Ensino de Física”. A mesma se mostrou não tão bem sucedida em promover uma problematização de questões relacionadas à participação social e, talvez, até um pouco sobre tecnologia. Por outro lado, dada a riqueza das propostas elaboradas, pode-se dizer que teve uma importante contribuição na formação desses futuros professores, como disciplina integradora, voltada à formação profissional.

Além disso, na aula de encerramento da disciplina (aula 31), um fator importante dentre os elencados pelos licenciandos na discussão sobre a avaliação da disciplina, merece destaque. Tal fator constitui uma excelente crítica à disciplina estruturada: é a manifestação do desejo de terem vivenciado a perspectiva CTS, isto é, além de estudá-la e construir materiais CTS, os licenciandos gostariam de ter tido a oportunidade na disciplina de terem aulas pautadas por ela. De fato, essa pode ser considerada mais uma limitação da disciplina proposta e também fica como uma recomendação para os cursos que visam incluir a perspectiva CTS, tendo em vista, como se afirmou no Capítulo 4, que o professor tende a reproduzir aquilo que lhe é aplicado e não predicado.

Por fim, um desdobramento desse trabalho foi a sugestão de uma nova reestruturação curricular, na qual houvesse uma separação dos conteúdos previstos na disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” (que ficou bastante “pesada”) e também que outras temáticas importantes para a formação do professor de Física pudessem ser incluídas no curso. Assim, sugeriu-se a extinção da atual disciplina de “Metodologia do Ensino de Física” (4 créditos), para a inclusão das seguintes disciplinas integradoras: “Políticas Públicas para o Ensino de Física” (2 créditos), “Metodologia do Ensino de Física I” (4 créditos) e “Metodologia do Ensino de Física 2” (4 créditos). Foram propostas ementas iniciais para essas disciplinas, bem como o semestre em que iriam ser incluídas e as respectivas disciplinas que seriam extintas do currículo e/ou substituídas. Tal proposição foi aceita e hoje essas três disciplinas integram a grade curricular do curso de Licenciatura em Física da UFRGS.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, T. B.; FERNANDES, J. P.; MARTINS, I. Uma análise qualitativa e quantitativa da produção científica sobre CTS (ciência, tecnologia e sociedade em periódicos da área de ensino de ciências no Brasil. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2009

ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. **Borrador**, v. 13, p. 26-30, 1996a.

_____. La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 35-44, 1996b.

_____. Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 3, n. 2, p. 198-219, 2006.

ACEVEDO DÍAZ, J. A.; ALONSO, Á. V.; MANASSERO MAS, M. A. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 80-111, 2003.

ACEVEDO DÍAZ, J. A.; ALONSO, Á. V.; MANASSERO MAS, M. A.; ROMERO, P. A. Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2002.

ACEVEDO DÍAZ, J. A.; VÁSQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M. A. El movimiento ciencia-tecnología-sociedad y la enseñanza de las ciencias. **Sala de lecturas CTS+I de la OEI**, 2002.

ACEVEDO, G. R. Ciencia, tecnología y sociedad: una mirada desde la educación en tecnología. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, p. 107-143, 1998.

AIKENHEAD, G. S. High-school graduates beliefs about science-technologysociety: the characteristics and limitations of scientific knowledge. **Science Education**, v. 71, n. 2, p. 459-487, 1987.

_____. Consequences to learning science trough STS: a research perspective. *In*: SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. S. (Org.). **STS Education: International Perspectives on Reform**. New York: Teachers College Press, 1994a.

_____. What is STS science teaching? . *In*: SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. S. (Org.). **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994b.

AIKENHEAD, G. S. STS education: a rose by any other name. *In*: CROSS, R. (Org.). **A vision for science education: responding to the work of Peter J. Fensham**: Routledge Press, 2003. p.59-75.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? . **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2001.

_____. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AZEVEDO, R. O. M.; GHEDIN, E.; FORSBERG, M. C. d. S.; GONZAGA, A. M. O enfoque CTS na formação de professores de Ciências e a abordagem de questões sociocientíficas. **IX ENPEC**. Águas de Lindóia, 2013

BAKHTIN, M. M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Editora Hucitec, 1995.

_____. Os gêneros do discurso. *In*: BAKHTIN, M. M. (Org.). **Estética da criação verbal**. 5 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. p.261-306.

BANET, E. Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 1, p. 5-20, 2007.

BASTOS, F.; NARDI, R. Debates recentes sobre formação de professores: considerações sobre contribuições da pesquisa acadêmica. *In*: BASTOS, F. e NARDI, R. (Org.). **Formação de professores e práticas pedagógicas no ensino de ciências: contribuições da pesquisa na área**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008. p.13-32.

BAZZO, W. A.; PALACIOS, E. M. G.; GALBARTE, J. C. G.; LINSINGEN, I. v.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L. T. d. V.; VALDÉS., C. **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

BOCHECCO, O. **Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS**. Dissertação de Mestrado, UFSC. Florianópolis, SC, 2011.

BOCHECCO, O.; BAZZO, W. A. Movimento e enfoque CTS – duas palavras, dois sentidos, duas histórias. **II SIACTS-EC (II Seminário Ibero-Americano de Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino de Ciências)**. Brasília, 2010

BRAIT, B. Bakhtin e a natureza constitutivamente dialógica da linguagem. *In*: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin, dialogismo e construção do sentido**. Campinas, São Paulo: Editora Unicamp, 2005. p.87-98.

_____. Análise e teoria do discurso. *In*: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin: outros conceitos-chave**. São Paulo: Contexto, 2006.

BRAIT, B.; MELO, R. d. Enunciado/enunciado concreto/enunciação. *In*: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin: conceitos-chave**. São Paulo: Contexto, 2005. p.61-77.

BRASIL. **Portaria INEP nº 254, de 02 de junho de 2014.**

_____. Ministério de Educação e Desporto. Conselho Nacional de Educação **Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena**. Brasília, DF: MEC/CNE, 2001a.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes nacionais curriculares para os cursos de Física**. Brasília, DF: 2001b.

CAAMAÑO, A. La educación ciencia-tecnología-sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo curriculum de ciencias. **Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales**, v. 2, n. 3, p. 4-6, 1995.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 1995.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. O saber e o saber fazer dos professores. *In*: CASTRO, A. D. e CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Didática para a escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p.107-124.

CASSAB, M. Algumas reflexões sobre o planejamento e a avaliação na área de ensino de cências e biologia. **Ciência em Tela**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2008.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en europa y estados unidos. **Revista iberoamericana de educación**, n. 18 p. 41-68, 1998.

CEREZO, J. A. L. Ciência, Tecnologia y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 18, n. 28, p. 1-25, 1998.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 3 ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2003.

CHEEK, D. W. **Thinking constructively about science, technology and society education**. Nova York: State University of New York Press, 1992.

COLE, M.; SCRIBNER, S. Introdução. *In*: VYGOTSKI, L. S. (Org.). **A formação social da mente**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, 2010

CORRÊA, M. B. Tecnologia. *In*: CATTANI, A. D. (Org.). **Trabalho e tecnologia: dicionário crítico**. Petrópolis: Vozes, 1997. p.250-257.

CRUZ, S. M. S. C. S.; ZYLBERSZTAJN, A. 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: Editora da UFSC, 2001. p.236.

CUNHA, A. M. **Ciência, tecnologia, e sociedade na óptica docente: construção e validação de uma escala de atitudes**. Dissertação de mestrado: Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

CUPANI, A. O que aconteceu com a racionalidade da ciência? *In*: PESSOA JR., O. e DUTRA, L. H. D. A. (Org.). **Racionalidade e objetividade científicas**. Florianópolis: UFSC/NEL, 2013. p.15-41.

CUSTER, R. L. Examining the dimensions of technology. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 5, p. 219-244, 1995.

DECONTO, D. C. S.; ANDRELLA, R.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F. A compreensão de professores em relação ao conceito de conteúdo de ensino, tecnologia e contextualização à luz do movimento ciência, tecnologia e sociedade. **XIV EPEF**. Maresias, 2012

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DIAS, R. E.; LOPES, A. R. C. Competências na formação de professores no Brasil: o que (não) há de novo. **Educação e Sociedade**, v. 24, n. 85, p. 1155-1177, 2003.

DUARTE, M. S.; SCHWARTZ, L. B.; SILVA, A. B.; RESENDE, F. Perspectivas para além da racionalidade técnica na formação de professores das ciências. **VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009

FARACO, C. A. **Linguagem & diálogo: as ideias linguísticas do círculo de Bakhtin**. São Paulo: Parábola Editorial, 2009.

FIGUEIREDO, V. **Produção social da tecnologia**. São Paulo: EPU, 1989.

FIRME, R. d. N.; AMARAL, E. M. R. d. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 251-269, 2008.

FLORES, V. Dialogismo e enunciação: elementos para uma epistemologia da lingüística. **Linguagem & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 3-32, 1998.

FONTANA, R. A. C. **Mediação pedagógica na sala de aula**. Campinas, SP: Autores Associados, 2005.

FONTES, A.; CARDOSO, A. Formação de professores de acordo com abordagem ciência/tecnologia/sociedade. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 15-30, 2006.

FOUREZ, G. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995a.

_____. El movimiento ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y la enseñanza de las ciencias. **Perspectivas UNESCO**, v. 25, n. 1, p. 27-40, 1995b.

_____. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue S.R.L, 1997.

_____. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

FRAGA, L. **O curso de graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP: uma análise a partir da educação em ciência, tecnologia e sociedade**. Dissertação de mestrado: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

FREITAG, B. Prefácio. *In*: MOREL, R. L. D. M. (Org.). **Ciência e estado: a política científica no Brasil**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1979. p.XV - XXVIII.

FREITAS, M. T. d. A. F. Nos textos de Bakhtin e Vigotski: um encontro possível. *In*: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin, dialogismo e construção do sentido**. 2. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 2005. p.365.

GAMA, R. Tecnologia e trabalho. *In*: GAMA, R. (Org.). **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo: EDUSP, 1986. p.181-207.

GARDNER, P. L. The relationship between technology and science: some historical and philosophical reflections. Part I. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 4, n. 2, p. 123-153, 1994.

_____. The representation of science-technology relationships in Canadian physics textbooks. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 3, p. 329-347, 1999.

GIROUX, H. Professores como intelectuais transformadores. *In*: GIROUX, H. (Org.). **Os professores como intelectuais**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p.157-164.

GÓES, M. C. d. R. A natureza social do desenvolvimento psicológico. **Caderno Cedes**, n. 24, p. 17-24, 1991.

GÓES, M. C. R. d. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Caderno Cedes**, v. 20, n. 50, p. 09-25, 2000.

GUAITA, J. C.; POVEDA, P. T. Ciencia, Tecnología, Sociedad como materia optativa de bachillerato en España. *In*: MEMBIELA, P. (Org.). **Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva ciencia-tecnología-sociedad**. Madrid: Narcea, 2001. p.135-145.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HAYS, D. G.; SINGH, A. A. **Qualitative inquiry in clinical and educational settings**. Nova Iorque: The Guilford Press, 2012.

HAZEN, R. M.; TREFIL, J. **Saber ciência**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1995.

HICKMAN, F. M.; PATRICK, J. J.; BYBEE, R. W. **Science/ technology/ society: a framework for curriculum reform in secondary school science and social studies**. Colorado: Social Science Education Consortium, 1987.

HOLMAN, J. Editor's introduction: Science-technology-society education. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 343-345, 1988.

HUNSCHE, S.; DALMOLIN, A. M. T.; ROSO, C. C.; SANTOS, R. A. d.; AULER, D. Enfoque CTS no contexto brasileiro: caracterização segundo periódicos da área de educação em ciências. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009

ISAIA, S. M. d. A. Contribuições da teoria vygotskiana para uma fundamentação psicopistemológica da Educação. **Educação**, v. 21, n. 35, p. 51-60, 1998.

JESUS, A. C. S.; CARNIO, M. P.; TAKAHASHI, B. T.; GUÇÃO, M. F. B.; NARDI, R. Formação de professores de ciências: um panorama sobre esta temática em periódicos da área (2001-2009). **VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências**. Campinas - SP, 2011

KNELLER, G. **A ciência como atividade humana**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

KNORR-CETINA, K. A comunicação na ciência. *In*: GIL, F. (Org.). **A Ciência tal qual se faz**. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999. p.375-393.

KRASILCHIK, M. Ensino de ciências e a formação do cidadão. **Em aberto**, n. 40, p. 55-60, 1988.

_____. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2007.

KUENZER, A. Z. A formação de professores para o ensino médio: velhos problemas, novos desafios. **Educação & Sociedade**, v. 32, n. 116, p. 667-688, 2011.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. 5 ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1997.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LEAL, M. C.; GOUVÊA, G. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2002.

LEMKE, J. L. Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 296-316, Mar. 2001.

_____. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. São Paulo: Edições Loyola, 1986.

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

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic inquiry**. Beverly Hills, CA: Sage, 1985.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2001.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2000.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de Física. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, 2005

MARTINS, I. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 28-39, 2002.

_____. Alfabetização científica: metáfora e perspectiva para o ensino de ciências. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008

MAUÉS, O. C. Reformas internacionais da educação e formação de professores. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 89-117, 2003.

MCKAVANAGH, C.; MAHER, M. Challenges to science education and the STS response. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 28, n. 2, p. 69-73, 1982.

MELLO, G. N. d. Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re)visão radical. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 98-110, 2000.

MEMBIELA, P. Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. **Alambique dicáctica de las ciencias experimentales**, v. 2, n. 3, p. 7-11, 1995.

_____. Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. *In*: MEMBIELA, P. (Org.). **Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: formación científica para la ciudadanía**. Madrid: Narcea, 2001. p.91-103.

MIRANDA, A. I. **Da natureza da tecnologia: uma análise filosófica sobre as dimensões ontológica, epistemológica e axiológica da tecnologia moderna**. Dissertação de mestrado: Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, CEFET-PR. 2002.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007.

NOVAES, H. T.; FRAGA, L. Tecnologia, educação e autogestão: apontamentos iniciais para um estilo alternativo de desenvolvimento para a América Latina. **VIII Jornadas Latinoamericanas de Estudos Sociales de la Ciencia y de la Tecnología**. Buenos Aires, 2010

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sociohistórico**. 2 ed. São Paulo: Scipione, 1995.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Epistemologia: implicações para o Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Evangraf (UFRGS), 2011.

PACEY, A. **La cultura de la tecnología**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 601-626, 2011.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 3, p. 229-253, 1997.

PEREIRA, J. E. D. As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. **Educação & Sociedade**, n. 68, p. 109-125, 1999.

PEREIRA, J. J. B. J.; FRANCIOLI, F. A. d. S. Materialismo histórico-dialético: contribuições para a teoria histórico-cultural e a pedagogia histórico-crítica. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, v. 3, n. 2, p. 93-101, 2011.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PINO, A. **O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano**. Cadernos CEDES. Campinas: 32-43 p. 1991.

PINTO, M. J. **Comunicação e discurso: introdução à análise de discursos**. São Paulo: Hacker, 1999.

RAMSEY, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. **Science Education**, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

RIBAS, A. F. P.; MOURA, M. L. S. d. Abordagem sociocultural: algumas vertentes e autores. **Psicologia em Estudo**, v. 11, n. 1, p. 129-138, 2006.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; JUNIOR, M. F. R. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 135-147, 2007.

RIVIÈRE, A. **La psicología de Vygotski**. 2 ed. Madrid: Visor, 1985.

RUBBA, P. A. Integration STS into school science and teacher education: beyond awareness. **Theory into Practice**, v. 30, n. 4, p. 303-315, 1991.

RUBBA, P. A.; WIESENMAYER, R. L. Goals and competencies for precollege STS education: recommendations based upon recent literature in environmental education. **Journal of environmental Education**, v. 19, n. 4, p. 38-44, 1988.

SANTOS, M. E. V. M. d. **Desafios pedagógicos para o século XXI**. Lisboa: Livros Horizonte, 1999.

_____. **A cidadania na "voz" dos manuais escolares.** Lisboa: Livros Horizonte, 2001.

SANTOS, W. L. P. d. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007a.

_____. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007b.

_____. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

_____. Significados da educação científica com enfoque CTS. *In*: SANTOS, W. L. P. D. e AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p.21-47.

_____. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P. d.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, dez. 2000.

SANTOS, W. L. P. d.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** 4 ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009.

_____. Formação de professores no Brasil: dilemas e perspectivas. **Póiesis Pedagógica**, v. 9, n. 1, p. 7-19, 2011.

SCHÄFER, E. d. A.; OSTERMANN, F. Autonomia profissional na formação de professores: uma análise de entrevistas realizadas num mestrado profissional em ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 287-312, 2013.

SCHNETZLER, R. P. O professor de Ciências: problemas e tendências de sua formação. *In*: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (Org.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens.** Campinas: R. Vieira, 2000. p.12-41.

_____. Alternativas didáticas para a formação docente em química. *In*: CUNHA, A. M. D. O.; MORTIMER, E., *et al* (Org.). **Convergências e tensões no campo da formação docente**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

SHEN, B. S. P. Science literacy. **American Scientist**, n. 39, p. 265-268, 1975.

SILVEIRA, F. L. d. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**, n. 55, p. 36-41, 1992.

SILVEIRA, F. L. d.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir de resultados experimentais". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 7-27, jun. 2002.

SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, N. C.; ROSSET, J. M. A formação de professores enunciada pela área de educação em ciências. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 97-121, 2010.

SMOLKA, A. L. B. Esboço de uma perspectiva teórico-metodológica no estudo de processos de construção de conhecimento. *In*: GÓES, M. C. D. R. e SMOLKA, A. L. B. (Org.). **A significação nos espaços educacionais: Interação social e subjetivação**. Campinas, SP: Papyrus, 1997.

SNOW, C. **The two cultures and a second look. An expended version of the two cultures and the scientific revolution**. London: 1964.

SOLBES, J.; VILCHES, A.; GIL, D. P. Formación del profesorado desde el enfoque CTS. *In*: MEMBIELA, P. (Org.). **Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad**. Madrid: Narcea, 2001.

SOLOMON, J. The dilemma of science, technology and society education. *In*: FENSHAM, P. (Org.). **Development and dilemmas in science education**. London: The Falmer Press, 1988a. p.266-281.

_____. Science, technology and society courses: tools for thinking about social issues. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 379-387, 1988b.

_____. **Teaching science, technology and society**. Buckingham: Open University Press, 1993.

STAUDENMAIER, J. M. **Technology storytellers: reweaving the human fabric**. Cambridge: MIT Press, 1985.

STRIEDER, R. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese de doutorado: Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TERNEIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2005.

TRIVELATO, S. I. F. A formação de professores e o enfoque CTS. **Pensamiento Educativo**, v. 24, p. 201-234, 1999.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. **Vygotsky: uma síntese**. 4 ed. São Paulo: Edições Loyola, 1996.

VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W. L. P. d. Educação ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**. 2008

VERASZTO, E. V. **Tecnologia e sociedade: relações de causalidade entre concepções e atitudes de graduandos do Estado de São Paulo**. Tese de doutorado: Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2009.

VIVEIRO, A. A.; CAMPOS, L. M. L. Um olhar sobre os docentes de área específica em um curso de licenciatura em ciências: reflexos na formação inicial de professores. **VIII ENPEC**. Campinas, 2011

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

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

WAKS, L. J. Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. *In*: SANMARTÍN, J. (Org.). **Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública**. Barcelona: Anthropos / Leioa (Vizcaya), 1990. p.42-75.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated**. Cambridge: Harvard University Press, 1993.

_____. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Barcelona: Paidós, 1995.

_____. A necessidade da ação na pesquisa sociocultural. *In*: WERTSCH, J. V.; DEL RIO PEREDA, P., *et al* (Org.). **Estudos socioculturais da mente**. Porto alegre: Artmed, 1998. p.56-71.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO PEREDA, P.; ALVAREZ, A. Estudos socioculturais. *In*: WERTSCH, J. V.; DEL RIO PEREDA, P., *et al* (Org.). **Estudos socioculturais da mente**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p.11-38.

YAGER, R. E. Science, technology, society: a major trend in science education. *In*: UNESCO (Org.). **New trends in integrated science teaching**. Bélgica: UNESCO, 1990. p.44-48.

YAGER, R. E. History of science/technology/society as reform in the United States. *In*: YAGER, R. E. (Org.). **Science/technology/society as reform in science education**. New York: State University of New York Press, 1996.

ZARUR, G. **A arena científica**. Autores Associados, 1994.

ZEICHNER, K. Uma agenda de pesquisa para a formação docente. **Revista brasileira de pesquisa sobre formação docente**, v. 1, p. 13-40, 2009.

ZIMAN, J. M. **Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad**. México: FCE, 1980a.

_____. **Teaching and Learning about Science and Society**. Cambridge: 1980b.

ZOLLER, U. Decision-making in future science and technology curricula. **European Journal of Science Education and Technology**, v. 4, n. 4, p. 11-17, 1982.

ZOLLER, U.; WATSON, F. G. Technology education for nonscience students in the secondary school. **Science Education**, v. 58, n. 1, p. 105-116, 1974.

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Informado

Esta pesquisa faz parte do projeto de mestrado de Diomar Caríssimo Selli Deconto, estudante do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IF/UFRGS). A finalidade principal é estudar as concepções de professores em formação acerca das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, assim como seus usos em sala de aula. Os resultados poderão ajudar a repensar o papel das disciplinas do curso de licenciatura em Física.

Os dados serão coletados durante as aulas e em discussões realizadas entre sujeitos de pesquisa e mediada pelo mestrando pesquisador a respeito do tema “Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Física”. As discussões serão gravadas em áudio e vídeo.

Observações manuscritas, gravações em áudio e cópias de outros materiais que darão suporte à posterior análise ficarão sob a guarda e responsabilidade dos pesquisadores com a garantia de total sigilo, não sendo mencionados os nomes dos participantes em nenhuma apresentação oral ou trabalho escrito, que venha a ser publicado.

A participação nesta pesquisa não oferece risco ou prejuízo à pessoa entrevistada. Se no decorrer da pesquisa o (a) participante resolver não mais continuar terá toda a liberdade de fazer, sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo.

Os participantes poderão solicitar informações sobre a pesquisa e/ou resultados diretamente ao pesquisador ou ainda, e quando necessário, à orientadora responsável por essas atividades, Prof^a. Fernanda Ostermann, do Departamento de Física do IF/UFRGS. Este contato poderá ser feito por meio do endereço eletrônico fernanda.ostermann@ufrgs.br ou pelo telefone: (51) 3308-7247.

Após ter sido informado de todos os aspectos desta pesquisa e ter esclarecido todas minhas dúvidas, eu _____
(nome por extenso do pesquisado) concordo em participar desta pesquisa.

Participante

Pesquisador

Orientadora

Porto Alegre, ____ de _____ de 2011.

APÊNDICE B

Aspectos de Análise	Abordagem Comportamentalista	Abordagem Cognitivista	Abordagem Humanista	Abordagem Sociocultural
Papel da Escola				
Relacionamento professor-aluno				
Conteúdos de Ensino				
Processo de ensino-aprendizagem				
Metodologia				
Papel da Avaliação				

APÊNDICE C

Questionário inicial sobre visões CTS

Este é um questionário sobre concepções relativas à abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O objetivo desse questionário não é coletar respostas certas ou erradas, mas sim o conhecimento que você possui sobre cada uma das questões propostas. Por este motivo, é importante que cada questão esteja escrita de forma clara, coerente com a pergunta e devidamente justificada. Explique o máximo que puder!

QUESTÕES

- 1) Você já teve contato com a perspectiva CTS? Em caso afirmativo, relate como foi este contato.
- 2) Mesmo sendo uma tarefa complexa, escreva o que você entende por:
 - a. Ciência;
 - b. Tecnologia;
 - c. Sociedade.
- 3) Como se faz ciência? Existe uma sequência de regras a serem cumpridas para se chegar a um conhecimento considerado científico?
- 4) Você considera que a atividade do cientista é livre de interesses e convicções pessoais?
- 5) Comente a seguinte afirmação:
Investir em Ciência e Tecnologia é necessário, pois elas sempre implicam em bem estar e riqueza para o país e para a população.
- 6) Você acha que os cientistas, por serem especialistas em determinadas áreas do conhecimento, estão mais aptos para tomar decisões nestas áreas do que pessoas comuns? As políticas públicas são melhores quando decididas por especialistas?
- 7) A Ciência e a Tecnologia podem resolver os problemas sociais e ambientais do nosso planeta?
- 8) Existe influência externa (sociedade e seus valores, economia, política...) sobre a atividade científico-tecnológica?
- 9) Como se distingue Ciência e Tecnologia?
- 10) Qual a relação entre Ciência e Tecnologia? A Ciência é mais dependente da Tecnologia ou a Tecnologia é mais dependente da Ciência?
- 11) Como você imaginaria uma abordagem CTS no ensino de Física?

APÊNDICE D

Transcrição das respostas dadas ao questionário sobre visões de CTS

1) Cleber

1. Não.
2. a) A ciência é uma atividade humana que tem por objetivo descrever e/ou explicar fenômenos da natureza.

b) Uso de conhecimentos científicos de modo a desenvolver meios de tornar atividades (comunicação, transporte, fabricação de equipamentos, veículos, etc.) mais eficientes, mais rápidas e precisas.

c) Sociedade é o meio em que estamos inseridos, estruturada nas relações políticas e econômicas.
3. Ciência se faz a partir do estudo de processos e fenômenos da natureza. Para isso, o cientista se utiliza de teorias (já existentes ou criadas por ele) para poder entender o processo que está estudando e para poder fazer previsões a cerca deste. A experimentação também é uma das “armas” que o cientista utiliza nos seus estudos, podendo utilizar esta técnica para visualizar o fenômeno e testar suas hipóteses (não a teoria em si, mas situações particulares tiradas da teoria) podendo enxergar a validade e as limitações da teoria proposta. Não se faz ciência seguindo passos específicos, é diferente de cozinhar um bolo, por exemplo, onde se exige que certas etapas sejam cumpridas em uma determinada ordem.
4. Para se fazer pesquisa é necessário dinheiro, ou seja, alguém precisa financiar a atividade do cientista. Como sabemos a maior parte do capital se concentra em uma minoria de pessoas (grandes empresas, por exemplo), que são os que tem condições de bancar essas pesquisas, portanto, só serão financiados os estudos que sejam de interesse dessa minoria (normalmente aquilo que dá lucro, bastante lucro). Além disso, o próprio cientista, quando olha para um determinado fenômeno não o faz com neutralidade. O cientista não se despe de sua experiência de vida (preconceitos, teorias, etc.) ao olhar algo novo, logo, duas pessoas olhando para uma mesma situação podem dar interpretações e importância completamente diferentes, justamente pelo fato de não ser 100% neutro frente a esta situação.
5. Essa frase não é verdadeira. Os lucros provenientes do desenvolvimento científico e tecnológico sempre terminam nas mãos de uma minoria e nunca a população sai ganhando com isso. Entretanto, é necessário se investir em ciência e tecnologia, o que realmente está errado, nesse caso, é a forma como a renda é distribuída no país.

6. Com certeza, pois dominado essa área do conhecimento o cientista é capaz de avaliar melhor os prós e contras que cada decisão acarreta. Pessoas comuns não teriam essa competência em avaliar de maneira mais eficiente dada situação. No caso das políticas públicas, não posso avaliar de maneira mais precisa, pois não acompanho o cenário político, mas acredito que as decisões tomadas por especialistas podem ser melhores (desde que interesses pessoais sejam deixados de lado).
7. Sozinhas não, mas podem ser ferramentas fundamentais nessa mudança (que deveria iniciar por uma distribuição de renda mais justa e um forte investimento na educação)
8. Boa parte desta questão já foi respondida na pergunta 4, então só vou destacar certos pontos aqui. As pesquisas são financiadas por uma minoria, logo, essa atividade só terá alto investimento onde for de interesse do detentor do capital. Ou seja, só serão desenvolvidas as pesquisas que atendem esses interesses externos.
9. Ciência é produção de conhecimento (estudo do fenômeno), tecnologia é a aplicação deste conhecimento (construção de equipamentos eletrônicos, por exemplo).
10. As duas estão em igualdade, pois a ciência ao se desenvolver promove avanços tecnológicos, que por sua vez, podem permitir um maior avanço científico ao passo em que é utilizada para melhorar equipamentos que os cientistas usam em suas pesquisas.
11. Pode-se começar pegando um problema social comum a comunidade e avaliar de que forma a ciência e a tecnologia podem contribuir para solucioná-lo e/ou de que forma elas podem gerar ou agravar um problema.

2) Lucas

1. Não.
2. a) Ciência é um tipo de conhecimento que busca explicar fenômenos ou fatos naturais ou artificiais através de modelos e teorias, contudo assume um papel mutável, reservando um espaço para contra-argumentação e verificação.

b) Tecnologia é o estudo feito para aplicação do conhecimento científico em nossa sociedade.

c) Sociedade é um grupo de pessoas que se subordinam a determinadas regras e leis originadas democraticamente pelos membros desse grupo, impositivamente por alguma ou algumas pessoas desse grupo ou culturalmente ao longo da história, digo, existência desse lugar onde viveram essas pessoas e seus ascendentes.

3. Penso que não existe uma maneira certa de se fazer ciência, mas acredito que, aquilo, digo, para considerar algo científico, devemos não veicular isso como verdade absoluta, fazemos verificações para, digo, do que está sendo exposto e constatarmos se ele atinge seu objetivo.
4. Não, porque os interesses e convicções pessoais são justamente o que sempre motivou o homem historicamente. A sociedade atual já, digo, também é um meio que força o cientista a ter certas convicções ou por uma cultura desenvolvida, ou pelo sistema político-econômico instituído.
5. Pensar que a bomba atômica que os EUA lançaram no Japão implicou em bem estar e trouxe riquezas para os japoneses, parece uma piada. Por outro lado, o conhecimento científico da época possibilitou a construção dessa arma (tecnologia) e, também, de outras coisas que nos fornecem muito conforto, principalmente para os japoneses. Por fim, devo dizer que investir em ciência sempre será bom, porém, com certeza, não podemos dizer a mesma coisa à tecnologia, justamente, por interesses como o das utilizações das bombas atômicas.
6. Penso que na parte de um assessoramento a essas decisões os especialistas sempre tem que estar presentes e não na decisão propriamente, pois de nada adiantaria termos um bom planejamento para uma sociedade se essa sociedade não estiver conscientizada de seu benefício.
7. Sim, desde que não se atenda a interesses pessoais ou de determinado grupo, mas sim de toda a sociedade.
8. Claro que sim, pois aqueles que fazem ciência não estão isolados da sociedade, de cultura, economia, política...
9. A ciência é a origem para tecnologia, ou seja, sem ciência não existiria tecnologia, porém o contrário não é verdadeiro, digo, nem sempre é verdadeiro.
10. Ao se fazer ciência alcançamos um produto disso (teorias, modelos,...) que a conecta à tecnologia. A relação de dependência entre ciência e tecnologia é mútua e principalmente nos dias de hoje é difícil dizer qual depende mais da outra.
11. Penso, pelo pouco que entendo de abordagem CTS, que, o professor conhecendo o ambiente social de seus alunos, interagindo com eles para saber o que gostam e utilizam no dia-a-dia e, ao final, mostrar a ciência presente nisso tudo, seria uma forma simples de abordar CTS.

3) Sofia

1. Não.
2. Acredito que estes conceitos podem ser descritos da seguinte forma:

- a) Área do conhecimento em que são descritos fenômenos da natureza, do homem e da sociedade. A ciência se baseia em teorias, estas não surgem necessariamente da observação de um fenômeno, acredita-se que toda vez que o pesquisador faz uma observação ele já tem uma expectativa prévia do resultado, isso significa que teoria e observação estão juntas no processo de compreensão de um determinado fenômeno.
- b) Ferramentas que são desenvolvidas para auxiliar o homem. Além disso, é usada por alguns para obtenção de lucro.
- c) Meio criado pelo homem para facilitar sua existência. Neste meio estão ligados suas relações pessoais, seu trabalho, saúde, alimentação e até mesmo o conhecimento que adquiriu ao longo da vida e a forma de pensamento. Isso porque o homem faz parte da sociedade e ao mesmo tempo ele a modifica, visto que outros indivíduos fazem parte dela.
3. Acredito que a observação e a teoria estão fortemente ligadas. Toda vez que o cientista tenta compreender um fenômeno ele já tem uma teoria e prevê o que será observado, se o previsto não ocorre é necessário modificar a teoria. Então acredito que não existam passos e que teoria e observação estão lado a lado na construção do conhecimento.
 4. Não, acredito que o cientista é um homem normal que possui convicções pessoais e isso reflete em suas atividades, além disso elas só ocorrem porque existe interesse de alguém ou algum grupo, de financiar esta pesquisa.
 5. Acredito que a afirmação não é totalmente correta pois nem sempre a Ciência e a Tecnologia contribuem para o bem estar social, por vezes elas se voltam para os interesses de um pequeno grupo, obtendo lucro, poder e prestígio para este grupo seletivo.
 6. Não, acredito que a tomada de decisões deveria ser feita em conjunto e cada pessoa poderia expor suas ideias e o grupo poderia decidir o que é melhor para todos.
 7. Acredito que sim, mas novamente não estão separadas da sociedade. Ao meu ver os problemas serão resolvidos com a colaboração de pessoas de diversas áreas.
 8. Sim, acredito que a pesquisa científica e a atividade de desenvolvimento tecnológico estão fortemente financiadas por interesses econômicos e políticos.
 9. Ciência está ligada a compreensão de fenômenos e a tecnologia seria uma ferramenta facilitadora do homem. Acredito que a ciência contribua para tecnologia.
 10. Pode-se dizer que a ciência contribua para a tecnologia por isso a tecnologia seria mais dependente da Ciência.

11. Seria uma abordagem que envolveria o conteúdo de Física, as tecnologias que foram desenvolvidas a partir da compreensão deste tema e quais as suas implicações na sociedade. Esta abordagem é bem mais ampla e o aluno poderá compreender melhor o mundo em que vive.

4) Rafael

1. Até o momento não tive contato com o assunto.
2. a) Ciência é um conjunto de conhecimentos adquiridos através da observação, experimentação e sistematização de fenômenos.

b) Tecnologia é o conjunto de aparatos desenvolvidos pelo homem a fim de facilitar o seu trabalho. Semelhante a uma ferramenta.

c) Sociedade é o grupo de seres que tem costumes em comum.
3. Ciência se faz através da observação, sistematização e experimentação dos fatos. Não existe uma sequência direta, como muitos livros didáticos afirmam, primeiro se observa, depois se parte para a teorização dos fatos. Na verdade, pode-se criar uma teoria e depois testá-la ou pode-se partir do conhecimento que a matemática fornece para verificarmos a sua consistência.
4. Não considero que a atividade científica seja isenta. Uma pesquisa científica sempre é patrocinada por alguma entidade que possui interesse nessa pesquisa.
5. O investimento em Ciência e Tecnologia nem sempre implica em melhoria das condições de vida de uma população. Como afirmado anteriormente (questão 4), os resultados da pesquisa científica são direcionados por quem os patrocina. E nem sempre os resultados beneficiam a população em geral. Podemos citar o projeto Manhattan, após o desenvolvimento da bomba atômica os EUA tornaram-se o país dominante do mundo capitalista da época. Com isso sua população se beneficiou economicamente. Mas existem outros casos em que apenas um pequeno grupo se beneficiou com os resultados obtidos.
6. Imagino que os governos devem ter especialistas para determinar qual a melhor decisão a ser tomada em determinado assunto. O problema é que existem interesses econômicos sobre todas as questões e estas são fatores muito mais determinantes do que a opinião de um especialista.
7. Imagino que com um emprego correto da ciência, podemos melhorar as condições da população do nosso planeta. Podemos desenvolver maneiras das plantas produzirem mais alimentos, podemos desenvolver métodos baratos para dessalinização da água dos mares, aumentando assim a nossa reserva de água potável. Podemos criar alternativas para os combustíveis fósseis, diminuindo a emissão de poluentes na atmosfera. Esse último exemplo esbarra em um grande

interesse econômico, pois a base da economia do mundo é o petróleo. Com isso esse empreendimento se torna difícil de ser implementado.

8. A influência da sociedade e seus valores se dá principalmente em questões consideradas antiéticas, por exemplo, clonagem humana, aborto, uso de células tronco. Essas pesquisas esbarram em conceitos religiosos e morais que fazem a sociedade pressionar para o não desenvolvimento dessas pesquisas. Quanto a economia e política a pressão se dá em busca de resultados imediatos e na aplicação das descobertas em novos produtos. Como já citamos anteriormente, a sociedade e o governo são quem pagam as pesquisas e defendem os seus rumos.
9. Ciência é todo o conjunto de conhecimentos adquiridos pela raça humana. Tecnologia é decorrente da aplicação da ciência em determinada área.
10. A ciência, através de estudos desenvolve métodos e teorias dos fenômenos naturais. Quando estes métodos são aplicados com um fim específico temos um aparato tecnológico. Imagino que a tecnologia dependa da Ciência, pois a Ciência desenvolve os meios para o desenvolvimento da Tecnologia. Por outro lado, a Tecnologia quando aplicada pode levar a novas descobertas científicas. Mas a dependência maior é da tecnologia em relação à ciência, pois esta ocorre em primeiro lugar.
11. Uma abordagem CTS deveria levar em conta os aparatos tecnológicos atuais (Ipad, GPS, computadores) seus princípios de funcionamento científico e o impacto que eles causam na sociedade, por exemplo como era a sociedade antes do advento do telefone celular.

5) João

1. Muito pouco contato. Em todos os livros didáticos, na parte do professor, geralmente tem alguns textos falando sobre esse assunto.
2. a) Campo do conhecimento caracterizado por procedimentos, atitudes, “rituais” típicos desta época. É característico também da ciência o fato de que o conhecimento que ela produz ser legitimado por especialistas da área. Por exemplo, alguém escreve um determinado artigo sobre Física de partículas. Somente especialistas naquela área e que poderão afirmar se o que foi escrito é relevante ou não. Se for muito irrelevante, talvez não se consiga nem publicar. Após publicadas, pessoas da área vão tomar contato com esse artigo e ampliar os conhecimentos que tem sobre o tema, ou simplesmente refletir sobre.
- b) Técnicas, aparelhos, instrumentos e dispositivos que para serem implantados e utilizados utilizam conhecimentos científicos, matemáticos e outros, que aplicados, “resolvem” determinado problema da sociedade.

- c) Conjunto de indivíduos que estabelecem entre eles as mais variadas relações e trocas. Uma sociedade é caracterizada por relações variadas entre os seus integrantes, por exemplo, intensa troca de mercadorias, recessões, costumes, procedimentos e tradições.
3. Não existe uma receita para se fazer ciência. O que existe são procedimentos compartilhados pelos indivíduos da área como mais aceitos ou menos aceitos. Geralmente se trabalha em uma área específica da ciência, temos conhecimento do que existe de conhecimento naquela área, como foi produzido o conhecimento que já existe daquela área; geralmente cada área tem as chamadas “questões relevantes” da época. Por essa troca que será efetuada entre a tua possível contribuição e as contribuições dos outros envolvidos na área nascerá o chamado “conhecimento científico”. Agora como se chega a um novo conhecimento científico é algo complexo, talvez não existe um determinado procedimento, mas várias possibilidades de tentativa de se chegar a algo novo em ciência.
 4. Não a atividade do cientista não é livre por interesses e convicções pessoais. Até porque vais participar de uma determinada linha de pesquisa. Ao participar dessa determinada linha de pesquisa, implicitamente já aceitou opiniões e concepções partilhada pelas pessoas daquele grupo. A atividade do cientista é influenciada por gosto e interesses pessoais, interesses econômicos, políticos e corporativos.
 5. É importante o investimento em ciência e tecnologias, pois a ciência fornecerá as ideias e a tecnologia os instrumentos para resolver determinado problema da sociedade. Quanto maior o leque de possibilidades que uma sociedade através da ciência e tecnologia dispuser, melhor para a sociedade, significa maiores possibilidades de resolver determinado problema e melhorar as condições de vida da pessoa. Só que esta relação não é direta – maior investimento em ciência e tecnologia → melhores condições de vida e riqueza para o país. A ciência e tecnologia gerarão instrumentos, mas a maneira como esses dispositivos serão utilizados vai passar por decisões políticas, econômicas, etc.
 6. Em decisões de que tecnologia utilizar, os cientistas, por trabalharem na elaboração do conhecimento que permitiu tal tecnologia, teríamos decisões melhores, pois o cientista sabe a limitação do conhecimento que gerou tal dispositivos. Quanto a políticas públicas, elas não necessariamente seriam melhores por serem tomadas por cientista. Por que essas políticas envolvem decisões não apenas de tecnologia, mas de política, economia, sociologia, etc.
 7. A ciência e tecnologia podem e muito contribuir para resolver problemas sociais e pessoais do nosso problema, dando mais possibilidades, no sentido de mais conhecimento, instrumento, procedimentos para se tornar alguma decisão.
 8. Sim. Como a atividade científica e tecnológica é realizada dentro de uma sociedade, sofrerá inúmeras influencias externas. O próprio fato de alguém que trabalhe com

ciência e tecnologia ter algum prestígio na sociedade, indica que esse indivíduo para obter esse prestígio será permeado pelos valores da sociedade, por aqueles valores que a sociedade considera melhor. A atividade científico-tecnológica é influenciada por decisões políticas e econômicas. Para financiar a pesquisa, por exemplo, passa por decisões econômicas.

9. A ciência gera determinados conhecimentos característicos por seguirem determinados procedimentos e legitimação, enquanto a tecnologia aplica os conhecimentos científicos, para resolver problemas específicos.
10. A tecnologia aplica determinados conhecimentos científicos para resolver algum problema. A tecnologia usa não apenas conhecimentos científicos, mas conhecimentos matemáticos, administrativos, econômicos para resolver alguma questão. Mas sem dúvida, os conhecimentos científicos e que impulsionam a inovações tecnológicas. Neste sentido, a tecnologia é mais dependente da ciência.
11. Acredito que usando como ponto de partida de uma aula a aplicação de determinados dispositivos tecnológicos. Para exemplificar determinados dispositivos tecnológicos, se utiliza conhecimentos científicos. A partir disso elaboraria uma aula levando o aluno a tomar conhecimento de grandes temas e questões da física.

6) Mário

1. Sim. Na disciplina de Física Aplicada II. Foi interessante, o professor deu a oportunidade a um mestrando de apresentar essa abordagem para a turma. Tentamos trabalhar um pouco com essa abordagem em um dos trabalhos a fazer.
2. a) Ciência é aquilo que busca estudar o mundo a nossa volta.
 b) É a aplicação de determinado conhecimento para uso do homem
 c) É o meio em que os seres humanos estão inseridos, composta por alguns ou muitos seres humanos.
3. Ciência se faz principalmente através de ideias, sem um método ou modelo pronto.
4. Ninguém é livre de ideias ou conceitos próprios. Mesmo o cientista, não consegue desenvolver sua atividade sem colocar nela, também, suas convicções, ideias e interesses.
5. Investir em ciência e tecnologia não necessariamente implica em bem estar e riquezas. É necessário, sim, investir em ciência e tecnologia para o desenvolvimento do país e da população. O país se desenvolvendo trará, aí sim, em bem estar e riqueza ao próprio país e a população também.

6. Na maioria dos casos os cientistas estão mais aptos a dar opinião sobre suas áreas de conhecimento, mas não devem ser eles a tomarem a decisão, uma vez que eles também tem interesses próprios.
7. A ciência e a tecnologia são ferramentas para auxiliar a resolver os problemas, mas é a sociedade quem deve resolvê-los.
8. A atividade científico-tecnológica, como qualquer outra atividade, sofre influências externas para que se estude ou produza mais em determinadas áreas de acordo com a necessidade ou interesses de quem comanda essa atividade.
9. A tecnologia faz uso do conhecimento científico ao mesmo tempo em que auxilia esse conhecimento a evoluir. Ciência é o estudo ou conhecimento e tecnologia é a aplicação desse estudo ou conhecimento.
10. Há uma relação de inter-dependência entre ciência e tecnologia, onde uma auxilia a outra a se desenvolver.
11. É algo difícil para mim imaginar uma abordagem CTS no ensino médio, pelo pouco conhecimento que tenho da abordagem. Pensaria em algo que pudesse mostrar aos alunos algo relacionando a tecnologia no dia-a-dia deles com um problema social para destacar um conhecimento científico.

7) Júlia

1. Tive a oportunidade de ter um pouco de contato com a perspectiva CTS através de um estudante de pós-graduação em física aplicada II, porém não vimos muito intensamente. Lembro-me de que fizemos um trabalho abordando determinados conteúdos de física e como isso se relaciona com a tecnologia e sociedade.
2. a) A Ciência é algo que estuda a natureza e as diferentes interações dos seres nela, podendo se aprofundar apenas na natureza (biologia, química, física...) ou nos seres (medicina, biologia...).
- b) Tecnologia é toda a modificação que se faz no meio para atingir as necessidades humanas.
- c) Sociedade é um grupo de pessoas que vivem numa determinada comunidade que possui características semelhantes.
3. Na verdade não há métodos, antes de mais nada, é necessário ter uma teoria a respeito de determinado conhecimento e, depois, tentar encontrar fatos que corroborem tal teoria.
4. Impossível, o cientista não consegue se desligar daquilo que ele acredita.

5. Elas podem auxiliar no desenvolvimento de uma nação, onde esta não se vê obrigada a comprar tecnologia de outros países, porém não teremos certeza de que tais recursos irão para a população. Como exemplo disso, temos a China com grande desenvolvimento tecnológico, enquanto a população trabalha de forma quase escrava (o que não implica de fato em riqueza e bem estar!). O que é necessário é ter bom-senso.
6. Na verdade, o mais interessante deveria ser uma união mais forte entre especialistas e pessoas comuns. Assim cada um contribuiria com uma parte: a população com as suas necessidades e os especialistas tentando mostrar como isso deve ser feito através de um diálogo mais aberto entre as partes envolvidas.
7. Podem, se feitas com responsabilidade, pois muitas das tecnologias são feitas sem respeitar os limites do nosso planeta (no caso dos vários aparelhinhos que, depois de estragados, não prestam para nada e o que fazer com eles, se não dá para reciclar?).
8. Com certeza há forte influência, se não há política para o desenvolvimento de atividade científico-tecnológica, há reflexos diretos na economia e, por consequência, na sociedade. Por outro lado, essas políticas devem ser feitas com responsabilidade.
9. Uma está ligada na outra, na verdade, se não há ciência, não há tecnologia.
10. A tecnologia é mais dependente da ciência, pois esta forma as bases para a tecnologia através de estudos (teorias).
11. Tentaria ver reflexos do uso da ciência e tecnologia na sociedade, ou seja, para cada conteúdo abordado, tentaríamos entender um pouco mais do impacto tecnológico relacionado a esse conteúdo na sociedade. O exemplo que vi certa vez (não sei se entendi direito) era a respeito da bomba atômica: para o desenvolvimento dela, era necessário uma teoria que veio da ciência; ao se modificar o meio (ao fazer a fissão nuclear e desenvolver a bomba) teríamos a tecnologia; a explosão dessa bomba nas duas cidades do Japão seria um impacto (triste e cruel) na sociedade. Sei que o exemplo foi extremista, mas é algum fácil (infelizmente) de se ver e que eu acho que entendi.

8) Ana

1. Sim. Muito brevemente numa aula de Física Aplicada, no seminário do grupo de pesquisa e agora estou começando algumas leituras para trabalhar nessa perspectiva em um projeto.
2. a) A Ciência estuda “coisas”. Tá, como assim coisas? Bem as ciências humanas estudam o comportamento humano e relações humanas, as ciências exatas

estudam o comportamento da natureza e tudo que deriva dela, exemplo fisiologia animal... Bem mas acho que no fundo eu fugi um pouco da resposta. Ciência é um conjunto, simplificando, resumindo e “desesperando”, de saberes que guia a humanidade para uma maior compreensão de si e do mundo. Porém não saberia dizer por que astrologia não é ciência, poderia dizer que é porque ela não trabalha com o real, mas sim com suposições e adivinhações, mas aí outras áreas como quântica ficariam na linha do tiro. Logo afirmo que dentro de mim sei dizer: “Isso é ciência ou isso não é ciência”, mas ter argumentos para isso são outros quinhentos...

b) A fotografia da tecnologia são os instrumentos que os humanos inventam e utilizam para melhorar suas condições de vida e lazer. Claro que a ciência produz o conhecimento necessário para a confecção destes artefatos, mas como tenho a palavra tecnologia arraigada ao “novo”, fica difícil pensar em um disquete como tecnologia. Logo na minha concepção os instrumentos que hoje são inovações tecnológicas, no futuro serão dificilmente ligados à palavra tecnologia porque esta evolui muito rápido, ela é dinâmica. Porém de outro ponto de vista até mesmo os primeiros talheres são tecnologia. Talvez estejamos errados e pecando ao ligar tecnologia somente a Ipods, celulares e televisores, ou seja, instrumentos eletrônicos.

c) Sociedade é uma união de pessoas, regras e convenções. Porém sociedade não se limita a pessoas com pensamentos iguais ou semelhantes, se pensarmos no entorno de uma escola, a sociedade da qual ela (a escola) faz parte é formada por pessoas de diversas crenças, que, pode ser, tenham somente de comum os filhos estudando no mesmo lugar. As sociedades não são iguais entre si, muito menos mantém configurações idênticas. Uma ideia errônea de sociedade que a mídia nos passa muitas vezes, é que, sociedade se limita as classes mais altas de determinada cidade ou estado. Porém todos os seres humanos fazem parte da sociedade, talvez não da dita “alta” sociedade, mas de uma sociedade em si.

3. A ciência é feita a partir de muito estudo, pesquisa, busca de respostas, bons questionamentos, não nessa ordem necessariamente. Não há uma sequência de regras, mas muito trabalho e pesquisa e claro boas teorias e modelos são essenciais para este conhecimento científico.
4. Não. Toda a atividade humana é motivada por convicções e interesses, é impossível que o ser humano seja totalmente imparcial em suas escolhas e opiniões. Começando pela área que o ser escolhe para seguir, isso foi motivado por algum interesse. Bem por mais que o cientista seja um “cientista” ele ainda é um ser com vontades, crenças e interesses, por que ele é humano, racional e moldado por uma sociedade.
5. Bom, eu discordo que o investimento em Ciência e Tecnologia sempre traga melhorias e riquezas para a população. Pode ser que em rankings internacionais o

país se favoreça tendo um grande desenvolvimento na Ciência e Tecnologia, mas em questão de bem estar para a população somente a Ciência e a Tecnologia não dão conta. A população necessita de mais investimentos em Saúde e Educação. Se investir-se mais nestas duas áreas o povo terá maiores e melhores condições de sustento, de uma população, o que colaborará para o fim da miséria. Sem contar que de uma população “bem” educada as probabilidades de saírem bons cientistas e estudiosos é maior, do que uma população onde poucos são privilegiados.

6. Bem eles estão mais aptos em questões de conhecimento específico, mas como são seres humanos também têm suas crenças e interesses logo isso não garante que as políticas públicas sejam, de forma geral, melhores ao serem escritas por especialistas. Elas até podem ser melhores para determinado grupo e para determinados interesses, mas em geral não são “melhores”.
7. Não. Somente a Educação, a “boa” Educação pode salvar o mundo dos problemas sociais e pessoais. E salvar ainda assim uma educação libertadora, não alienada e cheia de interesses, como a que temos em vigor.
8. Sim. Quem faz ciência e tecnologia são os seres humanos inseridos em uma sociedade, nos valores dessa e sua economia e política, assim eles têm suas próprias crenças e interesses, o que realmente influencia a atividade. Além dos investimentos e espaços cedidos serem feitos através de interesses econômicos, sociais e políticos.
9. Ciência não necessariamente é um instrumento, ela é um conjunto de conhecimentos e tecnologia é os instrumentos feitos com base na ciência.
10. Conforme explicitarei na questão 9, a tecnologia é mais dependente da ciência do que vice e versa.
11. Com conteúdos e questões contextualizados com o cotidiano do aluno e a história da ciência. Consigo apenas pensar nisso, porque foi o que fizemos em Física Aplicada.

9) Pedro

1. Não tive nenhum tipo de contato com CTS, na real descobri o que era este semestre a ainda meia boca.
2. a) Acho que seria a junção de todas as logias ou seria uma forma de estudar o mundo, no sentido mais abrangente que isso possa ter. Seria o conjunto de temas que formam e regem nossa existência, o estudo destes temas acho que seria ciência. Mesmo um estudo da nossa língua seria uma forma de ciência, melhor, acho que o que define algo como ciência seria a necessidade de um método de pesquisa, análise, averiguação de resultados, aplicação e aceitação.

b) Seria a aplicação de uma área de conhecimento ou uma área da ciência visando o desenvolvimento não humano mas que vise a facilitar a vida do homem. Acho que a descoberta de vacinas seria um bom exemplo. Mas em contraponto temos computadores cada vez melhores que não são realmente necessários então podemos dizer que a tecnologia não só serve para facilitar a vida do homem mas também lucrar com sua necessidade crescente de consumo de bens supérfluos.

c) Um conjunto de homens e mulheres regidos por um conjunto de leis, por eles criados, e condutas de ética e moral que regulamentam os seus direitos e deveres individualmente ou perante o resto do grupo ou conjunto.

3. Ciência se faz com dinheiro acima de qualquer coisa e como qualquer outra coisa. Mas também podemos dizer que Ciência é movida por dois fatores principais que seriam a curiosidade e a necessidade. Curiosidade de conhecer o desconhecido de responder da forma mais abrangente questões como de onde viemos, para onde vamos, porquê estamos aqui. Necessidade de, por exemplo, encontrar a cura para o câncer, descobrir novas formas de geração de energia para suprir a crescente demanda. Acho que é isso.
4. Eu acredito que qualquer forma de relação homem-homem ou homem-objeto possui implícita uma forma de interesse, e, também acho impossível fazer qualquer tipo de ciência sem convicção, no mínimo a tua. Nada do que fazemos está livre de possuir um traço nosso, da nossa personalidade, no seu projeto final.
5. Não diria bem estar. Acredito que se a tecnologia fosse de acesso a todos não teria porque existir. A tecnologia, acho, só existe para acentuar a diferenciação de classes, diferente da ciência, que, a princípio, é de acesso comum, pois está em busca do bem estar social. Inevitavelmente ambos geram riquezas, pois a ciência não é para todos, o que torna rico quem a possui assim como a tecnologia que torna rico quem a vende e só o rico a possui.
6. Cientista estuda para ser especialista em uma área, eles são mais aptos para as tomadas de decisões, desde que essas sejam debatidas com um antropólogo, por exemplo. Decisões são feitas por homens para homens não podemos esquecer disto. As políticas públicas são melhores quando respeitadas, não precisamos de muito mais leis, mas sim que elas se cumpram. Ainda assim acredito que qualquer tipo de decisão ou política pública deve ter o aval de um técnico ou especialista.
7. Não. Podem ajudar a resolver mas não são a solução o problema do planeta são os homens, pior vírus que já existiu. Problemas são criados pelos homens e devem ser resolvidos por eles, a ciência é só uma ferramenta.
8. Obvio, alguém tem que pagar por isso. Acho que posso utilizar novamente a resposta 3, necessidade e curiosidade. Necessidade para o bem social e curiosidade para bens de consumo e supérfluos, causados pela pressão social e a

necessidade de consumo dos homens. Tudo isso envolve dinheiro e ele, por enquanto, faz o mundo girar.

9. Ciência acho que caracteriza o estudo de uma forma mais pura visando o bem da sociedade, já a tecnologia possui um carácter mais de consumo que alimenta a necessidade de gastar do homem, sempre em busca da satisfação pessoal e não coletiva.
10. A relação existente entre elas é o dinheiro. Sem ciência não existe tecnologia e sem tecnologia não tem quem se interesse por ciência. Acho que elas formam um círculo simbiótico uma não existe sem a outra, acredito que a evolução de uma esteja diretamente ligada à evolução da outra. Acho que é da natureza humana a insatisfação e ela crescente com a inserção do homem na ciência o que nos torna “vítimas” da produção tecnológica. Como dizia minha professora de português: “a ignorância é uma dádiva”.
11. Acho que ela é inevitável. Se queremos atrair a atenção dos alunos devemos apresentar os temas da Física da forma como eles foram relevante para o desenvolvimento social, fazendo um link direto com o que temos hoje de desenvolvimento científico e tecnológico e como isso pode ter alguma relevância para a existência desses alunos. Temos de tornar o questionamento científico, não só físico, algo corriqueiro, constante e relevante.

10) Marcos

1. Sim.
2. a) Ciência: é a investigação e a modelagem da realidade, buscando nos experimentos a uma confirmação do modelo, não da realidade.
 b) Tecnologia: é a aplicação do conhecimento adquirido na procura de melhorar a vida ou na melhor realização de tarefas
 c) Sociedade: É o conjunto de pessoas que compartilham de experiências próximas com o local que vivem.
3. Não existe um conjunto de regras para se chegar a um conhecimento dito “científico”, pois a maneira mais simples de se pensar chegaríamos a conclusão que diversos físicos não seguiram estas regras e portanto eles não produziram o dito conhecimento científico.
4. Não a teoria precede o experimento, o cientista nunca entra no laboratório sem ter conhecimento do que busca ou embora acidentalmente ocorra um dado fenômeno estranho este pesquisador recorre a teoria para saber a importância de tal evento.

5. Nem sempre pois temos grandes centros tecnológicos que são extremamente poluentes, por exemplo, a energia solar é extremamente poluente devido as técnicas de fabricação utilizadas, sem falar em termos globais podemos também pensar nas guerras e nas pesquisas bélicas ao redor do mundo; quanto aos avanços que de fato melhoraram a vida das pessoas estas demoram mais para chegar a maioria da população menos privilegiada, porém só mais tarde elas se beneficiam de tais tecnologias.
6. Não; acredito que a sociedade deve participar ativamente nas decisões tomadas e também propor melhorias como um grupo; acho que as pessoas sabem o que é melhor para elas. Quanto nas políticas públicas o raciocínio se torna o mesmo porém de forma mais direta para a população pois o Estado serve ao povo e não ao contrário, precisamos antes de mais nada dar educação de qualidade para que as pessoas não se tornem facilmente alienável, e portanto possam decidir por si mesmas o que é melhor para o grupo de pessoas.
7. Sim acho que a ciência feita sem interesses e em prol da sociedade possa resolver os seus problemas; como a despoluição de lagos e rios, propor soluções na produção rural e em outros aspectos no bem estar social. Porém devido a outros interesses a ciência vem sendo usada para produzir bens de consumo não importando o resto; para se produzir um netbook é necessário poluir 1000 litros de água, sem contar nas diversas outras empresas que soltam seus dejetos sem tratamento em rios onde uma população sofre com a poluição.
8. Sim, no estado atual do mundo nada acontece se não há interesse, no estado atual a ciência atua nas áreas onde se busca o maior lucro, se nos investimos em algo é porque queremos o retorno disso, e portanto não investimos em todos os produtos em igual proporção por exemplo talvez o orçamento bélico seja muito menor que o investimento na área sobre câncer por exemplo, ou talvez em certas áreas não tão relevantes, como as áreas de agronomia ou qualquer outra que se possa imaginar.
9. A ciência a partir dos modelos que ela propõem constrói os aparatos tecnológicos porém conforme a ciência avança e os modelos vão ficando cada vez mais sofisticados é preciso que haja recursos tecnológicos para se averiguar o modelo portanto uma depende da outra, pois uma “produz” o conhecimento e a outra gera o recurso para “confirmar” tal conhecimento.
10. Elas são relacionadas porém acredito que a ciência se torne mais importante pois sem ela não há o questionamento e a modelagem sobre a natureza e portanto não há produção de tecnologia para um determinado fim. Já a tecnologia tem seu valor reduzido frente a ciência pois esta é uma mera aplicação do conhecimento adquirido e além do mais este é dependente dos fatores existentes e outros interesses.

11. Acredito que apresentando aos alunos um dado conhecimento; desse conhecimento foi gerada a tecnologia, desse conhecimento foi gerada a tecnologia do laser e seria discutido as aplicações atuais do laser e como a sociedade desfruta ou sofre devido a essa tecnologia. Acho que esses são os passos, porém não sei se esta ordem de apresentação é a mais adequada; talvez começando com a tecnologia, discutindo depois sobre a sociedade e posteriormente a ciência em si se torne mais interessante, pois estes dois primeiros passos chamariam a atenção do aluno e a importância social ou o risco que esta tecnologia traz.

11) Renan

1. Há muito e muito tempo atrás, em um prédio da UFRGS muito, muito distante fiz um curso de férias de inverno que abordava esse assunto. Eu estava fazendo a cadeira de física aplicada II, quando um mestrando, que monitorava e acompanhava nossos trabalhos, comentou-nos sobre a perspectiva CTS no ensino de física. Cerca de um mês depois, inscrevi-me no referido curso. Achei as ideias apresentadas muito interessantes e, após a semana de curso, estava muito empolgado para praticar tudo o que aprendi em sala de aula. Contudo, essa prática exige muito planejamento e dedicação e espero começar a lecionar desta forma a partir do próximo ano, pois admito ainda não compreender bem as propostas dessa perspectiva e espero aperfeiçoar meus estudos nessa cadeira.
2. a) Área de conhecimento que busca uma compreensão sobre os diversos processos naturais. Como é uma atividade humana, está propícia aos interesses daqueles que a desenvolvem ou controlam seu desenvolvimento.

b) Conhecimentos aplicados visando ampliar as capacidades humanas (já ouvi falar em chimpanzés aplicando tecnologias também). Essas tecnologias surgem de acordo com as necessidades e interesses dos seres humanos, apesar de nem sempre ir de acordo com o interesse de todos ou nem mesmo da maioria.

c) É o resultado da necessidade do ser humano de viver em grupo, composto por suas relações e consequências dessas relações. Hoje, o termo sociedade, com a globalização e a expansão dos meios de comunicação, é muito mais amplo e complicado de definir, pois o contato cultural entre pessoas em extremos opostos do globo e a delicada estabilidade e dependência econômica entre grande parte das nações do mundo, complexifica a sociedade.
3. Muitos diriam que o método científico é a única forma de se fazer ciência. Durante esse curso, ouvi muitas críticas a esse método e devo dizer que, mesmo antes de ouvi-las, já possuía minhas próprias críticas, principalmente no que se refere à neutralidade da ciência. Contudo, creio que seja importante a existência de parâmetros rígidos para nortear as pesquisas em ciência, pois o que mais diferencia a astrofísica da astrologia, por exemplo, se não fosse o empirismo? Concordo que o “método científico” de Bacon é falho, mas deve-se evitar dar muita liberdade às

pesquisas científicas. Já existem, como relatou o colega Cleber, psicólogos defendendo dissertações de doutorado em que baseiam seus estudos na “mecânica quântica” defendendo a “lei da atração”. Também temos em nossa universidade o NIETE (Núcleo Interdisciplinar de Estudos Transcendentais em Espiritismo, ou algo assim) que divulga as “comprovações” físicas da cura quântica. O que nos defenderia dessas práticas?

4. Pode-se ver pelo meu discurso nas questões anteriores que não o considero. E é muita inocência acreditar, tanto que acredito que aqueles que defendem a neutralidade da ciência provavelmente devem rezar todas as noites a São Bacon ou algo assim, pois somente através de dogma uma convicção como essa poderia se manter. A própria distribuição de recursos financeiros e estruturais na universidade está propensa aos interesses dos administradores (não necessariamente aqueles formados em administração, mas aqueles que trabalham na gerência da universidade e dos recursos provenientes do governo), destinando mais verbas àqueles cursos que prometem melhores retornos.
5. Bla, bla, bla... Geralmente, muitas tecnologias são baseadas em conhecimentos científicos que trazem benefícios à população, mas só àqueles que podem pagar pelo seu acesso a essas tecnologias, ou se o governo ou alguma instituição resolva custear/disponibilizar seu acesso a todos, mas mesmo assim, muitos não poderão usufruir dessas tecnologias pelos mais diversos motivos, como por exemplo, motivos físicos, geográficos ou econômicos. Além disso, comecei essa questão com a palavra “geralmente”, pois muitas vezes a ciência e a tecnologia trouxeram malefícios à população e à humanidade como um todo, vide bombas atômicas.
6. Sim, dessa vez concordo com a questão proposta. Mas discordo que isso deva manter-se. O conhecimento científico é algo muito obscuro à maior parcela da população, logo elas são mais suscetíveis à manipulação por parte daqueles que veiculam as informações referentes a essas áreas. Isso não significa que a opinião dos especialistas esteja sempre correta, creio que o ideal seria possibilitar à população como um todo um conhecimento mais aprofundado de ciências para que esses possam discernir entre o que acreditam ser bom ou ruim para eles mesmos, com o mínimo de influência de interesses de outros que possam manipulá-los.
7. Creio que a procura e discussão à resposta cabe mais a sociólogos do que a nós. Contudo, devemos procurar compreender e discutir esse assunto, pois também nos compete. Creio que a ciência e a tecnologia podem trazer muitos benefícios (e também malefícios) à sociedade. Contudo, acredito que a solução para a maior parte dos problemas da sociedade está nas próprias pessoas e como as pessoas se relacionam.
8. Já exemplifiquei isso antes, mas repito, pois agora sei que estás lendo questão por questão de todas as pessoas. Tanto ciência quanto tecnologia sofrem influência (e muita) de fatores externos. Por exemplo, há aqueles que defendem que guerras

são boas porque desencadeiam um rápido desenvolvimento tecnológico. Eis um bom exemplo de tecnologias que são criadas para o interesse político e econômico específico (aplicação bélica) e apenas algum tempo depois é aplicado, ou não, à população em geral. O desenvolvimento de ciência e tecnologia depende dos interesses que tem o poder de financiar as pesquisas e indústria. Vide também a obsolescência programada. Muitas indústrias guardam cartas tecnológicas para ter o maior aproveitamento financeiro das tecnologias atuais antes de lançar algo novo, que causará um frenesi em uma boa parcela da população por possuir o modelo mais recente de certo produto.

9. Ciência é o estudo dos processos naturais, ela tenta descrever o que acontece em nossa volta e, quando possível, explicar porquê. Já a tecnologia são conhecimentos que aplicamos para obter resultados que não conseguiríamos sem seu uso. Geralmente, ambas suportam-se mutuamente, contudo nem sempre é assim, muitas tecnologias foram desenvolvidas sem um conhecimento científico e muitos conhecimentos científicos foram descobertos sem uma aplicação tecnológica.
10. Ciência e tecnologia são duas coisas distintas, que muitas vezes se complementam. Contudo, uma não depende da outra para existir. Então, não é possível determinar se uma depende mais da outra.
11. O que eu gostaria, seria abordar os aspectos científicos, tecnológicos e sociais de questões presentes no cotidiano ou de repercussão global em conjunto com professores de áreas afins ao assunto. Possibilitando acesso a informações referentes à tecnologia, às suas consequências na sociedade e, enfim, explanando os princípios científicos que baseiam essas tecnologias.

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
Departamento de Física
2º semestre de 2011

DISCIPLINA: Metodologia do Ensino de Física
 CÓDIGO: FIS01228
 CARGA HORÁRIA SEMANAL: 4 horas
 PRÉ-REQUISITOS: FIS01267 e FIS01136
 POPULAÇÃO-ALVO: Alunos do Curso de Licenciatura em Física

SÚMULA DA DISCIPLINA:

Teorias de ensino e de aprendizagem aplicadas ao ensino e à aprendizagem de conteúdos de Física; avaliação no ensino de Física; fundamentação epistemológica no ensino de Física.

OBJETIVOS:

Proporcionar aos alunos conhecimentos teóricos e práticos sobre metodologias para a prática docente, fundamentadas em teorias de ensino e aprendizagem, nas políticas públicas para o ensino de Física, na história da Física, em teorias curriculares, nas práticas experimentais inovadoras, em tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física e na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:

Semana	Título	Conteúdo
1	Concepções de ensino-aprendizagem	Apresentação da disciplina e dos materiais didáticos disponíveis no Moodle. Problematização das concepções de ensino aprendizagem de senso comum.
2 a 4	Políticas públicas no ensino de Física	Apresentação da gênese da área de ensino de Física; Leitura e discussão dos documentos oficiais sobre a Física na educação básica (LDB, DCNEM, PCN, PCN+, Orientações Curriculares e Referenciais Curriculares do RS).
5 a 10	Referenciais teóricos no ensino-aprendizagem de Física	Introdução ao comportamentalismo. Teorias de transição. Cognitivismo. Modelo da Mudança Conceitual. Humanismo. Perspectiva sociocultural.
11	Planejamento e avaliação no ensino de Física	Perspectivas avaliativas no ensino de Física. Estruturação de planos de aula de Física.
12 a 15	Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade	Origens do movimento CTS. Alfabetização e letramento científico-tecnológicos. CTS nas políticas públicas.

		Fundamentação e pressupostos do movimento CTS.
16 a 17	Estratégias didáticas para o ensino de Física	Uso de Filosofia e História da ciência no ensino de Física. Tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física. Práticas experimentais no ensino de Física. Problematização e contextualização no ensino de Física.
18	Construção de unidades didáticas de Física	Teorias de ensino e aprendizagem. Políticas públicas para o ensino de Física. História da Física. Teorias curriculares. Práticas experimentais inovadoras. Tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física. A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Semestre letivo: 08/08/2011 a 21/12/2011

METODOLOGIA:

Aulas expositivas, discussões em grande grupo, seminários, debates, micro-aulas e estudos individuais. Proposição de atividades presenciais e a distância.

EXPERIÊNCIAS DE APRENDIZAGEM:

Leitura e discussão de livros, capítulos de livros e artigos da área de ensino de Física.
Apresentação de seminários e micro-aulas.
Realização de trabalhos individuais e em grupo.
Planejamentos de unidades didáticas de Física.
Apresentação de projetos em ensino de Física.

AVALIAÇÃO:

Os alunos serão avaliados nos seguintes aspectos:
Pontualidade; assiduidade; participação em aula; desempenho nos seminários e micro-aulas; produção de planos de aula e unidades didáticas. Para cada um desses elementos será atribuído um conceito que, ao final da disciplina, servirá de base para a atribuição do conceito final.

CRITÉRIOS DE ATRIBUIÇÃO DE CONCEITOS:

Serão atribuídos, respeitando a tabela de conversão abaixo:

- 9,0 a 10,0 – conceito A
- 7,5 a 8,9 – conceito B
- 6,0 a 7,4 – conceito C
- 0,0 a 5,9 – conceito D
- Falta de frequência – conceito FF

Conceitos finais:

A,B,C – aprovado

D – reprovado

FF – reprovado por falta de frequência

Recuperação: O aluno será avaliado continuamente ao longo do semestre, a partir dos critérios adotados, a fim de superar eventuais dificuldades. Caso não seja alcançado o conceito C, no final do semestre, o aluno poderá realizar uma prova de recuperação, versando sobre todo o conteúdo da disciplina.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência, v.3, n3, 2001.
- AULER, D.; BAZZO, W. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência e Educação, v.7, n.1, 2001.
- BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394, de 20/12/1996.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Vol. 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2006.
- CARVALHO, A.M.P. (org). Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Coortez, 2009.
- KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das ciências. São Paulo, EPU/EDUSP, 1987.
- KRASILCHIC, M.; MARANDINO, M. Ensino de Ciências e Cidadania. São Paulo: Ed. Moderna, 2007.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Teorias construtivistas. Porto Alegre: UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de Física).
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. Epistemologia. Porto Alegre: Evangraf/UFRGS, 2010.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. Teorias de Aprendizagem. Porto Alegre: Evangraf/UFRGS, 2010.
- PIETROCOLA, Maurício (org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Educação. Departamento Pedagógico. (Org.). Referências Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. 1 ed. Porto Alegre: SE/DP, 2009.
- SANTOS, L. P. S.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência. v.2, n2, p1-23, 2000.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. Ciência & Ensino, v.1 n. especial, 2007.
- SILVA, T.T. Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 1999.
- VASCONCELLOS, C. Avaliação: concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar. São Paulo: Editora Libertad, 1995.

PROFESSOR E REGENTE DA DISCIPLINA: TURMA

Fernanda Ostermann

U

ANEXO B

Questões sobre concepções de ensino-aprendizagem:

Lembrete: as respostas devem ser detalhadamente justificadas.

1) Costuma-se dizer que as condições suficientes para um profissional ser considerado um ótimo professor de Física seriam as seguintes:

- Dominar muito bem o conteúdo a ser ensinado, estando sempre atualizado;
- Conhecer bem algumas metodologias para ministrar esse conteúdo de forma atraente para os alunos;
- Ter bom relacionamento com os alunos, ser carismático e ter bom domínio da classe;
- Saber ser justo nas avaliações.

Você acha essas condições suficientes? Discuta essa afirmação. Se você não acha essas condições suficientes, cite outras condições que um bom professor de Física deve satisfazer.

2) Você acha que o trabalho do professor é simples para alguns dotados de uma espécie de *talento natural*? Ou seja, você acha que essa atividade é fundamentalmente baseada em uma vocação, um dom, ou seja, em seu jeito de se comunicar com o público alvo, de saber lidar com esse público, sabendo improvisar em situações não corriqueiras?

3) Como você caracteriza um ensino de Física de qualidade? Justifique sua resposta.

- 4) Você já deve ter ouvido a frase, popularmente usada para definir um bom professor, que afirma que “um bom professor tem didática”. O que você entende por didática?
- 5) Você conhece as políticas curriculares educacionais? Já leu a respeito dos PCN’s ou sobre o RC do estado do RS? Se não leu algum deles, por que não se interessou em fazê-lo?
- 6) O ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea (em especial, Física quântica) no ensino médio é uma tendência mundial e é uma importante linha de pesquisa em Ensino de Física no Brasil e no Mundo. Há quem resista à inserção desses tópicos. Um dos argumentos utilizados contra a inserção desses tópicos afirma que:

Tópicos de Física Moderna e Contemporânea são excessivamente abstratos e estão muito além do nível cognitivo dos estudantes de ensino médio os quais, na faixa etária em que estão, não possuem maturidade suficiente para compreendê-los. Eles têm grandes dificuldades até mesmo para compreender as três Leis de Newton. Assim, tais conteúdos devem ser ministrados apenas em nível superior, para os que ingressarão em cursos que exigem tal conhecimento.

Você concorda com isso?

- 7) Os cursos de licenciatura em Física (formação inicial), como ocorre em todas as licenciaturas, tem seu currículo estruturado basicamente com disciplinas de conteúdo específico (Física, no caso) e disciplinas chamadas de cunho pedagógico (vinculadas à Educação, em maioria). Discuta a seguinte afirmação:

É preocupante que uma reforma curricular pretenda reforçar a formação pedagógica dos professores de Física, uma vez que isso inevitavelmente esvaziaria a formação em Física desses professores, que é fundamentalmente o que eles devem ensinar.

- 8) Frequentemente se fala que a *contextualização dos conteúdos* é vital para que os alunos vejam neles algum significado. Discuta a seguinte afirmação:

O bom professor deve sempre contextualizar o conhecimento, mostrando aos alunos suas aplicações práticas, enfatizando como isso pode ajudá-los a competir no mercado de trabalho.

- 9) Na proposta curricular para a Física do estado de Minas Gerais¹, há o seguinte texto sobre um dos motivos de se ensinar Física (citado como um motivo *socioeconômico*):

Pessoas favoráveis à inclusão da Física no currículo escolar argumentam que existe uma correlação forte entre o nível de compreensão de ciências pelo público e o nível de desenvolvimento econômico de uma nação. Argumentam também que o sucesso científico é um indicador do prestígio e poderio de uma nação no cenário internacional. Assim, segundo esses argumentos, devemos ensinar Física para formar pessoal técnica e cientificamente qualificado, para a manutenção de uma nação economicamente forte, com prestígio e poder no plano internacional.

Você concorda com isso?

- 10) Que objetivos ou finalidades você destacaria para o ensino da Física no nível médio?

¹ http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/banco_objetos_crv/%7B0DE8B1A3-C119-4015-B234-AEB975906CDA%7D_fisica.pdf

ANEXO C

Questões sobre Piaget:

Lembrete: as respostas devem ser detalhadamente justificadas.

- 1) Na teoria de Piaget, existem os conceitos de *organização* e *adaptação*. A *adaptação* pode ser considerada, segundo ele, em termos dos processos de *assimilação* e *acomodação*. Para esses dois últimos processos, responda:
 - É possível haver *acomodação* sem *assimilação*?
 - É possível haver *assimilação* sem *acomodação*?
- 2) Analise a seguinte frase no contexto da teoria de Piaget: “é preciso causar um desequilíbrio nos alunos para que eles aprendam.”
- 3) O que Piaget quer dizer quando afirma que “conhecer um objeto é agir sobre ele”?
- 4) Trazer conceitos novos e desafiadores para os alunos é mais interessante do que ensinar aquilo que já é familiar. Como você explicaria isso no contexto da teoria de Piaget?

ANEXO D

Questões sobre Ausubel:

Lembrete: as respostas devem ser detalhadamente justificadas.

- 1) Diferencie aprendizagem significativa de aprendizagem mecânica segundo a perspectiva ausubeliana. Dê exemplos.
- 2) Quais são as condições para ocorrência da aprendizagem significativa? Explique.
- 3) Explique o que são organizadores prévios e dê exemplos.
- 4) Como podem ser obtidas evidências da ocorrência aprendizagem significativa? Explique.
- 5) Explique o princípio da assimilação e dê exemplos.
- 6) Explique os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Dê exemplos.

ANEXO E

Questões sobre Vygotsky:

Lembrete: as respostas devem ser detalhadamente justificadas.

- 1) O que se entende por processos psicológicos superior e elementar tais como concebidos por Vygotsky?
- 2) Como se caracterizam os conceitos de signo e instrumento no âmbito de sua teoria? Dê exemplos.
- 3) Como Vygotsky defende a relação entre desenvolvimento e aprendizagem? Explique.
- 4) Quais as etapas do processo de formação de conceitos na perspectiva vygotskyana? Dê exemplos.
- 5) Discuta implicações educacionais de sua teoria.

ANEXO F

Questões sobre Freire:

Lembrete: as respostas devem ser detalhadamente justificadas.

- 1) Uma das condições básicas da perspectiva educacional freireana é a que está citada no final da página 53: *a educação deve contribuir para a libertação dos homens através da atuação transformadora e crítica em seu ambiente físico e sociocultural*. Explique o que você entende por isso.
- 2) Nos projetos de educação em Ciências que adotam uma perspectiva freireana, há seis etapas. Uma dessas etapas é a *investigação temática*. Qual sua finalidade primordial?
- 3) Em que consiste a etapa *codificação-problematização-descodificação*?

ANEXO G

Entrevista > Celso dos Santos Vasconcellos

Intencionalidade: palavra-chave da avaliação

De nada adianta mudar ferramentas, se o professor continuar classificando os alunos em bons e maus

Quem quer fazer uma avaliação mais justa para ajudar o aluno a superar suas dificuldades pode começar mudando sua intenção no ato de avaliar. Essa é a visão do educador Celso Vasconcellos. Leia a íntegra da entrevista exclusiva que ele deu à NOVA ESCOLA.

Nova Escola > Qual a definição mais abrangente de avaliação?

Vasconcellos < Avaliar é localizar necessidades e se comprometer com sua superação. Em qualquer situação de vida, a questão básica da avaliação é: o que eu estou avaliando? No sentido escolar, ela só deve acontecer para haver intervenção no processo de ensino e aprendizagem.

NE > Porque o sistema de avaliação começou a ser questionado nos últimos anos?

Vasconcellos < Essa análise tem sentido se recuperarmos um pouco do papel da escola na sociedade. No século XVIII, a burguesia usava a escola para formar mão-de-obra e era uma justificativa para as diferenças sociais. A educação, além de fornecer homens-máquina para as indústrias que estavam surgindo, era um chamariz para a ascensão social. Essa situação se manteve por mais de 2 mil anos. Hoje o diploma não garante colocação a ninguém. Não se pode mais afirmar que uma pessoa formada terá um bom emprego, ou mesmo se vai ter emprego. Muitas escolas então usam atualmente o apelo da educação como superação: formar uma pessoa para ser melhor do que as outras. Com a mudança no mercado de trabalho e o avanço da consciência crítica dos educadores, é preciso quebrar a lógica de 10 mil anos da avaliação excludente.

NE > Como a avaliação diferencia uma educação integradora de outra excludente?

Vasconcellos < Eu divido a prática de avaliar em quatro categorias. A primeira é o conteúdo, na qual se percebe o conteúdo cognitivo do aluno. A segunda é a forma de avaliar: dar notas ou conceitos? Fazer ou não uma semana só de exames? Dar questões longas ou curtas? Outra categoria é formada pelas relações que a avaliação estabelece na prática de ensino: posso mudar a avaliação sem mudar o tipo de aula? Como avaliar uma classe grande? A última, e a mais importante, é a intencionalidade. Mudanças nos outros aspectos sem mudar a intenção com a qual se avalia não levam a nada.

NE > O que é então a intencionalidade?

Vasconcellos < Eu uso intencionalidade porque dá para brincar com as palavras intenção e realidade, ou seja, o desejo traduzido em práticas concretas. Precisa querer. A primeira questão a ser feita é: avaliar para que? Para localizar a necessidade do aluno e para atender à superação. Quando então temos um aluno, ou vários, que não estão acompanhando, é preciso

parar para atendê-los. É elementar. Quando a dificuldade é localizada, o professor precisa se comprometer com a busca de uma estratégia e com a superação da barreira.

NE > Mas o professor tem tempo na grade curricular para atender esses alunos?

Vasconcellos < É preciso rever conceitos, repensar práticas de aula, replanejar o calendário escolar, buscar alternativas. João Amós Comeno, pensador protestante, já dizia, em 1637, em seu tratado *A Arte Universal de Ensinar Tudo a Todos* (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa), que existiam três cavaleiros do apocalipse da educação: 1) a avaliação classificatória; 2) o conteúdo estabelecido sem sentido e 3) o professor falando o tempo todo. Essas três coisas já são denunciadas a tanto tempo e são realmente uma praga no ensino. Em *Didática Magna*, Comeno falava que o ensino precisava ser mais participativo. Ele comparava a sala de aula com a vida, ressaltando o perigo das classes homogêneas e da padronização dos alunos. Ele dava o seguinte exemplo: na natureza existem flores diferentes; na sala de aula temos também de ter pessoas diferentes. É singelo, mas de um sentido político profundo.

NE < Que tipo de perigos trazem esses três cavaleiros do apocalipse?

Vasconcellos < O conteúdo preestabelecido obriga o professor a cumprir um rol de temas. Por trás dessa exigência está a avaliação classificatória: se ele não cumprir essa lista de assuntos, ele vai ser julgado pelos colegas da série seguinte, pelos pais, pelo sistema, pelo vestibular como incompetente. Então o professor fica preocupado e quer cumprir o programa. Para conseguir isso, ele dá aulas expositivas, já que uma aula interativa e participativa demanda tempo, e aí o programa atrasa. Isso acaba com o processo pedagógico. Na minha opinião, o pior dos três cavaleiros é a avaliação classificatória. Ela interfere em todas as outras práticas. E se quiser acabar mesmo com o processo, podemos chamar o quarto cavaleiro: as condições precárias de trabalho. Na hora que o professor for parar para tirar uma conclusão dessa intencionalidade, ele vai se defrontar com isso. Ainda que ele queira parar, como é que fica o programa? Um aluno que não entende gera indisciplina, contamina outros. E agora esse professor tem problemas de aprendizagem e de comportamento. Parece exagero mas não é. O professor precisa estar fortalecido na sua convicção de que parar é necessário, para que ele enfrente todas as pressões. Ele precisa saber que a curva da aprendizagem não é linear. Ela é exponencial: uma base bem trabalhada, ainda que demore mais, leva a uma aprendizagem mais rápida no futuro. A nova intencionalidade pode se traduzir na prática de metodologia participativa em sala de aula, onde se faz a recuperação da aprendizagem no próprio ato do ensino. Eu não fico esperando ensinar para depois avaliar. Se o aluno participa, dialoga, já é possível perceber ali mesmo se ele não está entendendo. O trabalho de recuperação do aprendizado pode então se dar concomitante ao ensino.

NE > Que peso as notas devem ter na avaliação de um aluno?

Vasconcellos < Nota é ridículo. Mas também pode ser democrática, se for pega como um indicador da situação do aluno naquele momento. Pode-se aplicar notas se você tiver em mente que ela pode ser dinâmica. Alguns alunos perguntam o que fazer para recuperar a nota. O professor deve perguntar o que deve fazer para recuperar a aprendizagem. Esse método classificatório interfere no psicológico do aluno, interrompe a relação dele com o objeto do conhecimento. Existe o currículo oculto, que ninguém pode negar: em sua trajetória escolar, o aluno aprende que o importante é a nota, pois é isso que ele deve perseguir para passar de ano, e não o prazer em aprender. Se a opção for por um sistema que não dê tanta importância à nota, mas sim ao aprendizado, isso precisa ser implantado desde as séries iniciais.

NE < Que instrumentos ele pode usar em um novo processo de avaliação?

Vasconcellos < Uma coisa simples é o diálogo, a exposição dialogada. Mas existem técnicas mais ativas, como dramatização, relatórios, pesquisas, onde o professor pode perceber o nível de elaboração do aluno. A metodologia participativa é fundamental na concretização da nova intencionalidade. Outro método simples: pedir para o aluno dizer com as suas próprias palavras os conceitos apreendidos, para ver se houve internalização. Frequentemente o estudante repete as palavras do professor ou do livro didático. O trabalho em grupo em sala de aula é importante, com um colega ajudando o outro. Ao invés de ter somente um professor na sala de aula, é possível ter cinco ou seis: os próprios alunos fazendo esse papel. Outra prática muito legal é você fazer monitoria: os alunos passam a ajudar seus colegas em determinadas disciplinas ou conteúdos. Como se pode ver, há uma série de iniciativas que traduzem essa nova intencionalidade em práticas concretas. São coisas pequenas que o professor já pode começar a mudar, sem precisar mexer no planejamento escolar. Claro que seria ótimo, por exemplo, se o professor tivesse 20 horas de trabalho em classe e outras 10 na escola, quando ele pudesse atender o aluno com dificuldades fora da classe, entrevistá-lo, conversar com ele. Isso seria excelente. No fundo, gostaríamos de chegar ao ponto em que o aluno desenvolvesse a competência de se auto-avaliar e avaliar o trabalho do professor. Isso é importante porque o aluno passa a se localizar no processo de aprendizagem. Essa é a verdadeira construção da autonomia que a educação moderna visa.

NE < Mas a escola também deve se integrar nesse processo de mudança?

Vasconcellos < Existem algumas práticas que demandam modificações mais profundas. Os professores do segundo ciclo do Ensino Fundamental reclamam que não têm tempo com os alunos. Um professor de História da 5ª série, por exemplo, vê cada turma somente algumas poucas vezes por semana. Mas se ele acompanhar esses alunos até a 8ª, vai conhecê-los cada vez melhor. Isso exige somente uma reengenharia de horários, coisa que está ao alcance da escola. Se o professor já tem uma visão nova, a escola vai percebendo essas alternativas. Por isso é fundamental que o professor participe do processo de repensar o projeto pedagógico na condição de sujeito, não de objeto. Infelizmente, muitas mudanças ocorrem com o professor padecendo delas. Ele é simplesmente comunicado das mudanças. É o caso clássico da questão do ciclo no Estado de São Paulo. Em outras realidades, as escolas aderiram aos ciclos, por etapas. Em São Paulo os ciclos foram implantados de uma vez em 98. Porto Alegre vem fazendo 10 anos de caminhada com as escolas de lá. O Ceará colocou em 98 ciclos somente da 1ª a 4ª, por adesão, para no máximo 40% da rede. Aos poucos, outras escolas foram entrando no esquema novo. Isso parece pouco, mas não é. É mais demorado, mas evita-se o risco de o processo ser uma grande mentira. Queima-se a idéia do ciclo porque ele é implantado de maneira inadequada. Se a mudança é uma coisa violenta para o aluno, também o é para o professor. Não se muda por decreto. É preciso favorecer a mudança de intencionalidade. E aí entra então o estudo. O professor não faz uma avaliação diferente porque ele não sabe. O modelo que ele teve como aluno é o tradicional. Mesmo ensinando práticas diferentes de avaliação, os professores de Educação, na hora da avaliação, mandam seus alunos, futuros professores, pegarem o papel e fazer uma prova. Esse é um ponto sério. Outro ponto fundamental é o do projeto político pedagógico. Uma mudança fundamental passa pelo sujeito, mas também pelas relações dentro da escola. Não dá para discutir avaliação se não discutir antes que pessoa se quer formar: queremos reforçar a sociedade excludente que está aí? Se queremos, a avaliação tradicional está perfeita. Mas se sonhamos com uma sociedade onde todos tenham voz ativa, então é preciso modificar tudo. Philippe Perrenoud fala que mudar a avaliação é mudar a escola. Eu vou um pouco mais adiante. Digo que mudar a avaliação é mudar a sociedade. No final, o que está em discussão é um projeto de sociedade. Nós acreditamos em uma sociedade que tenha lugar para todos? É possível construí-la ou não? É

preciso compreender o seu espaço de autonomia relativa e atuar em cima disso, sabendo que você não é o redentor da humanidade, mas também não está totalmente amarrado. Tem coisas que você pode começar a fazer, por isso que eu insisto muito em passos pequenos, mas concretos e coletivos em uma nova direção. Essa perspectiva do processo é muito importante no resgate da potência do professor, da alegria em ensinar. Quando ele percebe que existem práticas que ele pode começar a utilizar, sua auto estima começa a aumentar. O mesmo acontece com o aluno. Eu defendo a reunião pedagógica semanal, pelo menos duas horas por semana, remunerada. A ansiedade diminui só de saber que os colegas têm problemas iguais aos nossos.

NE < O senhor disse que o professor precisa parar e fazer uma avaliação para depois atender aqueles que precisam de ajuda, e o passo seguinte seria a retomada, a mudança. O que o professor deve fazer para que esse processo ocorra em prol do aluno?

Vasconcellos < O professor precisa pensar qual será o caminho que deve seguir: uma mudança de metodologia? Uma outra forma de abordar o conteúdo? Um exercício complementar para ser feito em casa? Um atividade diversificada em sala de aula? Um trabalho em grupo? É preciso buscar uma alternativa, o que não se aceita mais é ver o problema constatado e não ocorrer mudanças. Não tem sentido o professor passar o fim de semana inteiro corrigindo provas e atribuindo notas e na segunda-feira entregar o boleto na secretaria, ir para a sala como se nada tivesse acontecido, bimestre novo, vida nova.

NE > Como o professor deve expor ao aluno a avaliação feita no decorrer do processo?

Vasconcellos < A questão fundamental é saber qual o perfil de pessoa que se quer formar, de acordo com o projeto pedagógico da escola. Essa questão não é muito simples, pois nós perdemos muitos referenciais. A partir disso, o professor vai ter os critérios para fazer o relatório. Tendo isso claro, ele pode dizer quanto essa criança está se aproximando, ou não, dos objetivos. A vantagem do relatório é que ele permite ter uma idéia do processo, verificando como a criança vivencia o processo escolar. Mas é preciso ter noção desse processo, para não tornar o relatório uma ficha policial: "A criança é agressiva, dispersiva etc". Se o parecer for assim, prefiro a nota, por mais limitada que ela seja. De 1ª a 4ª série é mais fácil, pois um professor acompanha o aluno o ano todo. Já de 5ª a 8ª torna-se mais complicado, caso o professor não tenha um tempo semanal para ficar na escola e cuidar dessa tarefa. Muitas vezes os professores montam alguns tipos de relatórios e os apresentam independente dos alunos que estão sendo avaliados. É uma grande farsa. Mas se for inevitável, é possível criar uns 25 níveis de classificação e, dependendo do aluno avaliado, ele é enquadrado em um desses níveis. Se o professor acrescentar algum comentário pessoal, por exemplo, o processo torna-se transparente e eficaz. Sei que é muito fácil falar para os professores fazerem relatórios, mas muitas vezes eles não têm tempo, principalmente os de séries mais avançadas. Sinceramente eu acredito que, das quatro categorias da avaliação (conteúdo, forma, intencionalidade e relações), eu investiria mais energia na intencionalidade. Se eu tiver de decidir entre conceito e relatório ou ter mais tempo de intervenções em sala de aula, eu não tenho a menor dúvida: dou conceito e incentivo o professor a mudar sua prática no dia-a-dia.

NE < Como o professor pode se capacitar para entrar nessa nova realidade?

Vasconcellos < Ele deve deixar o bom senso aflorar, fazer e depois discutir com os colegas. Isso é o mais importante. Depois ele pode partir para cursos e literatura. É interessante também o professor conhecer práticas que estão dando certo em outras escolas.

ANEXO H

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Metodologia do Ensino de Física
Professores: Fernanda Ostermann e Diomar Deconto

**Unidade Didática sobre Usinas Hidrelétricas:
Uma proposta de dinâmica CTS embasada na questão da construção da usina
hidrelétrica de Belo Monte**

Júlia
Ana

Porto Alegre, 14 de dezembro de 2011

Referencial teórico

Objetivo geral desta unidade:

Possibilitar aos alunos uma visão ampla sobre os aspectos positivos e negativos da criação da usina hidrelétrica de Belo Monte, a fim de que possam ter um posicionamento sobre tal tema, possibilitando, assim, que desenvolvam o hábito da crítica e que possam se posicionar sobre um tema atual da sociedade brasileira. A partir disso, o aluno deverá entender como uma usina hidrelétrica é construída, como funciona; além de compreenderem os conceitos de energia potencial, cinética, conversão de energia, conservação e o funcionamento de uma turbina de usina hidrelétrica (abordado de forma conceitual).

Perspectiva adotada:

Para a elaboração dos planos de aula desta unidade com fundamentação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) serão utilizadas as idéias propostas por Lev Vygotsky.

Segundo Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem levar em consideração os aspectos sociais, culturais e históricos do indivíduo. Além disso, os processos mentais têm origem em processos sociais, mas só podem ser entendidos se compreendermos os instrumentos e signos que os mediam. Nesse caso, não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo desenvolve a socialização, porém é por meio desta que se dá o desenvolvimento dos processos considerados superiores (pensamento, linguagem), e os signos e os instrumentos mediam esse processo.

Para que seja possível a transformação das relações sociais em funções psicológicas, é necessária a mediação através do uso de instrumentos e signos. No caso dos números e a linguagem (falada e escrita) são exemplos de signos do tipo simbólicos. Quanto mais o indivíduo utilizar signos, tanto mais vão se modificando, fundamentalmente, as operações psicológicas das quais ele é capaz. Da mesma forma, quanto mais instrumentos ele vai aprendendo a usar, tanto mais se amplia de modo quase ilimitado, a gama de atividades nas quais pode aplicar suas novas funções psicológicas (Moreira, 2011, p. 109).

Para Vygotsky, a interação social é fundamental para transmissão de conhecimento, já que através dela há envolvimento dos participantes e troca de experiências. Para o caso do ensino, a troca de informações entre professor e aluno é fundamental, uma vez que o professor é o mediador da aquisição do conhecimento formal aos seus alunos. “O sujeito não percorreria caminhos de desenvolvimento sem ter experiências de aprendizagem, resultado da intervenção deliberada de outras pessoas na vida dele. Interferir intencionalmente no desenvolvimento das crianças é importantíssimo na definição de seu desenvolvimento. Então, o sujeito depende dessa intervenção para se desenvolver adequadamente nos rumos que aquela cultura supõe como os rumos adequados para o desenvolvimento” (Oliveira, p.15). Assim, ao se fazer uso da intervenção pedagógico com a utilização da linguagem (considerada o signo mais importante para o desenvolvimento cognitivo), haverá aspectos fundamentais para o desenvolvimento dos alunos.

Ao fazermos uso da linguagem, a teoria de Vygotsky pode ser usada em sala de aula tanto para o conhecimento formal (conteúdos da escola), quanto para o informal (atividades voltadas para a aquisição de conhecimento cultural e científico), conforme propõem Gaspar (1994). Dessa forma, podem-se fazer aulas que se baseiam no pensamento “vygotskyano” abordando, além dos assuntos já tradicionais do ensino (conteúdo formal), os que envolvem aspectos da vida dos alunos, como a relação de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Um dos grandes objetivos de se usar a perspectiva CTS é possibilitar ao aluno que tenha uma visão ampla sobre a relação das tecnologias, na sociedade em que vivem, e qual a ciência que está por trás do “aparato tecnológico”. Assim, há possibilidade para a formação de uma pessoa

crítica a respeito do que está ocorrendo em sua sociedade, além de poder propor suporte para que tal indivíduo possa opinar e decidir sobre os acontecimentos de sua região.

Atualmente, acredita-se que a tecnologia é a grande salvação para os nossos problemas, como se para cada problema a tecnologia tivesse uma solução. Por outro lado, o avanço tecnológico é neutro de políticas e interesses? Ele sempre será visto como benéfico para a sociedade? Na verdade, há uma grande preocupação com tais visões equivocadas sobre a ciência e tecnologia na sociedade. Dessa forma, estão se desenvolvendo projetos com uma nova maneira de se ver o ensino, ou seja, entender o quanto a tecnologia pode influenciar aspectos sociais e o que está por trás disso tudo política e socialmente falando. Para isso, é necessário que os professores estejam preparados, não tendo apenas seus livros didáticos como principais referências para o preparo de suas aulas, mas que usem das diversas fontes de informação para se manterem informados e que levem esses aspectos sociais para a sala de aula, mesmo que numa turma de física.

Uma proposta de currículo CTS é embasada na união entre conteúdos científicos, tecnológicos e sociais, onde estes são estudados em conjunto, abordando, sobretudo, questões éticas, políticas, sociais, econômicas, históricas. Ao se fazer usos de discussões em sala de aula sobre tais assuntos podem ajudar os alunos a desenvolverem o hábito de uma crítica consciente, além de fazer com que o estudante perceba que há uma forte influência da sociedade sobre o desenvolvimento tecnológico e científico, não podendo ser tratados de forma separada.

Nesta perspectiva o professor pode trazer um problema social para ser abordado em sala de aula, possibilitando que os alunos interajam entre eles sobre tal tema. Mas, é necessário que o professor leve, inicialmente, materiais para que os alunos tenham uma noção inicial sobre o tema para começarem a discussão e evoluírem seus pensamentos no decorrer das aulas. Tudo isso com o objetivo de que o aluno desenvolva a postura crítica sobre o fato social e que possa tomar algum tipo de decisão de forma consciente, notando a existência das influências da sociedade sobre a ciência e tecnologia.

Introdução

Atualmente, há várias idéias de como reelaborarmos os conteúdos do ensino médio para as escolas públicas. Segundo os PCN's, que possuem o objetivo de organizar o aprendizado, no que se refere às Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias, diz que é necessário produzir conhecimento efetivo por parte dos alunos. Além disso, tais parâmetros nacionais desejam buscar a interdisciplinaridade e contextualização para uma visão de Ensino Médio ampla, a qual seja útil aos alunos (não apenas em sentido profissional), mas que seja também útil em seu dia-a-dia.

Dessa maneira, uma perspectiva que está se fazendo presente em vários trabalhos (tanto teóricos quanto utilizados em sala de aula) é a CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Para Mortimer e Santos, esse novo modelo curricular tem a finalidade de preparar o aluno para o exercício consciente da cidadania, ou seja, alguém que esteja preparado para tomar decisões e que compreenda a base científica da tecnologia por trás de tal decisão. Dessa maneira, o professor será o responsável por possibilitar, em sala de aula, uma visão ampla aos alunos das relações de ciência, tecnologia e sociedade.

Dessa maneira, esse trabalho visa elaborar uma unidade didática com bases em CTS para aulas de física sobre o assunto energia.

A ideia desta unidade didática é que possa ser usada na nona série, como primeiro contato dos alunos com a Física. As aulas serão baseadas em um jogo onde os alunos decidirão se a Usina Hidrelétrica de Belo Monte será ou não construída. Num primeiro momento eles conhecerão o funcionamento e os prós e contras de uma usina hidrelétrica. Após se posicionarem a respeito das usinas em geral, serão divididos em três grupos, com número parecido de alunos, conforme seus interesses. O grupo A Favor será formado pelos defensores das usinas, o grupo Contra será formado pelos que se mostrarem totalmente contrários a este tipo de energia e o grupo Decisão

será formado por aqueles que ainda não têm uma opinião definida ou que a opinião fique entre as duas anteriores. Este último grupo (Decisão) será formado por representantes da sociedade, ou seja, cada pessoa representará um segmento da sociedade: representantes do governo, da ciência, da sociedade e empresários.

Os alunos terão contato com textos, vídeos e livros relacionados ao assunto, e, a partir dessas leituras, debaterão, sendo mediados pelo professor, no grande grupo ou nos grupos específicos, pois segundo Vygotsky a interação social é a chave para a aquisição de conhecimentos e a troca de experiências é essencial para que o aluno aprenda. Ainda pensando na perspectiva de Vygotsky, entende-se que quanto mais o aluno utilizar um signo ou instrumento, ele ampliará suas funções psicológicas e aumentará a gama de atividades para a aplicação dessas funções, já que, conforme já escrito no referencial teórico, quanto mais o indivíduo usar signos mais as funções psicológicas que ele é capaz de fazer se modificam. Sendo assim, os alunos serão, praticamente em todas as aulas, instigados a refletir e discutir sobre alguma questão social, política ou moral envolvendo o assunto abordado na unidade, bem como buscarão e criarão argumentos para debates e discussões.

Os debates e discussões serão sempre mediados pelo professor que tentará fazer com que o debate não se torne apenas político ou social, mas que contemple, além do que já foram citadas, as questões tecnológicas, científicas, morais e filosóficas envolvendo o assunto. Essa metodologia permitirá que o aluno desenvolva sua capacidade argumentativa e com o auxílio do professor possa desenvolver a crítica e a elaboração de questões para debates.

Em uma determinada aula os alunos terão contato com uma questão real e atual que permeia este assunto: a Usina Hidrelétrica de Belo Monte. O que, segundo a perspectiva CTS, é uma forma de abordagem que possibilita aos alunos terem uma visão ampla e crítica a respeito do assunto da unidade, pois no enfoque dessa situação serão abordadas todas as questões que a envolvem, incluindo a diversidade de visões que a mídia passa sobre o assunto, e como ser crítico a respeito delas.

O jogo termina quando o grupo de Decisão é solicitado a dar o seu veredicto, argumentando e buscando soluções para os problemas da escolha feita.

Aulas

Nesta unidade didática, as aulas terão discussões dos seguintes temas: impactos socioambientais na região em que será construída a hidrelétrica de Belo Monte para que os alunos compreendam que ao construir uma usina hidrelétrica há várias modificações nos aspectos físicos da região, além de comprometer o ciclo de vida dos animais, modificarem a vida diária da população; tecnologia envolvida para a construção de uma usina hidrelétrica, como esta funciona; além dos conteúdos científicos envolvidos no funcionamento das usinas hidrelétricas (como conceitos de energia, energia potencial gravitacional, cinética, conservação de energia e como funcionam turbinas de hidrelétricas, porém de forma bem conceitual).

Aula 1 (2 períodos)

Conteúdos da aula:

- Explicação da dinâmica do jogo;
- Questões contra o uso da energia hidrelétrica:
Mudança nas atividades econômicas da população devido à modificação dos rios; mudança de circulação por via terrestre e fluvial; redução do rio em algumas regiões comprometendo o desenvolvimento da população; impactos ambientais da região: extinção de espécies típicas da região.
- Questões a favor da usina hidrelétrica de Belo Monte: A maior parte da energia produzida no país é devida ao uso de energia hidrelétrica (80%); é necessário desenvolver usinas para atender

o crescimento da população brasileira; baixo índice de emissão de gases que provocam o efeito estufa; é uma alternativa mais econômica, se comparada com outras formas de se obter energia no país.

Objetivos específicos:

Com essa aula, espera-se que os alunos tenham alguns conhecimentos sobre a situação da Usina de Belo Monte, tendo em mente que é um assunto bem complexo e que exige bastante reflexão a cerca das informações que encontramos nos meios de comunicação.

Metodologias e estratégias:

Inicialmente, os alunos receberão fragmentos de textos contrários e favoráveis ao uso de usinas hidrelétricas (textos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, nas referências). A partir dos textos lidos, iniciaremos uma discussão no grande grupo a respeito do posicionamento dos discentes sobre: a produção da energia elétrica, o que ela representa na vida do ser humano, quais possíveis impactos ambientais ela pode trazer, qual a relação custo e benefício.

A partir das idéias trazidas pelos alunos neste momento, dividiremos a turma em três grupos (de acordo com suas respectivas opiniões) e explicaremos a dinâmica do jogo. O primeiro grupo será a favor da usina, o segundo contra e o terceiro, um grupo de decisão, aquele que decidirá no fim se a usina deve ou não ser implantada. Para os membros do grupo de decisão, serão considerados aqueles que abordarem tanto aspectos positivos quanto negativos do uso de usinas hidrelétricas durante o debate inicial.

Recursos didáticos:

Para esta aula, serão utilizados o quadro, giz e textos.

Aula 2 (2 períodos)

Conteúdos da aula:

- Conceito de energia;
- Tipos de energia (cinética e potencial gravitacional);
- Transformação de energia;
- Definição de potência;
- Componentes de uma usina hidrelétrica;
- Geradores (de forma mais conceitual e superficial, porque nosso objetivo principal é energia);
- Meio ambiente da região em que será construída a usina hidrelétrica.

Objetivos específicos:

Com esta aula, os alunos deverão entender como uma usina hidrelétrica funciona e os conceitos físicos envolvidos nesta construção (conceito de energia e tipos de energia). Além de entenderem um pouco mais sobre os efeitos sócio-ambientais causados na construção de uma usina, além dos prós e contras dessa construção.

Metodologias e estratégias:

A aula iniciará com um vídeo que ilustra como funciona uma usina hidrelétrica (vídeo 1 das referências). Dessa forma, o professor fará ligação do mesmo com os conceitos físicos ali abordados (energias envolvidas e funcionamento da turbina), já citados acima. Depois serão propostas questões para os alunos refletirem e discutirem dentro do seu grupo sobre a neutralidade e fidedignidade do vídeo. Cada grupo discutirá quais dados poderão usar dessa aula em seu favor, e em período extraclasse pesquisarão mais sobre as questões levantadas nessa aula. Os grupos contra e a favor, para ter subsídio para seus argumentos, e o grupo de decisão para ter discernimento ao opinar. Além disso, deverão relacionar seus respectivos posicionamentos com a questão ambiental da região.

Recursos didáticos:

Para essa aula, serão necessários: quadro, giz e equipamentos que possibilitam a mostra do vídeo (computador e projetor, por exemplo).

Aula 3 (2 períodos)

Conteúdos da aula:

- O projeto e a construção da usina de Belo Monte, ligando com os conteúdos tratados na aula anterior (aula 2).

Objetivos específicos:

Com esta aula, os alunos terão conhecimento a respeito do projeto de construção da usina de Belo Monte e terão acesso aos posicionamentos contrários e favoráveis à construção de tal usina hidrelétrica, ao revisarem como funciona uma usina através de um vídeo que demonstra como será a usina hidrelétrica de Belo Monte.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula, será apresentado aos alunos o projeto de construção da usina de Belo Monte e só então descobrirão que o grupo de decisão decidirá se a usina será implantada ou não a partir dos argumentos trazidos pelos grupos a favor e Contra.

Inicialmente, será apresentado aos alunos o projeto da usina de Belo Monte, através de um vídeo que demonstra como é o projeto (vídeo 2), ajudando a revisar o conteúdo físico por trás de uma usina.

Os alunos assistirão a quatro vídeos, dois a favor: vídeo 3, denominado tempestade em copo d'água, onde estudantes argumentam sobre aspectos favoráveis à construção da usina: dinheiro investido na construção é pouco, perto do que virá de retorno e que a área alagada já está desmatada; vídeo 4, denominado verifique os fatos, feito também por estudantes como resposta aos argumentos contrários à usina apresentados no vídeo feito pelos famosos da rede Globo; dois contrários: vídeo 5, chamado Belo Monte, anúncio de uma guerra, baseado num estudo feito na região em que apontam aspectos sociais como aumento da prostituição com a vinda de novos moradores devido à construção da usina e desconexão entre o que é dito pelo presidente da FUNAI (dizendo que os índios forma comunicados e aceitaram a construção de tal usina) e os

índios dizendo que o que o presidente diz não é verdade; vídeo 6, este foi feito pelos famosos da globo, em que dizem argumentos totalmente contrários à usina, sem abordar questões tão profundas como o vídeo 4, mas abordando apenas a questão do investimento e da moradia dos índios. Assim, os alunos terão noção que mesmo dentro de um grupo, aparentemente, com a mesma opinião, temos diversas formas para argumentar e várias maneiras de defender, seja simplesmente atacando os outros ou criando seus próprios argumentos. Novamente o professor lançará questões para reflexão: quais interesses econômicos e sociais existem por trás de cada vídeo. Depois os alunos terão um tempo para discutir com o próprio grupo qual abordagem escolherão e poderão fazer pesquisas na internet (se esta for disponível na escola) ou em livros e textos que o professor disponibilizará para embasar sua opinião e encontrar maiores e melhores argumentos. O grupo de decisão também pesquisará, mas buscando questões para cada um dos outros grupos responderem para que os convença qual proposta será a melhor.

Recursos didáticos:

Para a realização desta aula serão necessários: equipamentos que possibilitam a mostra do vídeo (computador e projetor, por exemplo), livros, internet, revistas e jornais (se a escola tiver) para a pesquisa em sala de aula.

Aula 4 e 5 (4 períodos)

Conteúdos das aulas:

- Argumentos favoráveis e contrários à construção da usina de Belo Monte.

Objetivos específicos:

Nestas aulas, os alunos deverão apresentar, de forma bem embasada, suas opiniões a respeito da usina de Belo Monte ao grupo decisão, e os alunos pertencentes a esse grupo também terão que questionar as idéias apresentadas.

Metodologias e estratégias:

Estas duas aulas serão dedicadas à explanação da proposta dos grupos a favor e contra a partir da discussão desses com o de decisão, tentando convencê-lo. Por exemplo, na aula 4, ou pode ser o grupo a favor ou o contra a apresentar-se para o grupo decisão. O professor fará um sorteio para ver quem inicia o debate. Uma aula de dois períodos será dedicada a cada grupo para mostrarem suas opiniões ao grupo decisão e este também deverá questionar os argumentos apresentados. O grupo oposto ao que estiver apresentando no dia não poderá intervir no momento em que os colegas estiverem debatendo com o grupo decisão, mas poderá ficar fazendo anotações e elaborando possíveis questões para o debate que se realizará na outra aula. Os alunos poderão usar os recursos didáticos que julgarem necessário para subsidiar seus argumentos.

Recursos didáticos:

Conforme escrito anteriormente, os recursos didáticos serão escolhidos pelos próprios alunos ao apresentarem seus argumentos, podendo ser vídeos, Power Point, textos ou qualquer outro recurso.

Aula 6 (2 períodos)

Conteúdos da aula:

- Aspecto a favor e contra a implantação da usina de Belo Monte a partir de um debate entre os dois grupos (os alunos favoráveis e contrários à usina hidrelétrica).

Objetivos específicos:

Nesta aula, os alunos deverão embasar seus argumentos para defender seus pontos de vista a respeito da implantação ou não da usina de Belo Monte a partir de um debate mediado pelo professor.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula o professor mediará um debate entre os grupos A Favor e Contra, dando tempo para questões e respostas, e limitando os questionamentos por assunto, exemplo: questão social, tecnológica, ambiental, etc. Impedindo assim que os alunos se detenham apenas a um dos aspectos e varram o maior número possível de questões relacionadas à implantação da usina de Belo Monte.

Recursos didáticos:

Para esta aula, assim como nas aulas 4 e 5, serão de escolha dos alunos o uso de recursos para embasarem seus argumentos, podendo ser vídeos, Power Point, textos ou qualquer outro recurso.

Aula 7 (2 períodos)

Conteúdos da aula:

- Argumentos favoráveis ou não à implantação da usina de Belo Monte a partir do grupo de decisão, apresentando também alternativas para resolver os problemas vindos através da decisão tomada.

Objetivos específicos:

Com esta aula, os alunos que representarão o grupo decisão deverão embasar a proposta escolhida por eles através de materiais colhidos durante as aulas. Além de proporem alternativas que não serão resolvidas através da decisão tomada, ou seja, caso escolham que a usina deve ser feita, deverão apresentar alternativas para a modificação ambiental e social da região. Por outro lado, se decidirem não implantar a usina, qual a alternativa que eles mostrarão para atender a demanda energética, por exemplo.

Metodologias e estratégias:

O grupo de Decisão apresentará ao grande grupo o que foi decidido sobre a implantação da usina de Belo Monte, utilizando argumentos próprios e fragmentos das falas do grupo que “ganou” o debate. Independente da decisão tomada, o grupo deverá trazer possíveis formas de resolver os problemas oriundos da decisão tomada e dialogar com o resto da turma sobre a viabilidade dessas possibilidades.

Recursos didáticos:

Nesta aula, como nas três últimas, serão de escolha dos alunos os recursos didáticos usados para poderem embasar seus argumentos, podendo ser vídeos, Power Point, textos, filmes ou qualquer outro recurso.

Avaliação

Durante todas as aulas que envolverão debate o professor estará avaliando os alunos, usando como critério principal a capacidade de argumentação dos alunos e a evolução dos mesmos neste quesito, ao longo do jogo.

Material de apoio ao professor

Texto 1:

<http://www.socioambiental.org/esp/bm/index.asp>

Texto 2:

<http://www.socioambiental.org/esp/bm/noticias.asp>

Texto 3:

<http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=3248>

Texto 4:

http://www.correiodadania.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4043:belomonte091209&catid=69:especial-belo-monte&Itemid=179

Texto 5:

<http://www.advivo.com.br/blog/luisnassif/um-dossie-a-favor-de-belo-monte>

Texto 6:

www.blogbelomonte.com.br/wp-content/uploads/2011/11/folheto_UHE_portugues.pdf

Texto 7:

<http://invertia.terra.com.br/sustentabilidade/noticias/0,,OI5514494-EI18949,00.html>

Texto 8:

<http://www.problemasambientais.com.br/impactos-ambientais/hidreletrica-de-belo-monte-impactos-ambientais/>

Referências Bibliográficas

GASPAR, A.(1994) A teoria de Vygotsky e o ensino de Física. Trabalho apresentado no IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis.

MOREIRA, M.A., OSTERMANN, F.(1999) *Teorias Construtivistas*. Porto Alegre: IF UFRGS.

OLIVEIRA, M.K. Lev Vygotsky:texto e apresentação

SANTOS, W.L.P e MORTIMER, E.F.(2002) *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade)no contexto da educação brasileira*.Ensaio- Pesquisa em Educação e Ciências, v.02, n.02

Vídeo 1:

<http://www.youtube.com/watch?v=KHCBexIN4fA>

Vídeo 2:

<http://www1.folha.uol.com.br/multimedia/videocasts/1008760-videografico-mostra-como-funcionara-a-hidreletrica-de-belo-monte.shtml>

Vídeo 3:

<http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI281487-16381,00-ESTUDANTES+DA+UNICAMP+PRODUZEM+VIDEO+A+FAVOR+DE+BELO+MONTE.html>

Vídeo 4:

http://www.youtube.com/watch?v=feG2ipL_pTg

Vídeo 5:

http://www.youtube.com/watch?v=5M1_XfLcHTk

Vídeo 6:

<http://www.youtube.com/watch?v=TWwwfL66MPs>

http://www.aedb.br/seget/artigos06/804_ARTIGO%20%20USINAS%20HIDROELETRICAS%20-%20SEGeT.pdf

<http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/pilares/meioAmbiente/acoesAmbientais/usinaHidreletrica.html>

ANEXO I

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Metodologia do Ensino de Física – FIS1228

PROJETO FINAL: CONSTRUÇÃO DE UMA
UNIDADE DIDÁTICA TRÂNSITO E A FÍSICA,
UMA ABORDAGEM CTS

NOMES:

Pedro

Mário

INDÍCE

1. Referencial teórico.....	3
1.1 Objetivos Gerais.....	3
1.2 Perspectiva Adotada.....	3
2. Conteúdo da Unidade Didática.....	6
3. Estrutura das Aulas.....	6
Aula 1.....	7
Aula 2.....	7
Aula 3.....	8
Aula 4.....	9
Aula 5.....	9
Aula 6.....	13
Aula 7.....	13
Aula 8.....	14
Aula 9.....	15
Aula 10.....	15
Aula 11.....	16
4. Bibliografia.....	17

Referencial Teórico

1.1 Objetivos gerais

Tem-se como objetivo nesta unidade temática desenvolver no aluno a compreensão dos elementos que envolvem os conceitos de movimento, a Cinemática dos corpos, bem como desenvolver os elementos motivadores desse movimento, a Mecânica dos corpos. Busca-se a capacitação do aluno para compreender o mundo que o rodeia, percebendo de forma não intuitiva o comportamento dos corpos, bem como as conseqüências e o impacto de suas escolhas dentro do contexto de mundo (escola, família, comunidade, etc.) em que este aluno está inserido. Espera-se que saibam reconhecer a importância das suas escolhas baseados não só em sentimentos, e também no conteúdo apresentado nesta unidade, mas acima de tudo guiados em preceitos éticos e de justiça.

1.2 Perspectiva adotada

Perspectiva vygotskyana:

Neste projeto será adotada uma perspectiva vygotskyana. Baseando-se na teoria sócio-cultural de Lev Vygotsky buscamos criar elementos suficientes para o aprendizado dos alunos. Ao utilizar essa teoria busca-se uma maior interação entre o professor e o aluno, bem como uma maior interação entre os próprios alunos. O tema central desta teoria está na relação entre pensamento e linguagem.

“O conceito central da teoria de Vygotsky (1984) é o de atividade, que é a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência; um sistema de transformação do meio (externo e interno da consciência) com ajuda de instrumentos (orientados externamente; devem necessariamente levar a mudanças nos objetos) e signos (orientados internamente; dirigidos para o controle do próprio indivíduo). Uma atividade compreendida como **mediação** onde o emprego de instrumentos e signos representa a unidade essencial de construção da consciência humana, entendida como contato social consigo mesmo e, por isso, constituída na cultura.” (Moreira e Osterman, Teorias Construtivistas, 1999, p 32).

É uma teoria que busca relacionar a influência do ambiente no desenvolvimento psicológico e educacional, cita conceitos como filogênese que se refere a história de uma espécie (neste caso o homem); ontogênese que se refere ao desenvolvimento do indivíduo de uma determinada espécie; sociogênese que a história da cultura no qual está inserido o sujeito e por ultimo a microgênese que diz

respeito ao sujeito e como ele reage a cada evento em sua vida (Oliveira, texto de apresentação, pág. 36). Dentro destes conceitos Vygotsky cita a necessidade de um mediador que permita a interação do indivíduo com essa história. Neste ponto traz a tona a necessidade, e a importância, da fala e da linguagem simbólica como mediadores do indivíduo com o mundo, nesta interação que reside o desenvolvimento, ao atuar sobre o mundo o indivíduo aumenta a sua capacidade de compreensão sobre o mesmo, bem como ao se relacionar ele compartilha de diferentes visões deste mesmo mundo engrandecendo a sua própria visão bem como o seu desenvolvimento.

Ao falar de desenvolvimento dentro da teoria de Vygotsky se torna imperioso que se tragam dois novos conceitos descritos por ele, são eles:

Nível de desenvolvimento real, que se refere ao nível de desenvolvimento mental de uma pessoa, ideais já “prontas e definidas”;

Zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação (Moreira e Osterman, Teorias Construtivistas, 1999, p 28).

Não podemos entrar em uma sala de aula e aplicar diretamente estes conceitos, teremos crianças diferentes com diferentes ZDP's (Oliveira, texto de apresentação, pág. 36) mas munidos do conhecimento destes conceitos teremos a consciência, de que por menor que seja a coisa que dissermos ela ainda surtirá muito efeito nas mentes dos alunos. Estamos ali como fontes e formas de interação para o desenvolvimento das mentes, assim como estamos ali como instrumentos, como ferramentas cognitivas para a criação, construção e apropriação de conceitos por parte dos alunos.

Dentro desta construção devemos sempre salientar os conceitos de filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese, pois “o sujeito depende dessa intervenção para se desenvolver adequadamente nos rumos que aquela cultura supõe como os rumos adequados para o desenvolvimento. Desenvolver-se numa sociedade que tem escola, é diferente de desenvolver-se numa sociedade que não tem escola. Então, escola, numa sociedade escolarizada é um lócus cultural extremamente importante, para a definição dos rumos de desenvolvimento. E a intervenção pedagógica é essencial na definição do desenvolvimento do sujeito.” (Oliveira, texto de apresentação, pág. 37)

CTS:

Em conjunto da perspectiva de Vygotsky adotaremos a perspectiva CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade), perspectiva esta que faz a correlação entre a sociedade, a ciência e a tecnologia. Buscamos, baseados nessa perspectiva, associar os conteúdos relacionados na unidade didática com o dia-a-dia do estudante.

Com a adoção da perspectiva CTS, buscamos esclarecer e tentar eliminar mitos relacionados a ciência. Buscamos quebrar a crença em um desenvolvimento linear que endeusa a ciência, endeusamento este que fecha os olhos da sociedade para questões de importância para todos, por esta sociedade acreditar que não tem capacidade de discernir e escolher o melhor para si.

Na perspectiva de ensino CTS buscamos proporcionar ao aluno a escolha, a capacidade de escolher, e não se alijar da sociedade. Procuramos fornecer conhecimentos mínimos para que este aluno esteja apto a participar de forma ativa nas escolhas de sua vida, sem ser amedrontado por dados e teorias que lhe sejam apresentados.

Buscamos com essa perspectiva a construção do conhecimento que acompanhe a construção social, científica e tecnológica, focados neste objetivo, relacionamos esta a perspectiva CTS com a teoria Vygotskyana, acreditamos na sinergia destas teorias pois estas visam a construção do conhecimento sem esquecer da parcela importante que a sociedade possui na formação do indivíduo.

2. Conteúdo da Unidade Didática

Nesta unidade didática iremos trabalhar os seguintes temas:

Movimento Retilíneo Uniformemente Variado;
Leis de Newton.

Para trabalhar adequadamente os conteúdos supra citados os alunos devem ter trabalhado anteriormente conceitos como Vetores, Conceitos de Movimento (deslocamento, posição, velocidade instantânea, velocidade média) e Movimento Retilíneo Uniforme e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

Como perspectiva CTS iremos adotar a influencia do Tráfego, do transito e das leis de transito dentro da sociedade, já que este é um assunto bastante tátil para os alunos e com um crescente apelo social já que diariamente somos confrontados com acidentes de transito causados pelos mais diversos motivos.

Dentro do assunto escolhido procuraremos relacionar os conceitos físicos de aceleração e frenagem (MRUV) com o movimento de veículos e como forma de prevenção de acidentes. Dentro da temática MRUV queremos ainda avaliar tempo de reação, de uma pessoa, antes de um acidente bem como o deslocamento de um veículo após o início da frenagem.

Usando os conceitos pré-requisitados em conjunto com o conceito de MRUV trabalhado, serão apresentadas as 3 Leis de Newton e como estas são aplicadas ao trânsito. Estudando nesta parte não só a parte técnica (veículo) mas também a influencia do homem nos resultados de um transito mais seguro ou não.

Visando a questão tecnológica serão estudadas formas desenvolvidas para aumentar a segurança dos veículos e sua relação custo benefício. Tecnologias como: o cinto de segurança, os freios ABS, os AirBags e dispositivos eletrônicos de alerta ao motorista.

Tentando se adequar ao sistema de ensino este projeto terá um número de 11 aulas, com 16 períodos, sendo estas divididas em 3 períodos semanais, sendo estes períodos divididos em um dia com dois períodos e outro dia com apenas um período. Cada aula terá o número de períodos a serem utilizados para o desenvolvimento do conteúdo pré-determinado.

3. Estruturas das Aulas

Aula 1

Conteúdo:

O conteúdo da aula será MRUV, aula ministrada em 2 períodos de 50min

Objetivo:

Nesta aula buscamos trabalhar conceitos de aceleração e frenagem. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer os elementos que compõe o conceito de aceleração bem como sua aplicação no dia-a-dia, como aceleração e frenagem dos carros, importância da velocidade máxima nas estradas.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula serão apresentados dois vídeos aos alunos, e em uma discussão orientada pelo professor, tentará se retirar as ideias incutidas pelos vídeos nos alunos. O primeiro vídeo é, onde queremos discutir a importância das velocidades máximas e como isto se relaciona com a frenagem do veículo: <http://www.blogintellectus.com.br/fisica/index.php/acidentes-fisica-e-seguranca-no-transito/>

O segundo vídeo é, demonstrar projetos de segurança para veículos e relacionar alguns comportamentos comuns das pessoas quando se referem a alta velocidade e permitir a reflexão do aluno após discutido o primeiro vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=ZFxUOWcKM4E>

Através deste vídeos e das experiências diárias dos alunos procuraremos desenvolver em conjunto com os alunos os conceitos de aceleração e frenagem, e relacionar os elementos que influenciam na criação deste conceito.

Recursos Didáticos:

Será utilizado um projetor e um computador para que os alunos possam observar os vídeos a serem discutidos.

Aula 2

Conteúdo:

O conteúdo da aula será MRU e MRUV, aula ministrada em 1 período de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo apresentar gráficos que relacionem os conceitos de MRU e MRUV. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de diferenciar os dois tipos de gráficos MRU e MRUV.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula serão construídos em conjunto com os alunos, como uma forma de revisão do conteúdo até então, gráficos que relacionem os conceitos de MRU e MRUV. Serão gráficos como posição contra o tempo, e velocidade contra o tempo, explicitando a diferença entre os dois conceitos.

Recursos didáticos:

Quadro e giz.

Aula 3

Conteúdo:

O conteúdo da aula será as Leis de Newton, aula ministrada em 2 períodos de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo apresentar as três leis de Newton relacionando com o assunto CTS proposto. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer as 3 leis de Newton e como elas se relacionam com o trânsito e suas conseqüências.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula, inicialmente, serão apresentadas as três leis de Newton, em seguida será dado aos alunos um texto que relaciona as leis de Newton com as possíveis conseqüências de acidentes de trânsito sendo explicadas pelas leis de Newton. O texto está no sítio da internet <http://educacaoparaotransitocomqualidade.blogspot.com/2011/05/as-leis-da-fisica-aplicadas-ao-transito.html>. O título do texto é: As Leis da Física Aplicadas ao Trânsito: Evitando Traumas e Sequelas.

Após a leitura deste texto o professor instigará a realização, pelos alunos, de conexões das três leis de Newton com o dia-a-dia dos alunos.

Recursos didáticos:

Quadro, giz e cópias do texto.

Aula 4

Conteúdo:

O conteúdo da aula será as Leis de Newton e o plano inclinado, aula ministrada em 1 período de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo apresentar o plano inclinado e as forças existentes em um corpo colocado no mesmo. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer comportamento das forças no plano inclinado.

Metodologias e estratégias:

Aula expositiva.

Recursos didáticos:

Quadro e giz.

Aula 5Conteúdo:

O conteúdo da aula será as Leis de Newton e o plano inclinado, aula ministrada em 2 períodos de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo apresentar o plano inclinado e as forças existentes em um corpo colocado no mesmo (até o atrito). Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer comportamento das forças no plano inclinado.

Metodologias e estratégias:**Atividade - a corrida de carrinhos**

Para realização desta atividade dispomos de duas rampas iguais, e carrinhos de massas, tamanhos e formas diferentes, alguns com rodinhas de borracha, e outros com rodinhas de plástico, Figura (2). O tempo necessário para que ela seja realizada é de aproximadamente 90 minutos.

A atividade tem dois objetivos:

1. Verificar que da interação entre dois corpos resulta, além da força normal, a força de atrito.
2. Proporcionar aos alunos a compreensão de que a força de atrito depende do material das superfícies que estão em contato.

Ela consiste em soltar simultaneamente dois carrinhos e ver qual chega primeiro ao final da rampa. Deve-se ter o cuidado de não colocar as rampas muito inclinadas, o que faria com que os carrinhos descessem muito rápido, dificultando a observação.

Os alunos estão divididos em grupos e para motivá-los pedimos que cada grupo escolha um carrinho para apostar uma “corrida” e ver qual ganha. Após realizar as corridas o professor faz à turma as seguintes perguntas:

- Por que alguns carrinhos ganham dos outros, e alguns chegam empatados?
- Quais são as forças que atuam nos carrinhos?
- Estas forças são feitas por quem?

Após a discussão nos grupos, o professor deve reunir a turma e pedir que cada grupo exponha suas conclusões. Esperamos que eles concluam que além da força peso e da força normal, alguma outra força deve estar atuando nos carrinhos.

Se um corpo desce um plano inclinado, sem atrito, as forças que atuam sobre ele são a força normal, N , e a força peso, P .

$$FR = P + N. (1)$$

A força resultante, e conseqüentemente a aceleração, a , estão atuando na direção do plano, e seus módulos são dados por:

$$FR = mg\text{sen}\beta, (2)$$

$$a = g\text{sen}\beta, (3)$$

onde m é a massa do corpo, e g é a aceleração da gravidade.

A Eq. (3) mostra que neste caso a aceleração do objeto depende apenas da aceleração da gravidade, e da inclinação do plano, não dependendo, portanto, do objeto em si.

Assim é esperado que os alunos percebam que além da força normal e da força peso alguma outra força deve estar atuando nos carrinhos, pois caso contrário todos deveriam chegar empatados, uma vez que a aceleração seria igual para todos. Antes mesmo do professor, é provável que alguns alunos chamem essa força de força de atrito, caso contrário, à essa altura ele já pode denominá-la.

Outra conclusão esperada é que essa força deve ser feita pela rampa, pois além da Terra, responsável pelo peso, é com ela que os carrinhos estão interagindo, além disso ela deve estar na direção do plano, da superfície de contato. Como os carrinhos realizam um movimento retilíneo na direção do plano, a força resultante tem esta mesma direção.

Caso o professor perceba que estas conclusões não estejam sendo atingidas, ele pode pedir a algum aluno voluntário para desenhar no quadro o diagrama das forças que estão atuando nos carrinhos, e então orientar a discussão para que em conjunto a turma chegue a um denominador comum.

Depois de fazer um apanhado das ideias colocadas, e das conclusões obtidas, o professor pede que os alunos se reúnam em seus grupos e coloca outra questão:

- Essa outra força que está atuando, depende de que?

A partir daí eles devem começar a buscar a resposta. Algumas hipóteses devem ser levantadas pelos grupos, tais como:

- A influência do peso.

Ao longo de nossa experiência como professores, percebemos que os alunos tendem a imaginar que os corpos mais pesados “caem mais rápido”.

- A influência do tamanho, e da forma dos carrinhos.
- A influência do material das rodinhas.

É importante que nesta etapa as rampas e os carrinhos estejam à disposição dos alunos. O que desejamos é que eles comecem a manipulá-los, repetindo as corridas e tentando verificar, e convencer seus colegas de grupo, que suas hipóteses são verdadeiras.

O professor tem um papel fundamental, ele deve estimular o debate entre os integrantes de cada grupo, sem dizer se as hipóteses estão certas ou erradas, mas orientando-os a testá-las e avaliá-las.

Ao perceber que algum grupo não consegue chegar a conclusão alguma ele pode sugerir como eles podem testar suas hipóteses, e havendo opiniões diferentes pedir que cada um exponha suas ideias aos colegas, e o porquê de acreditar que elas estejam corretas.

O que desejamos é que após algum tempo os grupos comecem a perceber que o que faz com que os carrinhos ganhem ou percam as corridas é o material de que são feitas suas rodinhas (carrinhos com rodinhas de borracha ganham dos carrinhos com rodinhas de plástico) e que portanto a força que atua no carrinho depende do material que está em contato com a rampa.

Caso o professor note que isso não está acontecendo, para auxiliar os alunos, ele pode colocar sobre as rampas duas borrachas uma com capa de plástico

e outra sem, e ir aumentando a inclinação até que elas comecem a deslizar. A borracha com capa de plástico desliza primeiro, e como elas têm, aproximadamente, o mesmo peso, a mesma forma e o mesmo tamanho fica mais evidente que o faz com que isso aconteça é o material, borracha ou plástico, que está em contato com a rampa.

Depois de algum tempo o professor reúne a turma toda novamente e pede para que cada grupo exponha suas resposta para a questão e como chegaram a tais conclusões.

Opiniões e argumentos diferentes são confrontados, e o professor deve ter o cuidado de não dar as respostas, e, ao mesmo tempo, conduzir o debate entre os grupos, a fim de chegar à resposta desejada.

Concluído que a força de atrito depende do material das rodinhas dos carrinhos, o professor deve colocar a seguinte pergunta:

- Quando os carrinhos estão descendo a rampa, além da força normal e da força peso, atua sobre ele a força de atrito. Essa força depende do material das rodinhas, mas será que ela depende também da superfície da rampa?

Para verificar essa dependência sugerimos uma atividade rápida. O professor deve colocar uma lixa sobre uma das rampas, e uma borracha sobre cada uma. A inclinação das rampas deve então ser ajustada de tal forma que as borrachas comecem a deslizar. O que observamos é que a borracha que está sobre a rampa com a lixa precisa de uma inclinação maior para que isso ocorra, ou seja, ao aumentarmos a inclinação a borracha que está sobre a rampa sem a lixa começa a deslizar, enquanto a outra continua parada.

Os alunos devem discutir sobre a questão dentro dos seus grupos, e depois novamente expor suas conclusões para o restante da turma num debate orientado pelo professor. O que esperamos é que eles cheguem à conclusão de que a força de atrito também depende da superfície da rampa.

Para finalizar deve ser feito um apanhado de todas as ideias, das conclusões obtidas e dos processos utilizados para obtê-las.

Recursos didáticos:

Material de Laboratório, pequenos carrinhos, borrachas e lixa.

Avaliação:

Participação dos alunos nas discussões e nas apresentações, avaliando a sua apropriação do conteúdo estudado com o auxílio do experimento e um relatório

individual dos experimentos e dos conceitos trabalhados.

Aula 6

Conteúdo:

O conteúdo da aula será a aplicação dos conhecimentos estudados na proposta CTS, aula ministrada em 1 período de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo relacionar os conteúdos com a proposta através de textos. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer a influências de todos os conteúdos estudados na composição do transito e do trafego de veículos e seu comportamento perante a sociedade.

Metodologias e estratégias:

Serão distribuídos texto para a leitura dos alunos. Textos que serão discutidos na aula seguinte. Os textos estão disponíveis nos seguintes sítios:

http://www.bauru.unesp.br/curso_cipa/artigos/4_transito.htm

<http://www.portaldotransito.com.br/estatisticas/cesvi-brasil-lanca-levantamento-e-analise-sobre-mortes-em-acidentes-de-transito-no-pais.html>

<http://oglobo.globo.com/transito/multas-desafiam-as-leis-da-fisica-o-bom-senso-3032265>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A2nsito>

<http://www.fisicareal.com/feynman.html#forum>

Recursos didáticos:

Cópias dos textos.

Aula 7

Conteúdo:

O conteúdo da aula será a aplicação dos conhecimentos estudados na proposta CTS, aula ministrada em 2 períodos de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo relacionar os conteúdos com a proposta através de textos. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer a influencias de todos os conteúdos estudados na composição do transito e do trafego de veículos e seu comportamento perante a sociedade.

Metodologias e estratégias:

Nesta aula será feita a discussão dos textos lidos na aula anterior.

Serão lançadas, pelo professor, perguntas como:

- Quais são as principais causas de acidentes de trânsito?
- Quais são as formas de prevenção?
- O tráfego e o trânsito são iguais em todos os lugares?
- Como são definidos os limites de velocidade?
- Necessidade de uma distância mínima entre veículos
- Desrespeito e imprudência versus tecnologia dos veículos
- ETC...

Após a discussão será proposto um trabalho em grupos em que os alunos serão divididos em 6 grupos diferentes para estudar as tecnologias desenvolvidas pelas empresas de automóveis para o aumento da segurança dos mesmos.

Os temas serão:

Cinto de Segurança

Freios ABS: custo benefício.

Os freios ABS são caros, quando comparados com acessórios automotivos?

AirBags: custo benefício.

Os AirBags são caros, quando comparados com acessórios automotivos?

Novos Sistemas de segurança desenvolvidos como: alerta de cansaço e distância de segurança entre veículos.

Recursos didáticos:

Quadro e Giz.

Aula 8

Conteúdo:

O conteúdo da aula será a aplicação dos conhecimentos estudados na proposta CTS, aula ministrada em 1 período de 50min

Objetivo:

Nesta aula temos como objetivo relacionar os conteúdos com a proposta através de textos. Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de reconhecer a

influencias de todos os conteúdos estudados na composição do trânsito e do tráfego de veículos e seu comportamento perante a sociedade.

Metodologias e estratégias:

Aula cedida aos alunos para a elaboração do trabalho em grupo. Servirá como uma aula de orientação para o trabalho. Pontos a serem abordados pelos trabalhos e formas de apresentação.

Recursos didáticos:

Quadro e giz.

Aula 9

Conteúdo:

O conteúdo da aula será a aplicação dos conhecimentos estudados na proposta CTS, aula ministrada em 2 períodos de 50min

Objetivo:

Apresentação de trabalhos. Avaliar a evolução e participação dos alunos através dos temas propostos.

Metodologias e estratégias:

Apresentação de trabalhos.

Recursos didáticos:

Dependente dos grupos.

Avaliação:

Avaliação das apresentações.

Aula 10

Avaliação Geral:

Em uma aula de um período de 50 minutos os alunos deverão elaborar um texto que relacione os assuntos das apresentações, com as leituras propostas e com as teorias físicas apresentadas.

Aula 11

Retorno:

Em uma aula de dois períodos de 50 minutos serão devolvidos os textos para os alunos e serão trabalhados os pontos da matéria que o professor julgar que não

foram devidamente alcançados pelos alunos

4. Bibliografia

Teorias Construtivistas, Moreira, M. A., Ostermann, F. Porto Alegre, IF-UFRGS, 1999

Lev Vygotsky, Marta Kohl de Oliveira, texto de apresentação

Roteiro para construção de um planejamento de uma unidade didática na perspectiva CTS, IF-UFRGS, 21/11/2011

As Forças de atrito e os freios ABS numa perspectiva de ensino médio, Leonardo Abeid, IF-UFRJ, 10/01/2011

<http://bestcars.uol.com.br/colunas2/q178.htm>

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17643/000721890.pdf?sequence=1>

http://www.bauru.unesp.br/curso_cipa/artigos/4_transito.htm

<http://www.portaldotransito.com.br/estatisticas/cesvi-brasil-lanca-levantamento-e-analise-sobre-mortes-em-acidentes-de-transito-no-pais.html>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A2nsito>

<http://www.blogintellectus.com.br/fisica/index.php/acidentes-fisica-e-seguranca-no-transito/>

<http://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090429092103AA1fQtS>

<http://educacaoparaotransitocomqualidade.blogspot.com/2011/05/as-leis-da-fisica-aplicadas-ao-transito.html>

<http://oglobo.globo.com/transito/multas-desafiam-as-leis-da-fisica-o-bom-senso-3032265>

<http://dicasdeumprofessor.blogspot.com/2009/08/leis-da-fisica-e-leis-de-transito.html>

<http://www.fisicareal.com/feynman.html###forum>

<http://www.youtube.com/watch?v=ZFxUOWcKM4E>

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/conhecimentos-gerais/air-bag.php>

Todas as 6 páginas.

<http://www.planetseed.com/pt-br/node/17432>

http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/behaviour/speeding/index_pt.htm

http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S141498932007001200013&script=sci_arttext

http://www.viasseguras.com/comportamentos/contra_o_excesso_de_velocidad_e/limites_de_velocidade

http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/outubro2003/ju234pag04.html

ANEXO J

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Física

**Unidade Didática na Perspectiva CTS:
Usina Nuclear**

Cleber

Marcos

Metodologia do Ensino de Física

2011/2

Sumário

1. Referencial Teórico	3
1.1. Objetivos Gerais.....	4
1.2. Perspectiva Adotada	4
2. Conteúdos da Unidade Didática.....	6
3. Estrutura das Aulas	8
3.1. Aula Um	8
3.2. Aula Dois.....	8
3.3. Aula Três.....	9
3.4. Aula Quatro.....	9
3.5. Aula Cinco.....	10
3.6. Aula Seis	10
3.7. Aula Sete.....	10
3.8. Aula Oito	11
3.9. Aula Nove.....	11
3.10. Aula Dez.....	12
3.11. Aula Onze	12
3.12. Aula Doze.....	13
4. Avaliação Geral	14
5. Referências Bibliográficas.....	15

1. Referencia Teórico

Lev Vygotsky (1896-1934) traz em sua teoria (apontada como sócio-cultural) aspectos muito importantes e relevantes quanto à educação, apresentando uma grande preocupação com a escola e com o professor. Para ele, estes possuem papel fundamental no desenvolvimento humano.

A relação entre o homem e o mundo é mediada pelos signos e instrumentos. Os signos são orientados internamente ao sujeito, mediam de maneira simbólica (por exemplo, a fala). Já os instrumentos são orientados externamente e podem se constituir, por exemplo, em ferramentas tecnológicas. Os instrumentos são condutores da atividade do sujeito sobre um objeto (por exemplo, usar um martelo para pregar um prego). A interiorização destes signos e objetos é que caracterizam o desenvolvimento humano (MOREIRA e OSTERMANN, 1999).

Os processos psicológicos elementares possuem origem biológica (o choro de um bebê que está com fome) e são predecessores dos processos psicológicos superiores, ou funções mentais complexas, que possuem origem sócio-cultural (a memória seletiva, a atenção voluntária e o pensamento são exemplos dessas funções superiores) (MOREIRA e OSTERMANN, 1999).

O conceito mais original e de maior repercussão apresentado por Vygotsky em sua teoria é o de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que caracteriza as funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação. A ZDP caracteriza um nível de desenvolvimento no qual o sujeito não consegue realizar uma atividade por si, mas, se tiver a ajuda de outra pessoa (dito parceiro mais capaz) pode realizá-la. O outro nível de desenvolvimento é o real, que é caracterizado por aquilo que o sujeito consegue fazer sem a ajuda de outra pessoa. Para Vygotsky, diferentemente de Piaget, por exemplo, o aprendizado precede o desenvolvimento. Assim, é necessário aprender para se desenvolver. A aprendizagem está intimamente ligada com a zona de desenvolvimento proximal, sendo criador desta (MOREIRA e OSTERMANN, 1999).

Na perspectiva de Vygostky o professor e a escola possuem papel fundamental para o desenvolvimento do sujeito. A intervenção deliberada do professor nas atividades realizadas pelas crianças modifica o rumo do desenvolvimento. A escola é o ambiente onde essa intervenção do professor se torna possível e é onde ele pode conduzir o aprendizado e o desenvolvimento do sujeito de acordo com a sociedade e a cultura na qual está inserido. A sociedade e a cultura possuem, portanto, papel determinante na formação do sujeito, pois elas determinam os rumos da educação que lhe é oferecida (MOREIRA e OSTERMANN, 1999).

1.1. Objetivos Gerais

Trabalhar com os alunos aspectos positivos e negativos da energia nuclear, mostrar fatos relatados na mídia e promover discussões críticas em cima de tal tema, contestar a visão de ciência que os alunos têm com base em fatos históricos e conceitos epistemológicos. Proporcionar aos alunos a vivência de uma situação de tomada de decisão.

Ao longo das aulas se pretende ministrar os conteúdos de na área de Física Moderna, como decaimento radioativo, tipos de radiação, efeitos da radiação nos tecidos biológicos, fusão e fissão nuclear e fatos históricos que envolvam a energia nuclear (segunda guerra mundial, acidentes envolvendo usinas nucleares ou lixo radioativo, etc.).

1.2. Perspectiva Adotada

A perspectiva adotada para a criação e organização desta unidade didática é a chamada perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Esse movimento surge em meados do século XX, quando países capitalistas começaram a notar que os desenvolvimentos da ciência, tecnologia e economia não estavam resultando em desenvolvimento social, ou seja, o modelo tradicional (e linear) de desenvolvimento não estava contemplado. A ligação entre a ciência e a tecnologia com a guerra e com a destruição do meio ambiente, nas décadas de 60 e 70, também foram fatores que contribuíram fortemente para um olhar diferente para a ciência e tecnologia, que se tornaram objetos de debate político (AULER e BAZZO, 2001).

O movimento CTS concebido como um campo educacional traz importantes contribuições para o ensino de ciências, promovendo a alfabetização científica. Através da incorporação de disciplinas CTS no currículo, proporciona-se uma formação de um cidadão crítico, capaz de opinar e tomar decisões acerca de temas que envolvam ciência e tecnologia, quebrando, assim, com o mito da superioridade das decisões tecnocráticas, ou seja, as decisões devem ser tomadas democraticamente com a maior participação possível das pessoas e não somente pelo técnico (por exemplo, um cientista) (AULER e BAZZO, 2001).

É importante, trabalhando em cima da perspectiva CTS, que se traga um problema social, apresente-se a tecnologia associada a este, apresente-se o conhecimento científico envolvido e se retorne ao problema social, sempre proporcionando aos alunos que se posicionem e opinem sobre o tema. Apresentar conteúdos e mostrar aplicações cotidianas não caracteriza uma abordagem deste tipo e pode induzir os alunos a pensar na tecnologia somente como física aplicada (produção de artefatos facilitadores da vida diária) e reforçando a visão errônea de que desenvolvimento científico e tecnológico gera bem-estar social (AULER e BAZZO, 2001).

Cabe notar que este tipo de perspectiva é totalmente interdisciplinar, ou seja, ela abrange vários campos de conhecimento ao mesmo tempo. Para trabalhar com uma proposta CTS é necessário, portanto, a colaboração de profissionais de outras áreas, precisando-se explorar várias metodologias e estratégias, tornando as aulas mais ricas e contribuindo, assim, para a melhor formação dos estudantes enquanto cidadãos críticos (AULER e BAZZO, 2001).

2. Conteúdos da Unidade Didática

Esta unidade didática cujo tema central é usina nuclear foi planejada para ser aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio, portanto, podemos considerar que estes já estudaram as idéias básicas da física pelo menos em mecânica, termodinâmica e um princípio de eletromagnetismo, além de já ter tido contato, nas aulas de química, com modelos atômicos e tabela periódica.

O tema central “usina nuclear” será proposto aos alunos devido à grande repercussão que se teve na mídia devido ao acidente de Fukushima, no Japão. A proposta é fazer com que os alunos vivenciem uma situação de tomada de decisão onde, a partir dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso seja possível uma tomada de decisão consciente e democrática (realizada por pessoas cientificamente alfabetizadas). Pela experiência dos autores podemos notar que este é um tema de interesse geral dos alunos pelo fato de abordar questões de física moderna e também pela íntima ligação com o tema “bomba nuclear” que sempre desperta curiosidade nos estudantes. Usando este tema como referência, buscamos trabalhar os conceitos de fusão e fissão nuclear, radioatividade e decaimento radioativo, tipos de radiação, também se procura trabalhar aspectos econômicos devido a esta forma de geração de energia e os cuidados e fatos históricos sobre o lixo radioativo, para isso seria necessária uma atividade interdisciplinar entre um professor de física e um professor que lecione história ou geografia e também com o professor de química, enfatizando os aspectos técnicos de acidentes com usinas ou lixo radioativo, buscando um material de apoio nos textos acadêmicos e também nas próprias notícias das mídias (jornais, revistas, internet, livros didáticos, etc.) tendo o cuidado de filtrar tais informações.

O tema em questão apresenta alguns aspectos interessantes para serem discutidos em sala de aula como, por exemplo, a relação custo benefício desta fonte de energia, se esta é válida para todos os lugares (destacando questões geográficas), a energia nuclear no Brasil, quais os riscos para a comunidade local e internacional em caso de acidente e como lidar com o lixo gerado. São temas como esse que se busca trabalhar com os alunos.

A tecnologia empregada é uma dificuldade a par e que pode ser tratada com os alunos de forma conceitual. Aqui abordaremos a usina nuclear como a tecnologia, focando, principalmente no reator. A questão de enriquecimento do urânio também é uma proposta muito boa que pode ser tanto trabalhada na área de física quanto na parte de geografia onde se pode usar o fato do Irã estar enriquecendo urânio próximo a 20%, a preocupação dos países da região devido ao fato de se ter um artefato nuclear em mãos iranianas e como esta situação pode afetar o Brasil e o cenário global. Para se manter uma usina precisamos manter a temperatura em um nível estável e, para tanto, se usam barras de cádmio ou grafite, reação em cadeia utilizando nêutrons térmicos e o grande problema da energia nuclear, que são seus dejetos e as formas de estocagem deste material.

Como pode ser observado, tal tema é muito rico e poderia produzir diversos outros tópicos não só em física como também em matemática, química e outras disciplinas, porém foram escolhidas apenas as disciplinas de química, história e geografia pelo fato de que os autores não possuem uma experiência concreta com CTS ou trabalhos interdisciplinares. Os conteúdos abordados nas aulas bem como seus pré-requisitos estão organizados na tabela 1.

Tabela 01: Conteúdos da unidade didática aula por aula e seus respectivos pré-requisitos.

Aula	Conteúdo	Pré-requisito
Primeira aula	Apresentação da proposta.	Nenhum.
Segunda aula	Reportagens e fatos históricos publicados nas mais variadas mídias.	Nenhum.
Terceira aula	As partes de uma usina nuclear.	Nenhum.
Quarta aula	Fissão e Fusão Nucleares.	Princípios básicos de física (dinâmica, termodinâmica, movimentos periódicos, óptica e eletrodinâmica).
Quinta aula	Radioatividade e decaimento radioativo (isótopos), tempo de meia vida.	Propriedades da tabela periódica.
Sexta aula	Principais acidentes nucleares (envolvendo usinas, lixo radioativo e o projeto Manhattan).	Segunda guerra mundial e período pós-guerra.
Sétima aula	Descarte e prevenção, danos devido à exposição.	Decaimento radioativo e tempo de meia vida.
Oitava aula	Geografia física e geografia humana.	Pesquisa solicitada na sétima aula.
Nona aula	Usinas nucleares no Brasil, matriz energética nacional.	Segunda aula.
Décima aula	Vantagens e desvantagens, comparação com outras formas de “produção” de energia, a questão do Irã.	Aulas anteriores.
Décima primeira aula	Apresentação da proposta do plebiscito e divisão dos grupos.	Nenhum.
Décima segunda aula	Avaliação Geral.	Aulas anteriores.

3. Estrutura das Aulas

3.1. Aula Um

- Conteúdo da aula:

Apresentação da proposta.

- Objetivos específicos:

Apresentar a proposta aos alunos e o calendário do curso.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva.

- Recursos didáticos:

Data show.

- Atividade:

Apresentar aos alunos a questão da construção da usina e solicitar que escrevam um breve texto onde argumentam sua posição quanto à construção desta.

3.2. Aula Dois

- Conteúdo da aula:

Fatos históricos relacionados com a energia nuclear publicados nas mais variadas mídias.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem estar familiarizados a pesquisar nas mais variadas fontes de informação (jornais, revistas, livros, internet, entre outros). O aluno também deverá ser capaz de identificar os principais acontecimentos históricos envolvendo a energia nuclear.

- Metodologias e estratégias:

Os alunos serão divididos em grupos e conduzidos até a biblioteca da escola, onde realizarão a pesquisa. Será destinado um tempo da aula para que os alunos exponham para os seus colegas os resultados das pesquisas, onde se trabalhará principalmente os aspectos na não neutralidade da ciência e tecnologia e se fará uma crítica ao modelo linear de desenvolvimento Também será apresentado o vídeo Chernobyl se torna uma cidade fantasma 25 anos após desastre nuclear - JORNAL NACIONAL.

- Recursos didáticos:

Computador, livros, jornais, revistas, etc..

- Avaliação:

Ao final da pesquisa será solicitado aos grupos que apresentem seu material para discussão com a turma. Será avaliada a participação nas discussões.

3.3. Aula Três

- Conteúdo da aula:

As partes e o funcionamento de uma usina nuclear.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos deverão ser capazes de identificar as partes de uma usina nuclear e dominar seu funcionamento.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva, utilizando o quadro e o data show para a apresentação de uma simulação de uma usina nuclear e dos vídeos Usina Nuclear – Funcionamento e Conseqüências e Energia Nuclear 4.

- Recursos didáticos:

Data show, quadro.

3.4. Aula Quatro

- Conteúdo da aula:

Fissão e Fusão Nucleares.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos deverão dominar de forma conceitualmente os processos de fusão nuclear, sendo capazes de relacioná-los ao processo que ocorre dentro de um reator de fissão nuclear.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva com a apresentação do vídeo Fissão nuclear, nuclear fission.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

3.5. Aula Cinco

- Conteúdo da aula:

Radioatividade e decaimento radioativo, isótopos, tempo de meia vida.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem ter um domínio conceitual de radioatividade e decaimento radioativo. Devem saber reconhecer os tipos de radiação (alfa, beta e gama), compreender espectro eletromagnético o conceito de meia vida e entender o que são isótopos.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva, onde serão abordados os conteúdos.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

3.6. Aula Seis

- Conteúdo da aula:

Principais acidentes nucleares.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem saber identificar os aspectos técnicos dos principais acidentes (Chernobyl, acidente radiológico de Goiânia, por exemplo).

- Metodologias e estratégias:

Apresentação do vídeo Os Piores Acidentes Nucleares, nesta aula ocorrerá a intervenção do professor de química.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

3.7. Aula Sete

- Conteúdo da aula:

Descarte de lixo radioativo e prevenção de acidentes, danos devido à exposição.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem conhecer aspectos de prevenção de acidentes, bem como formas de armazenamento e descarte do lixo produzido pela usina e as conseqüências da exposição à radiação.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva, aqui ocorrerá a intervenção do professor de química.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

Atividade:

Pesquisa (em grupos) sobre a matriz energética mundial e brasileira para a aula oito.

3.8. Aula Oito

- Conteúdo da aula:

Geografia física e geografia humana.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem conhecer a matriz energética mundial, questões de terreno que possibilitam ou impossibilitam certas alternativas de obtenção de energia. Também devem ser capazes de identificar impactos ambientais das principais fontes de energia utilizadas no mundo.

- Metodologias e estratégias:

Discussão com os alunos dos resultados pesquisa. Apresentação de gráficos, apresentação de questões ambientais devido às principais fontes energéticas.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

3.9. Aula Nove

- Conteúdo da aula:

Usinas nucleares no Brasil, matriz energética nacional.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula os alunos devem ser capazes de identificar as principais fontes da matriz energética brasileira, bem como conhecer as usinas nucleares em solo nacional.

- Metodologias e estratégias:

Discussão com os alunos, a partir dos resultados das pesquisas, dando destaque para questões econômicas e ambientais.

- Recursos didáticos:

Data show e quadro.

- Atividade:

Produção de um texto para ser entregue na aula seguinte argumentando se a energia nuclear é uma alternativa necessária para o Brasil.

3.10. Aula Dez

- Conteúdo da aula:

Vantagens e desvantagens, comparação com outras formas de “produção” de energia, a questão do Irã.

- Objetivos específicos:

Ao final desta aula o aluno deve ser capaz de identificar vantagens e desvantagens de uma usina nuclear em relação às outras formas de “geração” de energia. Também deve ter conhecimento acerca da questão do Irã.

- Metodologias e estratégias:

Aula expositiva, após discussão com os alunos apresentado os aspectos relevantes.

- Recursos didáticos:

Quadro, Data show.

3.11. Aula Onze

- Conteúdo da aula:

Apresentação da proposta do plebiscito e divisão dos grupos.

- Atividade:

Fica implícito que os alunos precisam se organizar e realizar pesquisas para a atividade final.

3.12. Aula Doze

- Conteúdo da aula:

Avaliação Geral.

- Atividade:

Debate e plebiscito. Por fim os alunos deverão produzir outro texto evidenciando seu ponto de vista sobre a construção ou não da usina nuclear, a partir dos novos conhecimentos adquiridos e das discussões em sala de aula.

4. Avaliação Geral

Será solicitado à turma que se divida em quatro grupos onde cada um dos grupos representará os cientistas (com 3 alunos), os governantes a favor da construção da usina (situação, com 5 alunos), os governantes contra a construção da usina (oposição, com 5 alunos) e um último que fará o papel da população em geral (demais alunos da sala). A proposta é que se faça um plebiscito onde a população, em voto aberto, decidirá se a usina será ou não construída na região. Aos cientistas cabe uma exposição (utilizando os recursos que o grupo julgar necessários) sobre aspectos técnicos em relação à construção da usina. Ao grupo da situação, a favor da usina, cabe colocar aspectos econômicos e sociais (como o de geração de emprego, por exemplo) entre outros para justificar a construção. Ao grupo da oposição, contra a usina, cabe citar aspectos econômicos, ambientais e sociais, entre outros, para justificar a não construção da usina. Cada grupo terá um tempo de aproximadamente 10 minutos para expor seus argumentos, depois será destinado um tempo de até 10 minutos para que a população faça perguntas. Depois deste grande debate, mediado pelos professores, será aberta a votação para a decisão final. Os critérios de avaliação serão o comprometimento, a participação e a fundamentação dos argumentos durante o debate, além das atividades que foram solicitadas anteriormente. A atividade está prevista para dois períodos de aula.

5. Referências Bibliográficas

Básica:

HEWITT, P.G. **Física Conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 743 p.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2007. (Série brasil).

Professor:

MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: IFUFRGS, 1999. (Séries Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10)

AULER, D., BAZZO, W. A. REFLEXÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO MOVIMENTO CTS NO CONTEXTO EDUCACIONAL BRASILEIRO. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.

TIPLER, P. A. LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 515 p.

Simulação:

<http://esa21.kennesaw.edu/activities/nukeenergy/nuke.htm>

Vídeos:

Usina Nuclear – Funcionamento e Conseqüências

<http://www.youtube.com/watch?v=BkqoZR6csvs&feature=related>

Fissão nuclear, nuclear fission

<http://www.youtube.com/watch?v=ehL4HoyRqdw>

Como funciona uma bomba atômica

<http://www.youtube.com/watch?v=pDeNPLhn548&feature=related>

Chernobyl se torna uma cidade fantasma 25 anos após desastre nuclear - JORNAL NACIONAL

<http://www.youtube.com/watch?v=wHUCHyztI5M>

Os Piores Acidentes Nucleares

<http://www.youtube.com/watch?v=UP4ftDXAu4Q&feature=related>

Energia Nuclear 4

http://www.youtube.com/watch?v=a_axZ0Yhqw8&feature=related

Chernobyl. Desastre Nuclear. (Documentário)

<http://www.youtube.com/watch?v=dpGlefCXZAY>

http://www.youtube.com/watch?v=R9NC8b_Wd4Q&feature=related

<http://www.youtube.com/watch?v=rrPLP26oLPE&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=96nICWC-Vcc&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=v4MHwCfABCk&feature=related>

http://www.youtube.com/watch?v=l480i_sl1Y0&feature=related

<http://www.youtube.com/watch?v=76J3HueeVpA&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=IC3DDxU93CM&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=wyPyfnPTKS0&feature=related>

http://www.youtube.com/watch?v=VR_8mgoCUJw&feature=related

Acessos em 12/2011.

ANEXO K

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA

UNIDADE DIDÁTICA

O CÂNCER DE PELE NA PERSPECTIVA CTS

RENAN

LUCAS

SOFIA

Porto Alegre, dezembro de 2011.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Objetivos Gerais

Capacitar o aluno a fazer conexões entre suas ações e as consequências delas na sua própria saúde ou de outras pessoas, naquilo que se refere ao Câncer de pele, relacionando diretamente preceitos básicos sobre as propriedades da luz e ondas eletromagnéticas, mostrando possibilidades de cura através da nanotecnologia e fornecendo suporte para o aluno buscar formas de prevenção dessa doença que acomete muitas pessoas no mundo e principalmente no Brasil.

1.2 Perspectiva Adotada

Esta unidade didática está baseada nas teorias de Lev Vygotsky, para ele o ponto de partida do desenvolvimento cognitivo dos estudantes é a aprendizagem. Suas teorias destacam a importância dos instrumentos e signos numa relação entre o homem e o objeto ou o pensamento e a ação, da interação entre as pessoas para a ocorrência da aprendizagem e, finalmente, da linguagem como indicador de aprendizagem. Acrescentando à concepção vygotskyana, pretendemos utilizar em todo processo de ensino-aprendizagem uma abordagem chamada de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que visa conscientizar o futuro cidadão de como ele pode receber, comportar-se e se envolver em questões relacionadas a ciência e tecnologia, pois ambas estão presentes e influenciam a vida em sociedade.

A mediação é uma palavra chave na teoria de Vygotsky, para ele é necessário que exista um intermédio entre o sujeito e a realidade que o cerca. A mediação através dos instrumentos se caracteriza como a utilização de ferramentas para mediar uma ação concreta sobre um objeto, já a mediação por signos se caracteriza como uma mediação simbólica, diferentemente da mediação por instrumentos, esta se dá apenas entre o sujeito e o objeto de conhecimento. Pode-se dizer que um signo é uma representação que o indivíduo consegue internalizar com seu respectivo significado, em outras palavras todos nós pensamos em representações de objetos que não são os próprios objetos, são apenas representações que construímos culturalmente. Pode-se dizer que o principal exemplo da utilização de signos é a linguagem.

A linguagem, para Vygotsky também possui um papel fundamental, pois ela possui uma forte relação com o pensamento, por exemplo, ao nomear um objeto, o estamos classificando, de forma que, ao nomearmos outro objeto diferente daquele, deveremos classificá-lo em outra categoria. Isso é extremamente importante, pois caracteriza o pensamento abstrato.

Dessa forma, as discussões em grupo, promovendo a interação com a mediação do professor, são estratégias básicas para todas as aulas desta unidade, pois através delas os alunos criam

representações e internalizam o conhecimento. Além disso, o discurso evidencia o nível de aprendizagem e a análise deste se torna um instrumento para o professor perceber as dificuldades e os avanços do aluno.

Com isso, pretendemos combinar o ensino de física baseado em Vygotsky com a abordagem CTS. A perspectiva CTS surgiu do entendimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo linearmente ao desenvolvimento social. Dessa forma se fez necessário analisar criticamente as relações estabelecidas entre a ciência a tecnologia e a sociedade.

A abordagem CTS tem como ponto de partida um tema problematizador, um problema social que deve estar presente na realidade do aluno, pois isso o fará sentir a necessidade de adquirir novos conhecimentos a fim de solucionar este problema. A este tema serão apresentadas as tecnologias relacionadas, evidenciando as relações estabelecidas entre a tecnologia e a sociedade. Assim, para compreender a Tecnologia relacionada são apresentados os conhecimentos científicos, para posteriormente, retomar a tecnologia dessa vez com todos os conhecimentos necessários para a sua compreensão. Por fim o problema social deve ser retomado evidenciando as relações estabelecidas entre a ciência a tecnologia e a sociedade.

O objetivo central do Ensino de Física na perspectiva CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis relativas a ciência e a tecnologia na sociedade e participar da solução de tais questões.

2. CONTEÚDO DA UNIDADE DIDÁTICA

2.1 Pré-requisitos:

- Noções básicas sobre interpretações de gráficos, principalmente, de funções periódicas.
- Compreensão básica sobre fenômenos eletromagnéticos.
- Noções básicas sobre ondas e suas características.

2.2 Conteúdos:

- Radiação eletromagnética/Luz.
- Nanopartículas.
- Nanotecnologia.
- Protetor solar.
- Câncer de pele.
- Neutralidade da ciência.

3. ESTRUTURA DAS AULAS

Todas as aulas estão esquematizadas no anexo 1.

3.1 Primeira aula

3.1.1 Conteúdo da aula

- Câncer de pele.
- Tipos de câncer de pele.
- Estimativas de incidência da doença para o ano de 2012.
- Formas de reconhecer a doença.
- Câncer de pele como um problema social.

3.1.2 Objetivos específicos

O objetivo desta aula é fazer com que o aluno reconheça que o câncer de pele é um problema social relevante em sua realidade e que ele sinta a necessidade de buscar soluções para este problema.

3.1.3 Metodologias e estratégias

Buscando atingir os objetivos propostos, a aula iniciará com uma pequena discussão sobre o câncer de pele para que o professor consiga perceber se os alunos tem alguma compreensão do assunto e motivando o grupo a se aprofundar neste tema. Após, baseando-se nos conceitos de Vygotsky de que o aluno aprende através da interação com os colegas, os alunos serão divididos em grupos e serão distribuídos pequenos textos para cada grupo. Foram selecionados cinco textos diferentes (Anexo 2), cada texto aborda um aspecto a ser trabalhado na aula. Os alunos deverão ler os textos e tentar entendê-los, o professor deverá supervisionar esta atividade auxiliando os grupos quando estes estão em dificuldades, pois segundo Vygotsky o professor deve atuar como um mediador no processo de aprendizagem do aluno. Com isso, cada grupo irá preparar uma pequena apresentação para os colegas (aproximadamente cinco minutos), apenas com os tópicos mais importantes. Esta atividade também se baseia nas ideias de Vygotsky, pois, para ele existe uma forte relação entre o pensamento e a linguagem, portanto ao explicar o que considera serem os tópicos mais importantes o aluno está externando sua compreensão daquilo que leu. Os textos deverão ser apresentados conforme a ordem previamente estabelecida, o primeiro texto explica o que é o câncer de pele, o segundo texto traz os tipos de câncer de pele, o terceiro texto indica formas de reconhecer a doença e o quarto e quinto texto trazem as previsões de incidência da doença para o ano de 2012. Durante as apresentações poderá haver discussões

sobre os temas, mas o professor deve direcionar a discussão para que todos os grupos consigam apresentar seus textos e para que no final os alunos façam uma discussão de fechamento, já como todas as informações a respeito do câncer de pele, novamente utilizando a ideia da interação para promover a aprendizagem.

Dessa forma, espera-se que ao final desta atividade o aluno considere o câncer de pele como um problema social relevante concretizando a problematização do tema, pois uma das Estratégias no Ensino de Física, na perspectiva CTS, é a problematização, nesta o aluno precisa problematizar o tema para sentir a necessidade de se apropriar de um conjunto de conhecimentos a fim de buscar soluções para o problema. Neste caso, as soluções para evitar o câncer de pele deverão surgir nas discussões desta aula. Está explícito nos textos que o principal causador do câncer de pele é a radiação proveniente do Sol, portanto é plausível esperar que os alunos logo se deparem com a ideia da utilização do protetor solar, e esta será a tecnologia ligada ao problema social que utilizaremos na próxima aula.

Assim, no final da aula o professor irá disponibilizar dois textos para cada aluno, estes textos deverão ser lidos para a próxima aula. O primeiro texto é referente a história do protetor solar e o segundo texto é uma reportagem sobre uma protetor solar fator 100 desenvolvido na UFRGS.

3.1.4 Recursos didáticos

Os recursos utilizados serão os cinco textos selecionados pelo professor.

3.1.5 Avaliação

A avaliação será feita a partir do trabalho realizado por cada grupo e pela participação do aluno nas discussões realizadas em sala de aula.

3.2 Segunda aula

3.2.1 Conteúdo da aula

- História do protetor solar
- Reportagem sobre o protetor solar fator 100
- Protetor solar.

3.2.2 Objetivos específicos

Nesta aula o objetivo principal é desenvolver no aluno a compreensão do contexto histórico e social da origem do protetor solar e analisar criticamente o papel da ciência e da tecnologia em uma reportagem a respeito de um protetor solar produzido pela UFRGS.

3.2.3 Metodologias e estratégias

Esta aula utiliza duas estratégias da perspectiva CTS, a primeira é baseada na História da Ciência, pois o professor fará uma discussão sobre a história do protetor solar, baseado no texto que os alunos leram previamente (Anexo 3), dessa forma os alunos poderão compreender melhor o contexto histórico e social em que ocorreu o surgimento desta tecnologia.

A segunda estratégia consiste em desmistificar a ideia da neutralidade da ciência, e o modelo linear de progresso. Para isso os alunos irão analisar criticamente uma reportagem publicada no Jornal da UFRGS, a respeito de um protetor solar produzido na universidade, nesta reportagem constam diversas informações, entre elas a empresa que financia a pesquisa e outras pesquisas que também estão sendo realizadas na universidade. O professor poderá discutir o porquê desta empresa financiar as pesquisas realizadas, se esta tecnologia está sendo desenvolvida apenas para o bem da população, se as outras pesquisas citadas irão trazer algum desenvolvimento social. Após, será abordado o modelo linear de progresso, neste modelo o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), que gera o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento ou bem-estar social (DS). O modelo linear de progresso pode ser então representado através de um esquema: $DC \rightarrow DT \rightarrow DE \rightarrow DS$. Como este é um modelo bastante divulgado, ainda que indiretamente, pelos meios de comunicação e difundido como um dos mitos relacionados a ciência e tecnologia, os alunos podem concordar que ele de fato reproduz a realidade. Dessa forma, para mediar o processo de aprendizagem e promover o ensino crítico e contextualizado, o professor poderá retomar a reportagem, discutindo com os alunos se eles entendem que as empresas que financiam as pesquisas realizadas na universidade visam unicamente o bem estar social ou o lucro que obterão na aquisição da patente desta tecnologia. Além disso, o conhecimento científico que está sendo produzido na universidade poderia ser considerado neutro ou existem outros interesses por trás destes? O professor deve buscar questões que promovam a reflexão dos alunos, assim através de argumentos e discussões certamente eles conseguirão compreender melhor o papel da ciência e da tecnologia na sociedade.

3.2.4 Recursos didáticos

Os recursos utilizados serão um texto preparado pelo professor e uma reportagem. Além disso, serão utilizados giz e quadro.

3.2.5 Avaliação

O aluno deverá fazer uma análise crítica dos tópicos apresentados em sala de aula, respondendo as questões: porque foi criado o protetor solar? As tecnologias produzidas atualmente estão apenas a serviço da população?

3.3 Terceira aula

3.3.1 Conteúdos da aula

- Radiação eletromagnética/Luz

3.3.2 Objetivos Específicos

Entender as principais propriedades da luz referente ao câncer de pele.

3.3.3 Metodologias e Estratégias

Como metodologia e estratégia será mantido o contexto que iniciamos a unidade, porém haverá a necessidade de responder uma questão: Por que a exposição ao sol gera problemas de pele, inclusive o câncer? Traremos a partir desse ponto a ciência, especificamente as propriedades da luz.

Pediremos aos alunos que se dividam em quatro grupos para a leitura de um texto diferente para cada grupo. Cada grupo deverá preparar uma apresentação que ocorrerá na próxima aula. O professor, novamente como mediador irá auxiliar os alunos em suas dúvidas e poderá levantar algumas questões que deverão ser contempladas nas apresentações, direcionando os pontos do conteúdo que se envolvem diretamente com o câncer de pele.

3.3.4 Recursos didáticos

Haverá nessa aula a utilização dos seguintes recursos didáticos:

- Cópias dos 4 textos para toda a turma, que são os seguintes:

- 1) Ondas eletromagnéticas (Paul G. Hewitt);
- 2) Materiais Transparentes e opacos (Paul G. Hewitt);
- 3) Reflexão e Refração (Paul G. Hewitt);
- 4) Polarização (Paul G. Hewitt).

- quadro e giz.

3.3.5 Avaliação

A avaliação será feita de acordo com a participação do aluno nas atividades propostas pelo professor.

3.4 Quarta aula

3.4.1 Conteúdos da aula

- Radiação eletromagnética/Luz

3.4.2 Objetivos Específicos

Entender as principais propriedades da luz referente ao câncer de pele.

3.4.3 Metodologias e Estratégias

Nesta aula os alunos apresentarão os textos lidos na aula anterior, o professor deverá promover discussões, utilizando a interação entre alunos e professor para que os alunos compreendam as principais propriedades da luz.

3.4.4 Recursos didáticos

Projeto de slides, quadro e giz.

3.4.5 Avaliação

A avaliação será feita de acordo com a participação do aluno na apresentação e nas discussões promovidas pelo professor.

3.5 Quinta aula

3.5.1 Conteúdos da aula

- Radiação eletromagnética/Luz

3.5.2 Objetivos Específicos

Compreender a origem e o comportamento de uma onda eletromagnética. Interpretar o espectro eletromagnético, considerando as faixas de comprimento onda e de frequência e relacionando com a energia dessas radiações.

3.5.3 Metodologias e Estratégias

Com a intenção de fazer com que os alunos atinjam os objetivos propostos para esse conteúdo, o professor poderá rever alguns tópicos da aula anterior, complementando com outros considerados essenciais como a natureza dual da luz, aplicando ao contexto do câncer de pele.

O professor apresentará o conteúdo de forma expositiva e com algumas demonstrações, além disso, sempre deverá ocorrer interação com os alunos, a fim de manter a contextualização da proposta e também propiciando ao aluno momentos para que possa se expressar e demonstrar seu aprendizado ou a sua dificuldade.

3.5.4 Recursos didáticos

Haverá nessa aula a utilização dos seguintes recursos didáticos:

- Projeção de apresentação de slides;
- Utilização do quadro e giz;
- Materiais para as demonstrações com lentes, espelhos, filmes com fendas, polarizadores, fontes de luz e uma fonte de laser (com seu uso supervisionado pelo professor).

3.5.5 Avaliação

A avaliação será feita de acordo com a participação do aluno em sala de aula.

3.6 Sexta aula

3.6.1 Conteúdo da aula

- Protetor solar
- Radiação eletromagnética

3.6.2 Objetivos

O objetivo desta aula é relacionar o conteúdo aprendido sobre radiação eletromagnética com a tecnologia do protetor solar.

3.6.3 Metodologias e estratégias

Esta aula será baseada em dois textos, o primeiro é o artigo *Ataque a pele* de Michele L. Costa e Roberto R. da Silva, este artigo relaciona a química e a sociedade. O artigo inicia falando sobre os

efeitos da luz na pele, após relaciona o câncer de pele, como um efeito da radiação, efeito este que pode ser minimizado com o protetor solar. O artigo traz ainda elementos presentes na formulação do filtro solar.

O artigo será lido em sala de aula, após o professor e os alunos irão apontar os pontos principais, buscando relacionar com o conteúdo visto em sala de aula e com o câncer de pele.

O segundo texto consiste em trechos do artigo *Protetores Solares* de Juliana Flor, Marian R. Davolos e Marcos A Correa, com informações técnicas sobre o funcionamento do protetor solar. Este texto exige uma preparação do professor para que este consiga contemplar o aspecto interdisciplinar do texto, visto que este apresenta conceitos relativos a química que também devem ser explicados pelo professor.

O segundo texto também será lido em sala de aula e o professor deverá auxiliar na compreensão, para finalizar será feita uma discussão sobre a relação entre os conteúdos aprendidos anteriormente e o funcionamento do protetor solar.

3.6.4 Recursos didáticos

Artigo publicado na revista Química Nova na Escola, texto preparado pelo professor, quadro e giz.

3.6.5 Avaliação

A avaliação desta atividade será feita através da participação do aluno.

3.7 Sétima aula

3.7.1 Conteúdo da aula

-Nanotecnologia

3.7.2 Objetivos

O objetivo desta aula é apresentar a nanotecnologia como uma tecnologia a ser desenvolvida na cura do câncer.

3.7.3 Metodologias e estratégias

Nesta aula será trabalhada uma reportagem publicada no site <http://olhardigital.uol.com.br>, que foi veiculada pela mídia no mês de dezembro de 2011 sobre uma jovem de dezessete anos que realizou uma pesquisa sobre nanopartículas que seria capaz de identificar as células cancerígenas e destruí-las mantendo as demais células do corpo intactas.

O professor irá distribuir a reportagem aos alunos, eles deverão lê-la em sala de aula, com isso serão realizadas discussões a respeito do texto. De modo geral esta aula será aberta para discussões a respeito de nanotecnologia e nanopartículas, o que os alunos já ouviram a respeito do assunto, outras aplicações desta tecnologia, e a reportagem publicada no Jornal da UFRGS poderá ser retomada, pois ela também trazia dados sobre a pesquisa em nanopartículas na universidade.

Por fim os alunos deverão formar duplas e responder algumas questões propostas pelo professor, entre elas, você acha importante estudar as nanotecnologia? Por quê? O que você entende por nanopartículas? As respostas serão entregues no fim da aula.

3.7.4 Recursos didáticos

Reportagem publicada no site <http://olhardigital.uol.com.br>. Quadro e giz.

3.7.5 Avaliação

A avaliação será feita através da participação do aluno em sala de aula e das respostas das questões solicitadas pelo professor.

3.8 Oitava aula

3.8.1 Conteúdo da aula

-Nanopartículas

3.8.2 Objetivo

O objetivo desta aula é desenvolver no aluno a compreensão do que é uma nanopartícula.

3.8.3 Metodologias e estratégias

Esta aula deverá ter um caráter expositivo, o material poderá ser apresentado pelo professor no quadro ou projetado em slides. O professor deverá trazer tópicos, por exemplo, o que é uma nanopartícula, evidenciando que não há uma definição internacional consensual, mas uma definição que podemos utilizar é a seguinte: "Uma nanopartícula é um corpo de dimensão da ordem de 100 nm (nanômetros) ou menor". A esta definição pode-se associar uma observação, pois existem propriedades únicas que diferenciam as nanopartículas dos materiais de origem, tipicamente desenvolvidas em uma escala crítica de 100 nm. As novas propriedades (estas propriedades podem ser eletrônicas, ópticas, magnéticas, mecânicas ou mesmo de reatividade química) são inteiramente dependentes do fato de que na escala das nanopartículas, as suas propriedades físicas e químicas, e mesmo mecânicas, são diferentes

das propriedades do material de origem. Isso implica que o tamanho é muito importante para a definição das características de uma nanopartícula. Além disso, é importante destacar o que caracteriza uma nanopartícula, este conceito também não definitivo, mas pode-se citar o tamanho no qual os materiais demonstram propriedades diferentes do produto de origem.

Nesta aula será proposto um trabalho para a aula seguinte, os alunos irão se dividir em dois grupos iguais, um grupo irá pesquisar sobre benefícios da nanotecnologia e outro grupo irá pesquisar malefícios da nanotecnologia. O professor indicará alguns textos, mas os alunos poderão utilizar outros para fundamentarem seus argumentos a respeito da nanotecnologia. Na aula seguinte será feito um debate e o professor será o mediador da discussão. Cada grupo deverá vir preparado para o debate.

3.8.4 Recursos didáticos

Projektor de slides, quadro e giz.

3.8.5 Avaliação

A avaliação será feita através da participação do aluno em sala de aula.

3.9 Nona aula

3.9.1 Conteúdo da aula

-Benefícios e malefícios da nanotecnologia.

3.9.2 Objetivo

O objetivo desta aula é fazer com que o aluno perceba que a nanotecnologia, como demais tecnologias, possui benefícios e malefícios e a importância em se informar a respeito deles para poder exercer sua cidadania.

3.9.3 Metodologias e estratégias

Como proposto já na aula anterior, nesta aula os alunos farão um debate. Cada grupo deverá estar com os argumentos preparados e o professor irá preparar tópicos para o debate, por exemplo, cite os principais benefícios ou malefícios, quais os impactos na sociedade, quais as perspectivas. Além disso, o outro grupo terá o direito, se quiser, a uma réplica para poder justificar seus argumentos. O professor, ao lançar o tópico, irá contar cinco minutos, neste tempo o grupo deverá discutir e falar seus argumentos. Para a réplica serão disponibilizados dois minutos.

No final da atividade será feita uma discussão com o grupo, onde o professor vai mostrar que ambos os lados possuem argumentos válidos e que é importante que eles saibam dos dois lados para que possam se posicionar a respeito desta tecnologia, sendo esta uma ação fundamental para que possam exercer de fato sua cidadania.

3.9.4 Recursos didáticos

Cronômetro, quadro e giz.

3.9.5 Avaliação

Avaliação será feita de acordo com a participação do aluno no debate.

3.10 Décima aula

3.10.1 Conteúdo da aula

-Câncer de pele

-Nanobiotecnologia

3.9.2 Objetivos

O objetivo desta aula é revisar as relações entre a ciência a tecnologia e a sociedade, obtidas pelos alunos durante as aulas, assim como estabelecer novas relações, através do tema desenvolvido nesta unidade.

3.9.3 Metodologias e estratégias

Para atingir o objetivo acima descrito, será utilizado o artigo *Uma pequena grande revolução* publicado na revista *Ciência hoje* por Fernanda S. Poletto, Adriana R. Pohlmann e Sílvia S. Guterre. Neste artigo são discutidos diversos aspectos da nanotecnologia, entre eles a cura de doenças. Os alunos farão a leitura em sala de aula e o professor fará no quadro uma tabela, nela estão as seguintes colunas: 1) Qual a relação deste artigo com o câncer de pele? 2) Quais as implicações sociais da nanotecnologia? 3) Você considera que o autor está apresentando tanto os benefícios quanto os malefícios da nanotecnologia? Os alunos irão se reunir em grupo e responder cada uma das questões. Por fim cada grupo irá apresentar suas respostas e o professor irá preencher a tabela. Com a tabela o professor poderá encerrar a discussão evidenciando a ligação entre as questões. As respostas dos grupos serão entregues para o professor no final da aula.

3.9.4 Recursos didáticos

Artigo publicado na revista Ciência hoje, quadro e giz.

3.9.5 Avaliação

A avaliação será realizada de acordo com a participação em aula e com as respostas entregues ao final.

4 Avaliação geral

A avaliação geral será a soma de cada uma das avaliações feitas em sala de aula, seguindo os seguintes critérios do anexo 4 para os trabalhos em grupos.

No caso das produções textuais individuais ou em grupos serão avaliados diretamente a compreensão que o aluno obteve ao final da aula, assim como seu crescimento no domínio do conteúdo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Básica:

1. GASPARG, A. Física. São Paulo: Editora Ática, 2009.

Professor:

1. MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. Teorias Construtivistas. Porto Alegre: IFUFRGS, 1999.

2. HEWITT, Paul G. Física Conceitual/ Paul G. Hewitt; trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. – 9.ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

3. VIEIRA, Kátia Regina Cunha Flor, BAZZO, Walter Antonio Discussões acerca do Aquecimento Global: Uma Proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. Florianópolis: PPGECT/UFSC, 2007.

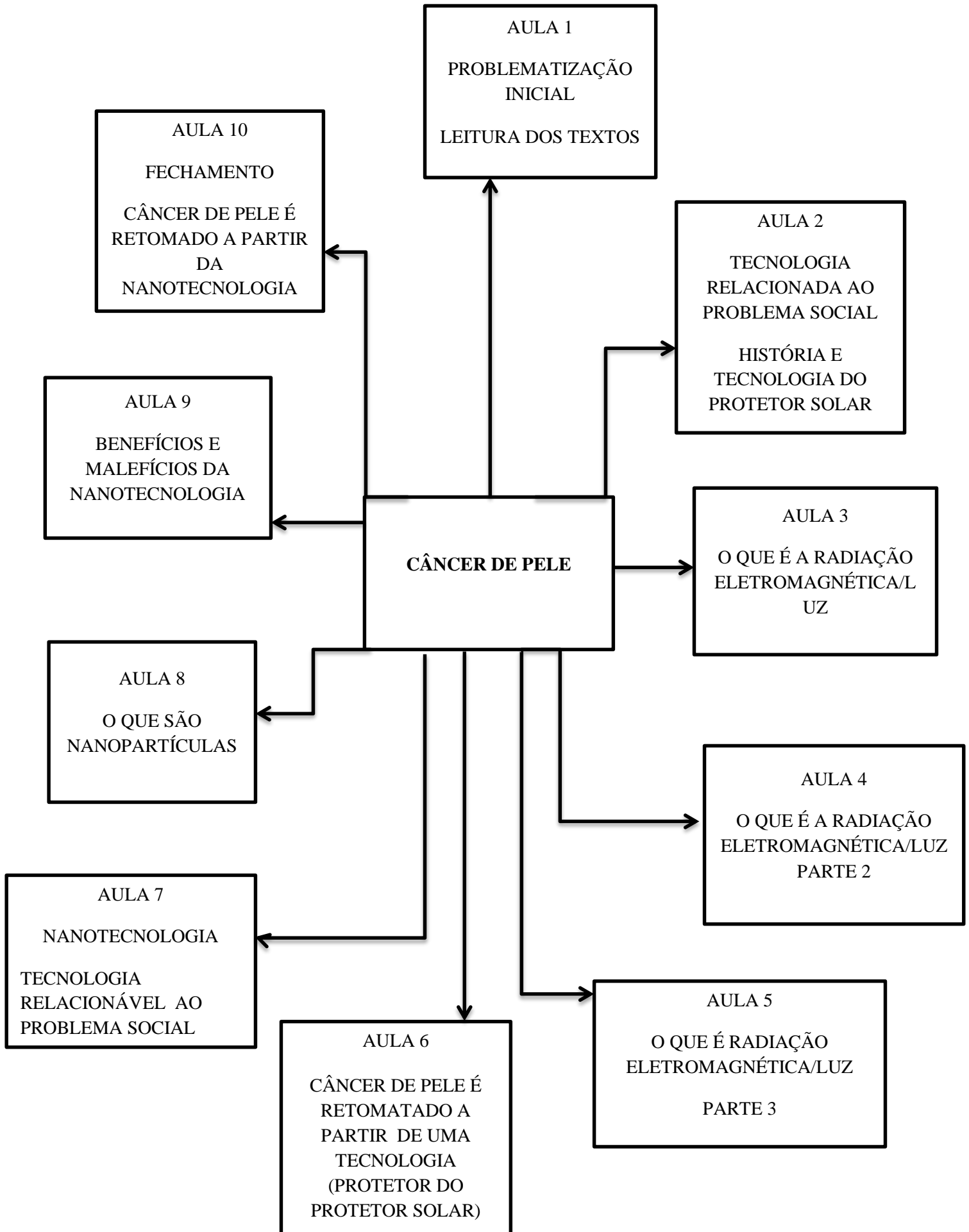
4. <http://www.inca.gov.br/>

5. <http://www.sbd.org.br/>

6. http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/

7. <http://cienciahoje.uol.com.br/>
8. <http://quimicanova.sbq.org.br/>
9. FLOR, J., DAVOLOS M. R. Protetores Solares. *Química Nova*, V. 30, No.1, 153-158, 2007.
10. QUINA, Frank. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, V. 27, No.6, 1028-1029, 2004.
11. POLLETO, F.S., POHLMANN, A.R. GUTERRES, S.S. Uma pequena grande revolução. *Ciência Hoje*, V. 43 No 255, 26-31, 2008.
12. COSTA, M.L., SILVA, R.R. Ataque a Pele. *Química Nova na Escola*, No1, 1995.
13. SANTOS, W.L.P., MORTIMER, E.F., Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Pesquisa em Educação em Ciências*, V.2, No 2, 2002.
14. MATTHEWS, M.R., História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.
15. RICARDO, E. C. *Problematização e Contextualização no Ensino de Física*. 2010.
16. LISBÔA, M. E. Do laboratório para a rua. *Jornal da UFRGS – No 124*, 2010.

ANEXO 1



ANEXO 2

TEXTO 1

TEXTO RETIRADO DO INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER

Câncer de Pele

Câncer é o nome dado a um conjunto de mais de 100 doenças que têm em comum o crescimento desordenado de células, que invadem tecidos e órgãos. Dividindo-se rapidamente, estas células tendem a ser muito agressivas e incontroláveis, determinando a formação de tumores malignos, que podem espalhar-se para outras regiões do corpo. As causas de câncer são variadas, podendo ser externas ou internas ao organismo, estando inter-relacionadas. As causas externas referem-se ao meio ambiente e aos hábitos ou costumes próprios de uma sociedade. As causas internas são, na maioria das vezes, geneticamente pré-determinadas, e estão ligadas à capacidade do organismo de se defender das agressões externas. Os tumores podem ter início em diferentes tipos de células. Quando começam em tecidos epiteliais, como pele ou mucosas, são denominados carcinomas. Se o ponto de partida são os tecidos conjuntivos, como osso, músculo ou cartilagem, são chamados sarcomas.

No Brasil, o câncer mais frequente é o de pele, correspondendo a cerca de 25% de todos os tumores diagnosticados em todas as regiões geográficas. A radiação ultravioleta natural, proveniente do sol, é o seu maior agente etiológico*.

De acordo com o comprimento de onda, os raios ultravioletas (raios UV) são classificados em raios UV-C, em raios UV-A (320-400nm) e em raios UV-B (280-320nm). Em decorrência da destruição da camada de ozônio, os raios UV-B, que estão intrinsecamente relacionados ao surgimento do câncer de pele, têm aumentado progressivamente sua incidência sobre a terra. Da mesma forma, tem ocorrido um aumento da incidência dos raios UV-C, que são potencialmente mais carcinogênicos do que os UVB.

Por sua vez, os raios UV-A independem desta camada, e causam câncer de pele em quem se expõe a eles em horários de alta incidência, continuamente e ao longo de muitos anos. As pessoas de pele clara que vivem em locais de alta incidência de luz solar são as que apresentam maior risco. Como mais de 50% da população brasileira têm pele clara e se expõem ao sol muito e descuidadamente, seja por trabalho, seja por lazer, e o país situa-se geograficamente numa zona de alta incidência de raios ultravioleta, nada mais previsível e explicável do que a alta ocorrência do câncer de pele entre nós.

*Causador da doença. Etiologia significa estudo acerca da origem das coisas; parte da Medicina que trata da origem das doenças.

TEXTO 2

TEXTO INFORMATIVO PRODUZIDO PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA

TIPOS DE CÂNCER DE PELE

Câncer da pele é o crescimento anormal e descontrolado das células que compõem a pele. Estas células se dispõem formando camadas e, dependendo da camada afetada, teremos os diferentes tipos de câncer.

Dos tumores existentes, o câncer da pele é o mais frequente. Muitos deles poderiam ser evitados se medidas de prevenção fossem aplicadas a tempo. Quando detectado precocemente este tipo de câncer apresenta altos percentuais de cura.

Os tipos mais comuns de câncer de pele são os carcinoma basocelular (CBC), carcinoma espinocelular (CEC) e melanoma maligno (MM).

O CBC e CEC são mais frequentes da pele e estão diretamente relacionadas com exposições solares frequentes ao longo dos anos em pessoas de pele clara. As lesões ocorrem principalmente nas áreas mais expostas como face, pescoço, dorso, antebraços e mãos. Já o melanoma maligno, o mais agressivo entre os cânceres da pele, tem sido também relacionado a exposições solares intensas, com queimaduras solares dolorosas e com bolhas, durante a infância, o que nos leva aos cuidados especiais com as crianças e adolescentes. O risco do melanoma não se restringe somente à exposição solar e pessoas de pele clara, apesar de raro ele pode acometer pessoas de pele morena e até negros.

Carcinoma basocelular (CBC):

- É o câncer de pele mais comum. Se for detectado precocemente, é muito provável que seu dermatologista consiga curá-lo, pois é um câncer que praticamente não leva a metástases.
- Pode se manifestar sob a forma de uma pápula (bolinha) com superfície perlácea (aspecto perolado) ou de uma ferida que não cicatriza.

Carcinoma espinocelular (CEC):

- É o segundo tipo mais comum de câncer da pele. Também é provável que seu dermatologista consiga curá-lo se detectado precocemente, mas o CEC pode se espalhar, podendo causar até morte.
- Pode apresentar-se como uma placa endurecida, área descamativa ou crostosa, ferida. Fique atento a lesões que sangram com facilidade ou não cicatrizam.
- O CEC pode aparecer sobre áreas de cicatriz de queimadura antigas.
- Pode ser removido com cirurgia ambulatorial nas fases iniciais.

Melanoma:

- Embora seja o câncer da pele menos comum, é o mais perigoso, podendo causar mortes. Se você tem história familiar desse tipo de câncer, você pode tê-lo mesmo sem ter se exposto ao sol!
- Pode se apresentar como uma lesão enegrecida, com bordas mal delimitadas, com cores e diâmetros que podem se alterar com o tempo.
- As pessoas mais propensas a este tipo de câncer da pele são aquelas com pele clara, que tiveram vários episódios de queimaduras solares com bolhas quando crianças ou pessoas com história familiar de melanoma.
- O tratamento é cirúrgico e vai depender da gravidade do caso.

Dessa forma, é muito importante que você saiba a diferença entre um sinal inofensivo e um melanoma. O autoexame pode ajudar a detectar um melanoma precocemente. Fique atento às mudanças de aparência, cor, forma e tamanho das suas pintas.

O melanoma cutâneo é um tipo de câncer que tem origem nos melanócitos (células produtoras de melanina, substância que determina a cor da pele) e tem predominância em adultos brancos. Embora só represente 4% dos tipos de câncer de pele, o melanoma é o mais grave devido à sua alta possibilidade de metástase (espalhamento de células cancerígenas para outros órgãos).

TEXTO 4

TEXTO INFORMATIVO PRODUZIDO PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA
COMO RECONHECER O CÂNCER DE PELE

Dos tumores existentes, o câncer da pele é o mais frequente. Muitos deles poderiam ser evitados se medidas de prevenção fossem aplicadas a tempo. Quando detectado precocemente este tipo de câncer apresenta altos percentuais de cura.

O câncer de pele é mais comum em indivíduos com mais de 40 anos sendo relativamente raro em crianças e negros, com exceção daqueles que apresentam doenças cutâneas prévias ou alterações genéticas. Indivíduos de pele clara, sensível à ação dos raios solares, ou com doenças cutâneas prévias são as principais vítimas do câncer de pele.

Dessa forma, é muito importante que você saiba a diferença entre um sinal inofensivo e um melanoma. Observe as diferenças:

O que é a pinta ou sinal?

Normalmente são chamadas de pintas as lesões denominadas pelos dermatologistas de nevos melanocíticos. Pintas ou nevos são lesões planas ou elevadas, cuja coloração pode variar da cor da pele ao negro. Podem ser congênitos (quando presentes ao nascimento) ou adquiridos (quando surgem após o nascimento). Alguns ainda podem apresentar pelos.

Os nevos podem ser pequenos, puntiformes ou até gigantes, aqueles que atingem grandes áreas do corpo.

A grande maioria dos nevos é benigno, porém alguns deles podem se transformar em câncer de pele. Portanto é importante sempre examinar as pintas. O conceito de que pintas de nascença são benignas nem sempre é verdadeiro, principalmente nos nevos gigantes.

Quando as pintas adquiridas começam a aparecer?

Geralmente as pintas começam a aparecer na infância, tendem a aumentar em número até a meia idade, quando podem diminuir. Predisposição genética e exposição ao sol são os fatores que fazem com que algumas pessoas tenham mais pintas do que outras.

Qual é o número normal de pintas nos adultos?

O número de pintas varia muito, mas maioria dos adultos brancos possui entre 10 a 40 pintas na pele, mas existem pessoas que tem até mais de 100 pintas!

Quando devemos nos preocupar com nossas pintas?

Devemos ficar atentos quando uma pinta começa a apresentar variações de:

- Coloração - Se numa mesma pinta começam a surgir várias cores como preto, azul, cinza, esverdeado, vários tons de marrom;
- Tamanho - Se a pinta vem crescendo ou diminuindo;
- Bordas - Observar se as bordas estão ficando irregulares;
- Assimetria - Se antes a pinta era redondinha e agora está ficando assimétrica.

Alguns sinais de suspeita de melanoma são quando as pintas, sardas ou manchas aumentam de tamanho, ficam elevados ou mudam de cor.

Por que reconhecer precocemente o câncer de pele?

Porque quanto mais cedo for reconhecido, maiores serão as chances de cura através de procedimentos simples. Um exame muito simples feito no consultório do dermatologista pode diagnosticar o melanoma com até 99% de certeza, mesmo em estágios iniciais.

TEXTO 5

ESTIMATIVAS DE INCIDÊNCIA DO CÂNCER DE PELE EM 2012 PRODUZIDAS PELO INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – II

Existem dois grupos distintos de câncer da pele: o não melanoma, mais frequente e menos agressivo, e os melanomas, mais agressivos, porém muito raros. Observe a estimativa de incidência para 2012 na Tabela 1:

Estimativas								
Brasil (Consolidado)								
Estimativas para o ano de 2012 das taxas brutas de incidência por 100 mil habitantes e de número de casos novos por câncer, segundo sexo e localização primária* (TABELA 1)								
Localização Primária Neoplasia Maligna	Estimativa dos Casos Novos							
	Homens				Mulheres			
	Estados		Capitais		Estados		Capitais	
	Casos	Taxa Bruta	Casos	Taxa Bruta	Casos	Taxa Bruta	Casos	Taxa Bruta
Próstata	60.180	62,54	15.660	75,26	-	-	-	-
Mama Feminina	-	-	-	-	52.680	52,50	18.160	78,02
Colo do Útero	-	-	-	-	17.540	17,49	5.050	21,72
Traqueia, Brônquio e Pulmão	17.210	17,90	4.520	21,85	10.110	10,08	3.060	13,31
Cólon e Reto	14.180	14,75	4.860	23,24	15.960	15,94	5.850	25,27
Estômago	12.670	13,20	3.200	15,34	7.420	7,42	2.170	9,47
Cavidade Oral	9.990	10,41	2.760	13,34	4.180	4,18	1.130	4,92
Laringe	6.110	6,31	1.540	7,56	-	-	-	-
Bexiga	6.210	6,49	1.900	9,28	2.690	2,71	880	3,72
Esôfago	7.770	8,10	1.500	7,26	2.650	2,67	520	2,27
Ovário	-	-	-	-	6.190	6,17	2.220	9,53
Linfoma não Hodgkin	5.190	5,40	1.560	7,66	4.450	4,44	1.560	6,85
Glândula Tireoide	-	-	-	-	10.590	10,59	3.490	14,97
Sistema Nervoso Central	4.820	5,02	1.190	5,82	4.450	4,46	1.200	5,23
Leucemias	4.570	4,76	1.180	5,81	3.940	3,94	1.180	5,02
Corpo do Útero	-	-	-	-	4.520	4,53	1.700	7,39
Pele Melanoma	3.170	3,29	810	4,05	3.060	3,09	790	3,46
Outras Localizações	43.120	44,80	11.100	53,33	38.720	38,61	10.320	44,50
Subtotal	195.190	202,85	51.780	248,60	189.150	188,58	59.280	254,86
Pele não Melanoma	62.680	65,17	14.620	70,39	71.490	71,30	15.900	68,36
Todas as Neoplasias	257.870	267,99	66.400	318,79	260.640	259,86	75.180	323,22

* Números arredondados para 10 ou múltiplos de 10

O câncer da pele não melanoma é uma doença que acomete mais as populações de pele clara, do tipo que queima e não bronzeia. hispânicos, asiáticos e negros desenvolvem menos esse tipo de câncer. São tumores de crescimento lento, localmente invasivos e raramente resultam em metástase a distância. Uma pequena proporção torna-se letal e o número de óbitos resultante desse câncer é muito

baixo. É, portanto, uma neoplasia (crescimento descontrolado de células, conhecida como tumor) de bom prognóstico, com altas taxas de cura se tratado de forma adequada e oportuna. Contudo, em alguns casos em que há demora no diagnóstico, esse câncer pode levar a ulcerações e deformidades físicas graves.

O melanoma da pele é menos frequente do que os outros tumores da pele, porém sua letalidade é mais elevada. Acomete principalmente os caucasianos que moram em países com alta intensidade de radiação ultravioleta. No entanto, esse tipo de câncer afeta todos os grupos étnicos em alguma proporção. A Austrália, onde a população é predominantemente branca e tem em média seis horas de exposição diária ao sol, é o país com a maior ocorrência de melanoma da pele. Se detectados em estádios iniciais, os melanomas são curáveis e seu prognóstico é considerado bom.

A exposição excessiva ao sol é o principal fator de risco para o surgimento dos cânceres da pele não melanoma. Em geral, para o melanoma, um maior risco inclui história pessoal ou familiar de melanoma.

A despeito de seu impacto para saúde pública e das altas taxas de incidência, o câncer da pele não melanoma permanece subnotificado pela maioria dos registros de câncer no mundo. No Brasil, figura como o tumor mais incidente em ambos os sexos e é bastante provável que exista um sub-registro devido ao subdiagnóstico. Recomenda-se, portanto, que as estimativas das taxas de incidência e dos números esperados de casos novos em relação a esse tipo de câncer sejam consideradas como estimativas mínimas.

Ações de prevenção primária que estimulem a proteção contra a luz solar são efetivas e de baixo custo para evitar o câncer da pele, inclusive os melanomas. A educação em saúde é outra estratégia internacionalmente aceita. O indivíduo deve procurar o dermatologista ao primeiro sinal de surgimento de manchas ou sinais novos na pele, ou a mudança nas características desses, reconhecendo assim possíveis alterações precoces sugestivas de malignidade.

ANEXO 3

HISTÓRIA DO PROTETOR SOLAR

Os gregos antigos usavam óleo de oliva como um tipo de filtro solar. Entretanto, o óleo não era muito efetivo. Ao longo do início do século XX, H.A. Milton Blake, um químico australiano, assim como muitos outros inventores, tentaram criar um filtro solar efetivo, mas não conseguiram.

Foi assim até 1944, quando o primeiro protetor solar foi inventado. Naquela época, a Segunda Guerra Mundial movimentava os campos de batalha e muitos soldados sofriam de sérias queimaduras solares. Um farmacêutico chamado Benjamin Greene decidiu criar algo que pudesse proteger os soldados dos maléficos raios solares. No forno de sua esposa, ele criou uma substância vermelha e viscosa, a qual chamou de "red vet pet" (red veterinary petrolatum - petrolato veterinário vermelho), que funcionava principalmente através do bloqueio físico dos raios solares por meio de um espesso produto originado do petróleo, similar à Vaselina. Greene então o testou em sua própria cabeça careca. Não funcionou tão bem como os modernos protetores, mas foi um começo.

O filtro solar passou por um longo caminho desde sua criação. Os produtos modernos apresentam muito maior proteção e também podem ser resistentes contra água e suor. Entretanto, também há efeitos negativos. Alguns acreditam muito nesses produtos, mas não entendem as limitações

dos fatores de proteção contra o sol (FPS); eles pensam que comprando qualquer coisa acima de FPS 30, estarão automaticamente prevenidos contra queimaduras não importando o tempo de exposição ao sol. Excesso de banho de sol é um dos principais fatores que causam câncer de pele no mundo.

Um filtro solar efetivo foi desenvolvido em 1938 pelo estudante de química suíço Franz Greiter, depois de se queimar severamente durante a escalada do pico Piz Buin na fronteira entre Suíça e Áustria. Ele chamou seu produto de 'Creme Gletscher' ou, em inglês, 'Creme Glacier', que foi desenvolvido em um pequeno laboratório na casa de seus pais. Exemplos que ainda existem do 'Creme Glacier' mostraram ter um FPS de 2 e, portanto, podem ser classificados como sendo filtros protetores efetivos.

No Brasil, o primeiro filtro solar foi introduzido em 1984 pela Johnson & Johnson, sob a marca Sundown, e possuía os FPS 4, 8 e 15.

Como se sabe, o aspecto saudável que o bronzeamento confere nem sempre é verdadeiro, pois os riscos de eritema, edema, dor, envelhecimento precoce e do câncer de pele estão intimamente relacionados à exposição solar.

Está comprovado que o uso de filtros solares diminui e revertem os efeitos do foto envelhecimento da pele. Os filtros solares são loções que bloqueiam os raios ultravioletas solares e reduz queimadura pelo sol e outros danos à pele, diminuindo, desta forma, o risco de câncer de pele. Os melhores protetores solares bloqueiam tanto os raios UVB, que queimam a pele, quanto os raios UVA, que podem danificar a pele sem causar queimadura. A maioria dos protetores solares contém um químico orgânico que absorve a luz ultravioleta, ou material opaco que reflete a luz, ou combinação de ambos, o que atualmente é mais comum.

FONTE: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=76>

ANEXO 4

Critérios		Procedimentos
Funcionamento do Grupo	Equilíbrio no trabalho diário entre os componentes do grupo	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Cumprimento dos prazos	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Cumprimento das exigências para o trabalho	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.

	Participação dos componentes na preparação da exposição	- Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D; - Aluno – participou ou não participou.
Exposição do trabalho	Organização na exposição e equilíbrio nas intervenções	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Adequação da apresentação e das conclusões	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Respostas às perguntas que por ventura forem feitas	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
Participação como assistente nas exposições dos colegas	Qualidade nas intervenções	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Respeito aos colegas da exposição ou da assistência	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.
	Concentração na assistência da exposição	Observação direta do trabalho de cada grupo em aula – Professor – Conceitos A, B, C, D.

Para definir bem o que significam os conceitos A, B, C e D vale lembrar-se da seguinte correspondência:

A – Excelente – 9 a 10;

B – Muito satisfatório – 7,5 a 8,9;

C – Satisfatório – 6 a 7,4;

D – Não satisfatório - < 6.

ANEXO 5

ARTIGO ANEXADO AO PROJETO SEM AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO.

REFERÊNCIA: COSTA, M.; SILVA, R. R. Ataque à pele. **Química Nova na Escola**, v.1, 1995.

ANEXO 6

Quim. Nova, Vol. 30, No. 1, 153-158, 2007

PROTETORES SOLARES

Juliana Flor e Marian Rosaly Davolos

Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, CP 355, 14801-970 Araraquara - SP, Brasil

Marcos Antonio Correa

Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, CP 502, 14801-902 Araraquara - SP, Brasil

Recebido em 31/3/05; aceito em 7/2/06; publicado na web em 30/8/06

SUNSCREENS. Health problems related to UV radiation can be minimized by the appropriate use of sunscreens. Different kinds of sunscreens are reported in the literature, even though there is a misleading denomination among them and few discussions are presented about how they work. This paper describes some important aspects in order to understand sunscreen phenomena such as: solar radiation effect, type of solar filters, protection mechanism, formulations and solar protection factor (SPF). Moreover the importance of Chemistry and the interdisciplinary studies related to sunscreens and cosmetic researches are emphasized.

Keywords: sunscreens; SPF; UV-absorbers.

INTRODUÇÃO

A necessidade do uso de protetores solares, também denominados fotoprotetores, é uma realidade indiscutível e acompanhando esta tendência o mercado oferece sua resposta. Estima-se que em 1992 o mercado nacional de protetores solares tenha comercializado 650 t de produtos¹. Dez anos mais tarde, em 2002, este mesmo mercado atingiu a produção de aproximadamente 4.200 t¹. Tais números não somente revelam a crescente importância deste segmento, como também sugerem o enorme potencial de crescimento para os próximos anos. Reforça esta potencialidade o fato de o mercado global ter movimentado, em 2002, US\$3,45 bilhões e que, desse total, a América Latina tenha contribuído com apenas US\$247,6 milhões¹. Além do aspecto mercadológico, o grande enfoque para este setor baseia-se indiscutivelmente na real necessidade da fotoproteção. Neste sentido, e com o objetivo de oferecer preparações com maior eficácia (produtos com melhor eficiência de proteção, maior estabilidade química e mais acessíveis à população), o segmento tem exigido dos formuladores grande aperfeiçoamento técnico e dos fabricantes de matéria-prima, pesquisa e desenvolvimento de novos filtros solares. Além disto, é necessária uma melhor compreensão do comportamento físico-químico tanto das novas quanto das tradicionais moléculas utilizadas como filtros solares. Neste artigo são apresentados alguns itens importantes para o entendimento dos fenômenos que envolvem protetores solares, tais como efeitos da radiação solar, filtros solares orgânicos e inorgânicos e mecanismos de proteção, formulações e fator de proteção.

EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR

O Sol é essencial para a vida na Terra e seus efeitos sobre o homem dependem das características individuais da pele exposta, intensidade, frequência e tempo de exposição, que por sua vez dependem da localização geográfica, estação do ano, período do dia e condição climática. Estes efeitos trazem benefícios ao ser humano, como sensação de bem-estar físico e mental, estímulo à produção de melanina com conseqüente bronzeamento da pele, trata-

mento de icterícia (cor amarela da pele e do branco dos olhos de bebês, causada pelo excesso de bilirrubina no sangue), etc. Porém, a radiação solar também pode causar prejuízos ao organismo, caso não se tome os devidos cuidados quanto à dose de radiação solar recebida².

O espectro solar que atinge a superfície terrestre é formado predominantemente por radiações ultravioletas (100–400 nm), visíveis (400–800 nm) e infravermelhas (acima de 800 nm). Nosso organismo percebe a presença destas radiações do espectro solar de diferentes formas. A radiação infravermelha (IV) é percebida sob a forma de calor, a radiação visível (Vis) através das diferentes cores detectadas pelo sistema óptico e a radiação ultravioleta (UV) através de reações fotoquímicas. Tais reações podem estimular a produção de melanina cuja manifestação é visível sob a forma de bronzeamento da pele, ou pode levar desde a produção de simples inflamações até graves queimaduras. Também, há a possibilidade de ocorrerem mutações genéticas e comportamentos anormais das células, cuja frequência tem aumentado nos últimos anos³.

A energia da radiação solar aumenta com a redução do comprimento de onda, assim a radiação UV é de menor comprimento de onda e, conseqüentemente, a mais energética, ou seja, a mais propensa a induzir reações fotoquímicas. Outra consideração importante diz respeito à capacidade desta radiação permear a estrutura da pele. A radiação UV de energia menor penetra mais profundamente na pele e, ao atingir a derme, é responsável pelo fotoenvelhecimento³.

A faixa da radiação UV (100 a 400 nm)⁴ pode ser dividida em três partes:

UVA (320 a 400 nm)

Freqüentemente a radiação UVA não causa eritema. Dependendo da pele e da intensidade da radiação recebida, o eritema causado é mínimo. Quando comparada à radiação UVB, sua capacidade em induzir eritema na pele humana é aproximadamente mil vezes menor, porém penetra mais profundamente na derme. Induz pigmentação da pele promovendo o bronzeamento por meio do escurecimento da melanina pela fotoxidação da leucotelanina, localizada nas células das camadas externas da epiderme⁵. É mais abundante que a radiação UVB na superfície terrestre (UVA 95%, UVB 5%). Histologicamente, causa danos ao sistema vascular pe-

*e-mail: davolos@iq.unesp.br

riférico e induz o câncer de pele, dependendo do tipo de pele e do tempo, frequência e intensidade de exposição^{5,6}. A radiação UVA também pode agir de maneira indireta, formando radicais livres³.

UVB (280 a 320 nm)

A radiação UVB atinge toda a superfície terrestre após atravessar a atmosfera. Possui alta energia e, com grande frequência, ocasiona queimaduras solares. Também induz o bronzeamento da pele, sendo responsável pela transformação do ergosterol epidérmico em vitamina D, e causa o envelhecimento precoce das células^{5,6}. A exposição frequente e intensa à radiação UVB pode causar lesões no DNA, além de suprimir a resposta imunológica da pele. Desta forma, além de aumentar o risco de mutações fatais, manifestado sob a forma de câncer de pele, sua atividade reduz a chance de uma célula maligna ser reconhecida e destruída pelo organismo⁷.

UVC (100 a 280 nm)

A radiação UVC é portadora de elevadas energias, característica que a torna extremamente lesiva aos seres vivos^{6,7}.

Devido à absorção pelo oxigênio e pelo ozônio na estratosfera, nenhuma radiação UVC, e pequena fração de UVB, chega à superfície da Terra. Devido a fatores ambientais, a redução na camada de ozônio tem levado a um aumento da radiação UVB na superfície da Terra, ocasionando maior incidência de queimaduras e, conseqüentemente, câncer de pele⁸. A Austrália vem tendo grandes problemas com os níveis de radiação ultravioleta devido a sua localização e à destruição em larga escala da camada de ozônio na Antártica⁸, provocando maior incidência de câncer de pele^{9,10}. Fatores como estes justificam a preocupação com a destruição da camada de ozônio.

Os perigos à saúde, relacionados à radiação UV, podem ser minimizados pelo emprego de protetores solares¹¹, os quais estão no mercado há mais de 60 anos. Inicialmente, eles foram desenvolvidos para proteger a pele contra queimaduras do sol, isto é, preferencialmente contra a radiação UVB, permitindo bronzeamento por meio de UVA. Com o crescente conhecimento a respeito de UVA, ficou evidente que a pele precisaria ser protegida de toda a faixa UVA/UVB^{12,13}, para reduzir o risco de câncer de pele causado por exposição ao sol. Em conseqüência, nasceu um novo conceito: um protetor solar eficiente deve prevenir não apenas uma possível queimadura, mas também reduzir o acúmulo de todas as lesões induzidas pela radiação UV, que podem aumentar o risco de alterações fatais¹⁴.

Proteger a pele frente às manifestações produzidas pela radiação UV significa converter a energia desta em outra forma de energia e ter garantias de que esta outra forma não seja prejudicial à pele. Os filtros UV empregados em formulações de protetores solares necessitam ser química e fotoquimicamente inertes³.

TIPOS DE FILTROS SOLARES E MECANISMOS DE PROTEÇÃO

Existem duas classes de filtros solares: orgânicos e inorgânicos, classificados rotineira e respectivamente como filtros de efeito químico (filtros químicos) e filtros de efeito físico (filtros físicos)¹⁵. Tal classificação apresenta apenas um caráter comercial e necessita ser reavaliada. Os processos de absorção e reflexão de radiação são considerados fenômenos físicos desde que não haja uma reação química. Assim, uma molécula absorvedora de radiação UV não necessariamente deve ser chamada de filtro químico. A classificação de filtros orgânicos e inorgânicos torna-se mais sensata,

uma vez que nos filtros orgânicos temos a presença de compostos orgânicos e nos inorgânicos temos a presença de óxidos metálicos. Geralmente, os compostos orgânicos protegem a pele pela absorção da radiação e os inorgânicos, pela reflexão da radiação. Existem no mercado, atualmente, filtros orgânicos que além de absorver, refletem a radiação UV. A Ciba Especialidades Químicas disponibilizou ao mercado o “Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutyl-phenol – MBBT”, Tinossob® M, que, mesmo sendo orgânico, apresenta a capacidade de reflexão e dispersão da radiação, além da capacidade de absorção das radiações UV, comportando-se, desta forma, como um filtro também de efeito físico. Ressalta-se que os fenômenos reflexão e espalhamento dependem do tamanho de partículas do filtro inorgânico, entre outros fatores e não do fato de ser composto orgânico ou inorgânico.

Filtros orgânicos

Os filtros orgânicos são formados por moléculas orgânicas capazes de absorver a radiação UV (alta energia) e transformá-la em radiações com energias menores e inofensivas ao ser humano. Estas moléculas são, essencialmente, compostos aromáticos com grupos carboxílicos. No geral, apresentam um grupo doador de elétrons, como uma amina ou um grupo metoxila, na posição orto ou para do anel aromático. Ao absorver a radiação UV, os elétrons situados no orbital π HOMO (orbital molecular preenchido de mais alta energia) são excitados para orbital π^* LUMO (orbital molecular vazio de mais baixa energia) e, ao retornarem para o estado inicial, o excesso de energia é liberado em forma de calor. As transições eletrônicas que estão envolvidas durante a absorção da luz UV ocorrem entre a diferença de energia HOMO – LUMO.

Diversos são os filtros solares orgânicos presentes no mercado. Na Tabela 1 estão apresentados alguns deles com suas propriedades físicas, químicas, características UV e toxicidade¹⁶.

Nas Figuras de 1 a 3 são apresentados três filtros orgânicos juntamente com suas fórmulas estruturais e seus espectros de absorção.

Observando os espectros de absorção obtidos pela solubilização dos filtros em etanol, nota-se uma grande diferença na região de absorção. No caso do ácido p-aminobenzoico (PABA) observa-se o máximo de absorção em 283 nm, sendo que o espectro compreende parte da região UVC e toda a região UVB. Já o seu derivado, OctildimetilPABA, apresenta deslocamento do máximo de absorção para 311 nm e o espectro de absorção compreende apenas a região UVB. No caso do Butil Metoxi-dibenzoil-metano observa-se o máximo de absorção em 358 nm, sendo que o espectro cobre toda a região UVA.

Para entendermos essas diferenças nos máximos de absorção podemos utilizar de maneira simplificada a teoria de orbitais moleculares (TOM)^{17,18}. Na Figura 4a apresenta-se uma ilustração simplificada dos orbitais moleculares do benzeno. Inserindo no anel uma espécie doadora de elétrons, aumenta-se a possibilidade de ressonância e a estabilidade do anel. Sendo mais estável, a energia dos orbitais ligantes diminui e, conseqüentemente, a dos antiligantes aumenta, elevando assim a diferença de energia entre os orbitais HOMO e LUMO, Figura 4b. Por outro lado, a adição de uma espécie receptora de elétrons ao anel aromático diminui a estabilidade do sistema. Desta forma, a energia dos orbitais ligantes aumenta e a dos antiligantes diminui, reduzindo a diferença de energia entre os orbitais HOMO e LUMO¹⁹, Figura 4c.

Considerando o que foi relatado e as estruturas dos filtros, observa-se que na estrutura eletrônica do PABA estão presentes o grupo doador de elétrons NH_2 e o grupo receptor de elétrons COOH e no caso do OctildimetilPABA tem-se o grupo doador de elétrons $(\text{CH}_3)_2\text{N}$ e o grupo receptor de elétrons COOR . Já no Butil Metoxi-

Tabela 1. Características de alguns filtros orgânicos utilizados em protetores solares. Adaptada da ref. 16

Filtro nome INCI	Benzofenona 3	Butil-Metoxi-dibenzoil-metano	Octildimetil PABA	PABA	Gliceril PABA
Filtro nome IUPAC	(2-hidroxi-4-metoxi-fenila) fenil-metanona	4-4-butil-4'-metóxi dibenzoil-metano-ona	p-dimetil-aminobenzoato de 2-etil-hexila	ácido p-aminobenzóico	1-(4-aminobenzato) de 1, 2, 3 propanotriol
Massa Molar / g mol ⁻¹	228	310	277	137	211
Ponto de Fusão / °C	62 - 64	83 ± 2	—	186-189	110 ± 2
Solubilidade: solúvel em	ACETO, AE, AcET, AI	ADIP, MIP	AE, AI, MIP, OM	A, AE, AcEt, AI	G, AE, AI, PPG
Solubilidade: insolúvel em	A, OM	A, G, AE, AI, OM, ADIP	A, G	G, OM, MIP	A, OM
$\lambda_{\text{MÁX}}$ absorção / nm	288 e 325	358	311	283	297
Toxicidade DL ₅₀ (oral)	> 5 g/kg	> 5 g/kg	> 5 g/kg	> 5 g/kg	> 5 g/kg
Regulamentação Brasil	10%	5%	8%	15% expresso como ácido	5%

INCI – “International Nomenclature of the Cosmetic Ingredients”; IUPAC – União Internacional de Química Pura e Aplicada; A – água, AcEt – acetato de etila, ACETO – acetona, ADIP – adipato de isopropila, AE – álcool etílico, AI – álcool isopropílico, G – glicerina, MIP – miristato de isopropila, OM – óleo mineral; DL₅₀ – dose letal oral e Regulamentação Brasil – proporção em massa máxima permitida.

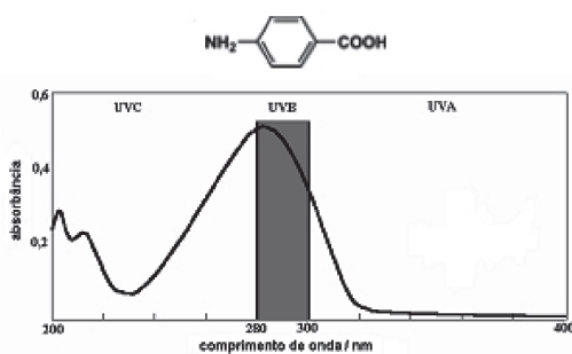


Figura 1. Fórmula estrutural e espectro de absorção do filtro ácido p-aminobenzóico (PABA), 5,09 mg L⁻¹ em etanol. Adaptada da ref. 16

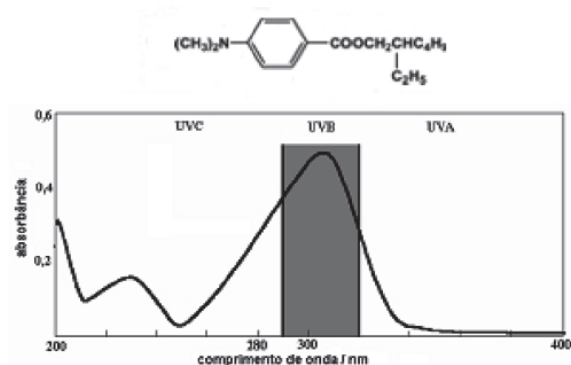


Figura 2. Fórmula estrutural e espectro de absorção do filtro p-Metoxicinamato de 2 etil-hexila (OctildimetilPABA), 5,16 mg L⁻¹ em etanol. Adaptada da ref. 16

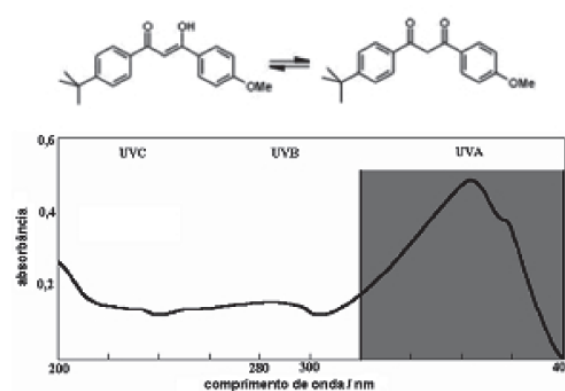


Figura 3. Fórmula estrutural e espectro de absorção do filtro 1-(4-terc-butilfenil)-3-(4-metoxifenil) propano-1,2-diona (Butil Metoxi-dibenzoil-metano), 5,20 mg L⁻¹ em etanol. Adaptada da ref. 16

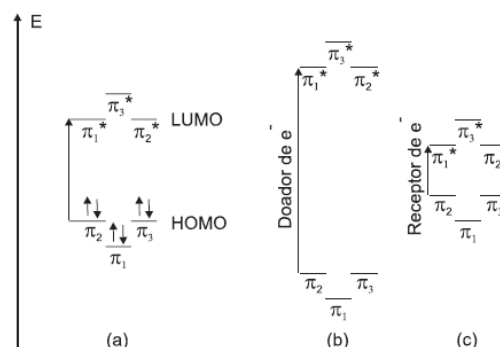


Figura 4. Diagramas de orbitais moleculares: (a) benzene simplificado, (b) e (c) o mesmo com alterações pela adição de grupos doadores ou receptores de elétrons, respectivamente

dibenzoil-metano tem-se apenas a presença do grupo receptor de elétrons $\text{COCH}_2\text{COHAr}$. Comparando o PABA com o OctildimetilPABA, apesar de termos a presença de grupos doadores de elétrons em ambos os casos, o grupo receptor de elétrons do OctildimetilPABA é mais eletronegativo, desestabilizando mais a estrutura do anel e diminuindo, assim, a diferença de energia entre os orbitais HOMO e LUMO. Como o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia, a diminuição na diferença de energia leva a um aumento no comprimento de onda de absorção. Já para o caso do Butil Metoxi-dibenzoil-metano, além de não estar presente nenhum grupo doador de elétrons, o grupo $\text{COCH}_2\text{COHAr}$ é o grupo mais eletronegativo quando comparado com os grupos receptores de elétrons presentes no PABA e no OctildimetilPABA. Assim, o Butil Metoxi-dibenzoil-metano apresenta a menor diferença de energia entre os orbitais HOMO e LUMO e, como consequência, sua banda de absorção é a que ocorre em maiores comprimentos de onda, região UVA.

Como os filtros solares absorvem apenas parte da região do ultravioleta (UVA ou UVB), para se ter uma proteção completa deve-se fazer uma combinação entre estes filtros. Por outro lado, a combinação de diferentes tipos de filtros pode causar alto grau de irritabilidade quando aplicada à pele.

Especulação não comprovada, publicada em revista popular (Saúde é Vital, 2005, março, 43), discute o possível comportamento de alguns filtros solares orgânicos como hormônio sexual feminino. Essa hipótese partiu de um trabalho desenvolvido na Faculdade de Farmácia da Universidade de São Paulo, que tabulou os resultados de vários testes realizados em institutos de pesquisa no Japão, Estados Unidos e Suíça. A partir destes dados, é informado que os filtros orgânicos podem penetrar na pele, entrar na circulação sanguínea e difundir-se pelo corpo. Uma vez dentro do organismo agem como hormônio sexual feminino. Nas usuárias, este falso hormônio pode alterar o ciclo menstrual e causar males, como endometriose e crescimento anormal da parede uterina. Já nos homens pode causar uma diminuição na quantidade de espermatozoides e atrofia dos testículos. Em ambos os casos, não se descarta a hipótese de câncer. Nessa mesma reportagem um outro químico, da Associação Brasileira de Cosmetologia, diz não concordar com essa hipótese uma vez que resultados de experiências realizadas por todo o mundo apontam que os filtros orgânicos não oferecem perigo à saúde. Vale ressaltar que a reportagem não é publicação científica e não cita nenhuma referência científica sobre as afirmações que levaram a essas conclusões, portanto, trata-se apenas de especulações. Em trabalho recente, Janjua e colaboradores²⁰ estudaram, a partir de experiências *in vivo*, a permeação dos filtros orgânicos 3-(4-metilbenzilideno), benzofenona 3 e octilmetoxicinamato na pele e seus efeitos nos níveis dos hormônios reprodutivos em seres humanos. Neste trabalho, concluiu-se que há uma penetração substancial destes filtros para o interior do nosso organismo. Após aplicação destes filtros, os mesmos foram detectados tanto na urina quanto no sangue dos voluntários. Porém, nenhuma alteração nos níveis do hormônio sexual feminino foi observada²⁰ dentro do tempo fixado para controle.

Uma nova tecnologia promete ser solução para contornar o problema da penetração dos filtros orgânicos para o interior do organismo: a utilização de esferas de silicone contendo os filtros solares. As estruturas de silicone devem dificultar a penetração das moléculas de filtros solares na pele.

Filtros inorgânicos

Os filtros solares inorgânicos são representados por dois óxidos, ZnO e TiO_2 . Estes filtros solares representam a forma mais

segura e eficaz para proteger a pele¹⁴, pois apresentam baixo potencial de irritação, sendo inclusive, os filtros solares recomendados no preparo de fotoprotetores para uso infantil e pessoas com peles sensíveis.

Óxido de zinco e dióxido de titânio são materiais semicondutores. Os mecanismos de absorção e de desativação envolvem transições entre bandas de valência e de condução do sólido.

Nos filtros inorgânicos, os processos de proteção envolvidos são diferentes daqueles das moléculas orgânicas. Vale ressaltar que os filtros inorgânicos são constituídos de partículas, de preferência com tamanhos da ordem da radiação que se quer espalhar. Por tratar-se de partículas, os filtros inorgânicos com tamanhos adequados de partículas além de absorção, apresentam espalhamento da luz UV.

Os óxidos usados como filtros solares quando incorporados às formulações ficam suspensos, sendo o tamanho das partículas do óxido de suma importância não apenas na eficácia do protetor solar como também na aparência cosmética do produto²¹. Um ponto negativo na utilização deste tipo de filtro solar é a tendência em deixar uma película branca sobre a pele, que pode ser esteticamente desagradável.

Uma inovação recente na tecnologia de filtros inorgânicos criou versões micro-particuladas destes óxidos. As partículas são reduzidas, durante o processo de obtenção, a dimensões tais que não absorvam nem espalhem radiação visível, mas absorvam e espalhem a radiação UV¹⁴. Essas versões microparticuladas, também chamadas pigmentos microfinos, representam um grande avanço, pois não deixam película perceptível sobre a pele. Nestas versões o tamanho de partículas está na faixa de 70 a 200 nm.

O espalhamento máximo da luz ocorre na presença de partículas com diâmetro aproximadamente igual ao comprimento de onda (λ) da luz incidente. Para não ocorrer a formação da película branca sobre a pele, o tamanho de partículas não pode ser da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da faixa da radiação visível, assim as partículas devem ser menores que 400 nm.

Um dos tipos de espalhamento que pode ocorrer é o Rayleigh. A relação entre este espalhamento, tamanho de partícula e comprimento de onda da luz incidente é expressa como na Equação 1

$$I_R = \frac{16\pi^4 R^6}{r^2 \lambda^4} \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \quad (1)$$

onde I_R = intensidade do espalhamento; R = raio da partícula; λ = comprimento de onda da luz incidente; r = distância entre amostra e detector; n_1 = índice de refração da partícula e n_2 = índice de refração do meio.

Desta forma, a intensidade do espalhamento depende do comprimento de onda e é proporcional ao raio da partícula.

Podem ocorrer algumas interações não muito favoráveis associadas ao uso dos filtros solares inorgânicos. Os pigmentos microfinos precisam estar adequadamente dispersos no veículo, normalmente uma emulsão, para que se tenha eficácia. A má dispersão irá reduzir o desempenho do produto. Pigmentos microfinos também precisam ser mantidos em suspensão, de modo que não ocorra aglomeração das partículas, pois o desempenho final do produto diminuirá²² se, com o passar do tempo ocorrer coalescência e formação de agregados maiores. Outro ponto importantíssimo que deve ser considerado na utilização de micro partículas diz respeito ao pH. Caso o pH da emulsão utilizada como veículo se iguale ao pH do ponto isoelétrico (PI), pH no qual a superfície do sólido passa a ter carga zero, as micro partículas irão coalescer²². O PI de um pigmento microfino varia, dependendo do tratamento dado à sua superfície.

Vários são os métodos de obtenção de óxidos com controle de tamanho de partículas. O ZnO, por ex., pode ser obtido pelos métodos Pechini²³, sol gel²⁴, precipitação homogênea²⁵ entre outros, com características peculiares dependentes do método e das condições envolvidas nas etapas de cada um deles.

FORMULAÇÕES DE PROTETORES SOLARES

Para disponibilizar um filtro solar ao consumidor é necessário que o mesmo esteja incorporado a um veículo. A esta associação filtro solar/veículo denomina-se protetor solar ou fotoprotetor. Algumas características são exigidas para que os protetores solares sejam comercializados. Além de química, fotoquímica e termicamente inertes os protetores devem apresentar características como ser atóxico; não ser sensibilizante, irritante ou mutagênico; não ser volátil; possuir características solúveis apropriadas; não ser absorvido pela pele; não alterar sua cor; não manchar a pele e vestimentas; ser incolor; ser compatível com a formulação e material de acondicionamento e, ser estável no produto final.

Para preparar um protetor solar é necessária a presença de dois componentes básicos: os ingredientes ativos (filtros orgânicos e/ou inorgânicos) e os veículos. Diversos são os veículos possíveis a serem utilizados no preparo de protetores solares, envolvendo desde simples soluções até estruturas mais complexas como emulsões. Os principais veículos empregados em preparações fotoprotetoras podem ser:

Loções hidro-alcoólicas

Compostas principalmente de água e álcool, são fáceis de espalhar na pele e evaporam rapidamente. Seu emprego tem sido questionado em razão dos baixos níveis de proteção obtidos. Além disso, o efeito deletério do álcool etílico sobre a pele tem sido questionado.

Crems e loções emulsionadas

As emulsões constituem de longe o melhor veículo para os filtros solares²⁶. Sendo constituídas de componentes tanto apolares (lipossolúveis) quanto polares (hidrossolúveis), podem carregar em sua estrutura tanto filtros hidrossolúveis quanto lipossolúveis, fato bastante saudável do ponto de vista da proteção. Tais sistemas podem ser O/A (óleo em água) ou A/O (água em óleo), características que também podem conduzir a preparações mais ou menos protetoras. As emulsões A/O são as mais adequadas para a proteção da pele, porém apresentam elevado caráter graxo ou gorduroso, com conseqüente desconforto para o usuário. Em razão ao exposto, as emulsões O/A constituem os sistemas mais empregados e garantem adequada proteção com um sensorial mais confortável ao usuário.

Géis

São os veículos obtidos através de um espessante hidrofílico. Independentemente da origem do espessante, sejam eles naturais (gomas, alginatos) ou sintéticos (polímeros e copolímeros de acrilamida), os géis resultantes geralmente não oferecem os mesmos níveis de proteção que as emulsões. Além disso, para manter a transparência característica deste grupo de preparações existe a necessidade dos filtros solares serem hidrossolúveis. Como somente se conseguem altos níveis de proteção através da mistura de filtros e sendo estes, em sua grande maioria, lipossolúveis, a obtenção de géis transparentes é uma tarefa técnica extremamente delicada e pode envolver a inclusão de solventes nem sempre desejados, como é o caso do álcool etílico. Na preparação de géis fotoprotetores também se deve evitar a presença de filtros inorgânicos. Mesmo

sendo microparticulado, os filtros inorgânicos oferecem ao gel, na melhor das hipóteses, aspecto opaco e, na maioria das vezes, resultam em aglomerados visíveis aos olhos do consumidor. O problema destas preparações não se resume apenas ao aspecto estético, mas, fundamentalmente, aos baixos níveis de proteção oferecidos. A presença de aglomerados no protetor levará à formação de uma película não homogênea em toda a extensão da pele, fato este que comprometerá sensivelmente o nível da proteção.

FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR

A eficácia de um protetor solar é medida em função de seu fator de proteção solar (FPS), o qual indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de eritema, pode ser aumentado com o uso do protetor²⁷. Considerando, por ex., as mesmas localizações geográficas, estação do ano, condições climáticas e período do dia, uma pessoa de pele clara que pode ficar 20 min exposta ao sol sem protetor solar, poderá ficar 300 min exposta ao sol com um protetor de FPS = 15, pois $20 \times 15 = 300$. Quanto maior o FPS maior será a proteção, ou seja, maior será o tempo que a pele ficará protegida frente à radiação UVB. Ressalta-se que o FPS é definido em função da radiação UVB causadora de eritemas.

O valor do FPS é calculado através da Equação 2

$$FPS = \frac{DME(\text{pele com proteção})}{DME(\text{pele sem proteção})} \quad (2)$$

onde DME = dose mínima eritematosa, ou seja, dose mínima necessária para ocorrer o eritema²⁷.

Para a medida do FPS deve ser dada atenção especial à necessidade da aplicação correta do produto sobre a pele. Segundo Diffey²⁸, o padrão quantitativo de protetor solar por unidade de pele necessária para medir o FPS em humanos é 2 mg/cm^2 . Assim, a cada aplicação deverá ser usada a quantidade de 30 a 40 g do produto por um indivíduo adulto, de tamanho e peso normais. Estudos mostraram também que se aplicam normalmente dois terços do protetor com filtro inorgânico quando comparado aos protetores com filtros orgânicos, devido ao fato de os protetores solares à base de filtros inorgânicos serem mais difíceis de espalhar na pele¹⁵. Considerações deste tipo, reforçadas por alguns estudos realizados com o consumidor, indicam que o FPS obtido sem seguir o procedimento quantitativo citado acima resulta em valores que podem chegar a um terço do valor proposto²⁹.

A determinação do FPS de um protetor solar é feita com testes *in vivo*. Alguns testes *in vitro* já foram propostos para auxiliar na determinação do FPS. Mansur e colaboradores²⁷ correlacionaram a determinação do FPS em seres vivos e por espectrofotometria. Para obter os dados por espectrofotometria, os protetores solares foram dissolvidos em álcool na concentração de $0,2 \mu\text{L/mL}$, e os espectros de absorção medidos. Para a obtenção do FPS foi utilizada a Equação 3

$$FPS \text{ espectrofotométrico} = FC \cdot \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot Abs(\lambda) \quad (3)$$

onde FC = fator de correção (=10) determinado de acordo com dois protetores solares de FPS conhecidos, de tal forma que um creme contendo 8% de homossalato desse 4 de FPS; $EE(\lambda)$ = efeito eritemogênico da radiação de comprimento de onda λ ; $I(\lambda)$ = intensidade do sol no comprimento de onda λ e $Abs(\lambda)$ = absorvância da solução no comprimento de onda λ .

Os resultados *in vivo* e *in vitro* (espectrofotometria) apresentaram boa correlação para os protetores com filtros orgânicos. Se-

gundo os autores²⁷, não há maneira mais precisa de se avaliar um protetor solar que testes em voluntários humanos, sob luz natural do sol. Porém, o método *in vitro* por espectrofotometria tem grande aplicação na previsão do FPS antes de se realizarem testes em seres humanos, reduzindo assim os riscos de queimaduras nos voluntários submetidos aos testes *in vivo*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Química tem um papel fundamental na formulação de protetores solares. O grau de proteção atingido pelos protetores pode estar diretamente associado ao maior conhecimento das estruturas com capacidade de absorver e/ou dispersar a radiação solar e de como essas estruturas se comportam frente a um determinado veículo, ou seja, suas interações e modificações espectrais. As mesmas concentrações de filtro solar incorporadas a diferentes tipos de veículos oferecerão diferentes FPS. O conhecimento das estruturas e das possíveis interações com os diferentes veículos ou matérias-primas propostas para estes veículos são de fundamental importância para o sucesso dos resultados. Porém, pouco se discute e pouco se propaga sobre a necessidade da aplicação correta do produto sobre a pele, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo.

Conforme exposto, pode-se concluir que a indústria de protetores solares requer grande interdisciplinaridade. O caminho percorrido desde a elaboração do protetor até a sua aprovação para ser lançado no mercado requer o trabalho de especialistas de diferentes áreas. Químicos, físicos, biólogos, farmacêuticos, e, no extremo do processo, médicos, todos em conjunto, em um trabalho minucioso de entendimento, elaboração e orientação, poderão garantir a adequada proteção da pele frente aos indesejáveis efeitos da radiação ultravioleta.

AGRADECIMENTOS

À FUNDUNESP e ao CNPq pelo apoio financeiro. J. Flor agradece à CAPES pela bolsa concedida. Os autores também agradecem à assessoria desta publicação pelas valiosas sugestões.

REFERÊNCIAS

- Dossiê especial sobre o sol; *Cosméticos e Perfumes* 2003, 27, 29.
- De Paola, M. V. R. V.; Ribeiro, M. E.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 1998, 10, 41.
- Osterwalder, U.; Luther, H.; Herzog, B.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 2000, 12, 52.
- Thomas, M.; *Ultraviolet and Visible Spectroscopy*, 2nd ed., Wiley: New York, 2000.
- Ruvolo Júnior, E. C.; *Cosméticos On Line* 1997, 19, 37.
- Steiner, D.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 1995, 10, 29.
- Streilein, J. W.; Taylor, J. R.; Vincek, V.; Kurimoto, I.; Shimizu, T.; Tié, C.; Coulomb, C.; *Immunol. Today* 1994, 15, 174.
- Roy, C. R.; Gies, H. P.; Toomey, S.; *J. Photochem. Photobiol.* 1995, 31, 21.
- Giles, G.; *Report of the National health and medical research council, Australian Government Printing Service*, Canberra, 1989, p. 82-95, apud Roy, C. R.; Gies, H. P.; Toomey, S.; *J. Photochem. Photobiol.* 1995, 31, 21.
- Marks, R. *Report of the National health and medical research council, Australian Government Printing Service*, Canberra, 1989, p. 70-81, apud Roy, C. R.; Gies, H. P.; Toomey, S.; *J. Photochem. Photobiol.* 1995, 31, 21.
- Taylor, C. R.; Stern, S.; Leyden, J. J.; Gilchrist, B. A.; *J. Am. Acad. Dermatol.* 1990, 22, 1.
- Ziegler, A.; Jonason, A. S.; Leffeti, D. J.; Simon, J. A.; Sharma, H. W.; Kimmelman, J.; Remington, L.; Jacks, T.; Brash, D. A.; *Nature* 1994, 372, 773.
- Ananthaswamy, H. N.; Loughlin, S. M.; Cox, P.; Evans, R. L.; Ullrich, S. E.; Kripke, M. L.; *Nat. Med.* 1997, 3, 510.
- Schuller, R.; Romanowski, P.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 2000, 12, 60.
- Diffey, B. L.; Grice, J.; *Br. J. Dermatol.* 1997, 137, 103.
- Enciclopédia de Absorvedores de UV para Produtos com Filtro Solar; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 1995, 7, 47.
- Huheey, J. E.; Keiter, E. A.; Keiter, R. L.; *Inorganic Chemistry: principles of structure and reactivity*, 5th ed., Harper Collins College: New York, 1993.
- Santos Filho, P. F.; *Estrutura Atômica & Ligação Química*, 1^a ed., Ed. da UNICAMP: Campinas, 1999.
- Gillam, A. E.; Stern, E. S.; *An Introduction to Electronic Absorption Spectroscopy*, 2nd ed., Edward Arnold: London, 1957.
- Janjua, N. R.; Mogensen, B.; Anderson, A. M.; Petersen, J. H.; Henriksen, M.; Skakkebaek, N. E.; Wulf, H. C.; *The Journal of Investigative Dermatology* 2004, 123, 57.
- De Paola, M. V. R. V.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 2001, 13, 74.
- Johncock, W.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* 2000, 12, 40.
- Lima, S. A. M.; Sigoli, F. A.; Davolos, M. R.; *J. Alloys Compd.* 2002, 344, 280.
- Flor, J.; Lima, S. A. M.; Davolos, M. R.; *Progr. Colloid Polym. Sci.* 2004, 128, 239.
- Sigoli, F. A.; Pires, A. M.; Stucchi, E. B.; Jafelicci Jr., M.; Davolos, M. R.; *Quim. Nova* 2000, 23, 627.
- Lowe, N. J.; Shaath, N.; *SUNSCREENS Development, Evaluation and Regulatory Aspects*, 1st ed., Marcel Dekker: New York, 1990.
- Mansur, J. S.; Breder, M. N. R.; Mansur, M. C. A.; Azulay, R. D.; *An. Bras. Dermatol.* 1986, 61, 167.
- Diffey, B. L.; *Sunscreens, suntans and skin cancer* 1996, 313, 942.
- Autier, P.; Boniol, M.; Severi, G.; *Br. J. Dermatol.* 2001, 144, 288.

ANEXO 7

Jovem de 17 anos cria nanopartícula que ajuda no tratamento contra o câncer

Angela Zhang trabalhou dois anos para chegar ao resultado final. Pela invenção, adolescente foi premiada com US\$ 100 mil

09 de Dezembro de 2011 | 17:22h



O que você faria para mudar o mundo? Que invenção, seja ela na ciência, matemática, jornalismo, arquitetura ou em qualquer outra área profissional você faria para deixar sua marca e imagem para o resto das pessoas?

Uma adolescente de 17 anos parece ter respondido a essas questões para si mesma. Angela Zhang é a nova ganhadora na categoria individual do [Siemens Competition Math, Science & Technology](#), um concurso promovido pela Siemens que tem o objetivo de revelar os novos talentos da ciência em todo o planeta.



Divulgação

Zhang levou um prêmio de US\$ 100 mil dólares (cerca de R\$ 180 mil reais) por sua criação. Ela desenvolveu uma nanopartícula que poderá ajudar no tratamento de diversos tipos de câncer.

Reprodução

Zheng conseguiu desenvolver uma nanopartícula que pode ser enviada ao centro do tumor através de uma droga à base de salinomicina, também usada para combater o câncer. A substância "procura" pelos tumores e, por esta razão, é um ótimo meio para transportar a nanopartícula. Uma vez que atinge seu alvo, ela mata as células-tronco do câncer de fora para dentro.

Além disso, a jovem-prodígio ainda incluiu ouro e óxido de ferro à sua nanopartícula, que permitem a monitoração do tratamento por exames de imagem, como ressonância magnética e varredura foto-acústica - uma espécie de ultrassonografia.

Zhang passou mais de mil horas nos dois últimos anos - ou seja, desde que tinha 15 anos - na pesquisa para seu projeto, em um programa de desenvolvimento de estudantes do ensino médio da Universidade de Stanford (Estados Unidos), e já tem planos para o futuro: deseja ser pesquisadora, mas ainda não definiu ao certo qual carreira irá seguir. Contudo, engenharia química, engenharia biomédica ou física estão na lista das opções de Angela. A adolescente de 17 anos, que é uma estudante

secundarista, afirma que ficou surpresa com a taxa de sobrevivência de pacientes submetidos ao tratamento contra o câncer atual. Por isso, decidiu pesquisar e criar um tratamento mais eficaz e menos categórico da doença.

Vale lembrar que esse não é o primeiro prêmio da adolescente. Anteriormente, a jovem já havia faturado o primeiro prêmio da Intel International Science & Engineering Fair (ISEF), em 2010 e 2011, ambos na área de medicina e tecnologia da saúde.

ANEXO 8

Quim. Nova, Vol. 27, No. 6, 1028-1029, 2004

NANOTECNOLOGIA E O MEIO AMBIENTE: PERSPECTIVAS E RISCOS

A editoria de Química Nova recebeu esta carta do Prof. Frank Quina, um dos diretores do CEPEMA (USP), onde é exposta uma reflexão sobre o desenvolvimento da nanotecnologia e seu impacto sobre o meio ambiente. A matéria é considerada de alta prioridade científica e merece a análise e reflexão de toda a comunidade Química.

A nanotecnologia estende a ciência de materiais para o domínio de partículas e interfaces com dimensões extremamente pequenas, da ordem de um a cem nanômetros. Partículas deste tamanho, ou “nanopartículas”, apresentam uma grande área superficial e, freqüentemente, exibem propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de partículas e superfícies macroscópicas. O aproveitamento dessas propriedades em aplicações tecnológicas forma a base da nanotecnologia de materiais. Há, também, uma área ainda incipiente da nanotecnologia, denominada nanotecnologia molecular ou nano-fabricação (“nanomanufacturing”), que almeja o desenvolvimento de sistemas nanométricos auto-replicantes (nano-robôs ou “nano-bots”) capazes de fabricar, sob medida, materiais ou objetos através da manipulação da matéria a nível molecular.

Não há dúvida de que a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Nos próximos parágrafos, analisaremos resumidamente os possíveis benefícios e perigos da nanotecnologia.

As três principais áreas nas quais podemos esperar grandes benefícios provenientes da nanotecnologia são¹⁻³:

- (a) *na prevenção de poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente.* Por exemplo, o uso de nanomateriais catalíticos que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais resultaria num aproveitamento mais eficiente de matérias primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis. A nanotecnologia vem contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético. Na área da informática, o uso de nanoestruturas de origem biológica pode oferecer uma estratégia alternativa para a fabricação de dispositivos microeletrônicos. A nanotecnologia também vem aprimorando o desenvolvimento de displays (como, por exemplo, monitores de computador ou displays dobráveis de plástico que podem ser lidos como uma folha de papel) que, além de serem mais leves e possuírem melhor definição, apresentam as vantagens da ausência de metais tóxicos na sua fabricação e de terem um consumo menor de energia.
- (b) *no tratamento ou remediação de poluição.* A grande área superficial das nanopartículas lhes confere, em muitos casos, excelentes propriedades de adsorção de metais e substâncias orgânicas. A etapa subsequente de coleta das partículas e remoção de poluentes pode ser facilitada pelo uso, por exemplo, de nanopartículas magnéticas. As propriedades redox e/ou de semicondutor de nanopartículas podem ser aproveitadas em processos de tratamento de efluentes industriais e de águas e solos contaminados baseados na degradação química ou fotoquímica de poluentes orgânicos. Num cenário futurístico, um exército de nano-bots poderia ser utilizado para descontaminar microscopicamente sítios de derrame de produtos químicos.
- (c) *na detecção e monitoramento de poluição.* A nanotecnologia vem permitindo a fabricação de sensores cada vez menores, mais seletivos

e mais sensíveis para a detecção e monitoramento de poluentes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente. Avanços em sensores para a detecção de poluentes implicam diretamente num melhor controle de processos industriais; na detecção mais precoce e precisa da existência de problemas de contaminação; no acompanhamento, em tempo real, do progresso dos procedimentos de tratamento e remediação de poluentes; num monitoramento mais efetivo dos níveis de poluentes em alimentos e outros produtos de consumo humano; na capacidade técnica de implementar normas ambientais mais rígidas, etc.

Não obstante estas perspectivas animadoras dos benefícios da nanotecnologia para a melhoria do meio ambiente, não se deve subestimar o potencial para danos ao meio ambiente²⁻¹⁰. As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com conseqüente interferência em processos biológicos *in vivo*; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catalise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente.

Apesar da crescente preocupação em relação às potencialidades negativas da nanotecnologia para o meio ambiente e/ou para a saúde humana, ela ainda não enfrenta nenhuma oposição tecnofóbica sistemática (algumas exceções isoladas incluem um pedido de moratória na pesquisa em nanotecnologia molecular, feito pelo ETC Group¹² do Canadá, e uma obra de ficção sobre as conseqüências de liberação de nano-bots auto-replicantes ao meio ambiente¹³). Aliás, quase todos os simpósios e estudos recentes^{2,4-11} que avaliaram os riscos da nanotecnologia para o meio ambiente tratam a questão com equilíbrio e em termos predominantemente científicos. Três desses estudos, todos disponíveis pela Internet, merecem destaque:

- (1) A. H. Arnall, “Future Technologies, Today’s Choices: Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics: A technical, political and institutional map of emerging technologies”⁸, de 2003, da conhecida organização ecológica Greenpeace Environmental Trust, que trata de forma bastante equilibrada a questão;
- (2) “Nanotechnology: small matter, many unknowns”⁹, de 2004, da resseguradora internacional Swiss Re, que alerta para o estado de desconhecimento dos riscos associados à nanotecnologia e enfatiza a necessidade de normas e pesquisa que delineiem e minimizem esses riscos para as companhias de seguros;
- (3) “Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties”¹⁰, da Academia Real de Engenharia e da Sociedade Real do UK, de julho de 2004, que recomenda, entre outras coisas, cuidado na manipulação ou aplicação de nanopartículas artificiais em forma livre (e.g., em processos voltados para a remediação do meio ambiente) e o tratamento de nanopartículas e nanotubos como substâncias químicas novas para fins regulatórios. Aponta ainda

necessidade de pesquisa interdisciplinar voltada para as questões de toxicidade, epidemiologia, persistência e bioacumulação de nanopartículas.

Evidentemente, cabe à nossa comunidade avaliar continuamente as tecnologias em desenvolvimento nos laboratórios do ponto de vista do seu potencial de risco, buscando conscientemente soluções e alternativas que eliminem ou minimizem os possíveis danos ao meio ambiente ou à saúde, principalmente daqueles que manipulam nanopartículas em nossos laboratórios. Neste contexto, são de mais alta relevância iniciativas como o Edital MCT/CNPq 13/2004, vinculado ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, que contemplou “apoio a atividades de pesquisa voltadas para o estudo de aspectos éticos ou impactos ambientais da nanotecnologia e nanobiotecnologia”.

Frank H. Quina

*Instituto de Química, Universidade de São Paulo,
CP 26077, 05513-970 São Paulo - SP e*

*Centro de Capacitação e Pesquisa em Meio Ambiente
(CEPEMA-USP), Depto. de Engenharia Química,*

*Escola Politécnica, USP, Cubatão - SP (em fase de implantação)
e-mail: quina@usp.br*

REFERÊNCIAS

1. U. S. Environmental Protection Agency (EPA), STAR Progress Review Workshop, “Nanotechnology and the Environment: Applications and Implications”, 2002: http://es.epa.gov/ncer/publications/workshop/nano_proceed.pdf, acessada em setembro, 2004.
2. Masciangioli, T.; Zhang, W.-T. *Environ. Sci. Technol.* **2003**, *37*, 102A.
3. A. Keiper, *The New Atlantis*, **2003**, No. 2 (Summer), p. 17-34: <http://www.thenewatlantis.com/archive/2/keiperprint.htm>, acessada em setembro, 2004.
4. Potential Risks of Nanotechnologies on the Environment and the Food Chain: www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1007, acessada em setembro, 2004.
5. Oberdörster, E.; *Environ. Health Perspect.* **2004**, *112*, 1058.
6. Feder, T. *Physics Today* **2004**, *57*, 30.
7. Dagani, R. “Nanomaterials: Safe or Unsafe?”, *Chem. Eng. News* **2003**, *81*, 30.
8. <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>, acessada em setembro, 2004.
9. [http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLU/ULUR-5YNGET/\\$FILE/Pub104_Nanotech_en.pdf](http://www.swissre.com/INTERNET/pwsfilpr.nsf/vwFilebyIDKEYLU/ULUR-5YNGET/$FILE/Pub104_Nanotech_en.pdf), acessada em setembro, 2004.
10. <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>, acessada em setembro, 2004. Um estudo semelhante da Academia Nacional de Ciências dos EUA deve ser concluído em 2005. O relatório do UK descarta como improvável uma das nanofobias mais populares, a catástrofe “gray goo”, em que uma gosma cinza formada pela multiplicação desenfreada de nanorobôs auto-replicantes cresce até o ponto de asfixiar a vida do planeta.
11. Mais informação está disponível nos Websites de organizações como: o Center for Responsible Nanotechnology (<http://crnano.org>); o Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) (<http://www.ruf.rice.edu/~cben/>), associado ao Environmental & Energy Systems Institute da Rice University (<http://eesi.rice.edu/nanotech.cfm>), mantido pela Fundação Nacional de Ciência (NSF) dos EUA; e o Foresight Institute (<http://www.foresight.org/>).
12. Action Group on Erosion, Technology and Concentration: <http://www.etcgroup.org/search.asp?theme=11>, acessada em setembro, 2004. Vide também: Águas Turbulentas da Nanotecnologia (“Nano’s Troubled Waters”) http://www.etcgroup.org/documents/GT_TroubledWater_April1.pdf, acessada em setembro, 2004.
13. Crichton, M.; *Prey*, HarperCollins Publishers: New York, 2002; publicado no Brasil com o título *Presa*, Editora Rocco: São Paulo, 2003.

ANEXO 9

CIÊNCIAS DA SAÚDE

Uma pequena grande revolução

Nanoprojéteis que atacam tumores, mas não intoxicam as células sadias. Nanopartículas que atingem um local específico do organismo para administrar com precisão um fármaco. Ficção científica ou realidade?

Depois da agricultura, indústria e microeletrônica, a próxima revolução tecnológica já tem nome: nanotecnologia. Esse novo ramo interdisciplinar do conhecimento humano já é uma realidade palpável e está presente em nosso cotidiano, inclusive em medicamentos e cosméticos.

No entanto, seu emprego para a melhoria da saúde humana ainda é motivo de discussão em vários setores da sociedade.

E você, leitor, está preparado para a nanotecnologia?

Fernanda S. Poletto

*Programa de Pós-graduação em Química,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*

Adriana R. Pohlmann

Departamento de Química Orgânica, UFRGS

Sílvia S. Guterres

Faculdade de Farmácia, UFRGS

Os impactos da nanobiotecnologia na saúde humana

No filme *Querida, encolhi as crianças*, que passou nos cinemas na década de 1990, o cientista Wayne Szalinsky (interpretado pelo ator canadense Rick Moranis) inventa uma máquina que, por acidente, encolhe seus filhos e os do vizinho até o tamanho de insetos. Perdidos no jardim da própria casa, os personagens deparam-se com perigos fantásticos, como tempestades e a ameaça de serem devorados por formigas gigantes e outros 'monstros'.

Um novo mundo? Nem tanto. Em ambas as escalas de tamanho (do metro, no caso das crianças no início do filme, e do centímetro, após sua redução accidental), a força gravitacional e a força de atrito predominam.

E se o equipamento estivesse ajustado para reduzi-los ainda mais? Que tal mil vezes mais que o tamanho de um grão de areia? Esse sim seria um mundo bem diferente daquele que costumeiramente vivenciamos. Nele, o papel da força de gravidade é praticamente inexistente. Trata-se de um mundo dominado pelas forças de van der Waals, responsáveis, por exemplo, pela capacidade de as lagartas e os insetos andarem pelas paredes. Os personagens do filme estariam em movimento aleatório (também conhecido como movimento browniano), ou seja, eles se chocariam uns com os outros e com qualquer coisa ao redor deles ininterruptamente (e não seria por vontade própria!).

© SHERA / SCIENCE PHOTO LIBRARY / ALAMY

CIÊNCIAS DA SAÚDE

A proporção entre a Terra e uma moeda de R\$ 1 é aproximadamente igual à proporção entre uma moeda de R\$ 1 e uma nanopartícula. Isso significa que, se uma moeda fosse colocada no chão e o planeta Terra fosse reduzido até o tamanho da própria moeda, esta última passaria a ter o tamanho de uma nanopartícula.

Mas por que isso poderia ocorrer? Porque os personagens teriam sido reduzidos até a escala do nanômetro. Nela, os materiais têm propriedades únicas.

O prefixo 'nano' deriva da palavra grega 'anão', correspondendo a um termo técnico usado em qualquer unidade de medida (de comprimento, área, massa, volume etc.) para indicar um bilionésimo dessa unidade. Por exemplo, um nanômetro equivale a um bilionésimo de um metro.

A miniaturização de pessoas e coisas, como descrita acima, é pura ficção. Mas os fenômenos apresentados são reais. O estudo das propriedades dos materiais na escala do nanômetro é chamado nanociência. Quando esse conhecimento é empregado para a obtenção e o controle de nanomateriais com objetivos práticos e comerciais, é chamado nanotecnologia.

A lista completa das aplicações potenciais da nanotecnologia é vasta e diversificada. Mas, sem dúvida, um de seus maiores impactos na sociedade ocorrerá na área médica. Quando a nanotecnologia é aplicada às ciências da vida, é conhecida como nanobiotecnologia ou nanomedicina.

Mas como a nanobiotecnologia poderia influenciar na saúde das pessoas? A resposta é o que procuramos apresentar a seguir.

BALA MÁGICA

A maioria dos medicamentos usados nos tratamentos modernos contém moléculas geralmente pequenas (fármacos) que atingem a corrente sanguínea após sua administração, percorrendo todo o organismo. Portanto, os fármacos chegam tanto ao seu alvo quanto a outros lugares do corpo que não têm relação com a doença. Essa última situação leva aos



efeitos indesejados dos medicamentos, chamados efeitos colaterais.

A nanobiotecnologia pode ajudar a contornar esses e outros problemas. A chave é justamente a faixa de tamanho e o tipo de estrutura dos medicamentos nanotecnológicos, que atuariam como minúsculos dispositivos guiados para liberar o fármaco preferencialmente no seu sítio-alvo (local onde o fármaco age, causando um efeito desejado, como o fígado, a pele ou o cérebro). Essa seletividade, em geral, não é possível com medicamentos convencionais. A ideia de obter minúsculos dispositivos guiados foi levantada no início do século passado pelo biólogo alemão Paul Erlich (1854-1915), ganhador do prêmio Nobel de Medicina em 1908. O modelo de Erlich ficou conhecido como 'bala mágica'.

Ao longo do século passado, várias abordagens foram propostas para concretizar o ideal da 'bala mágica'. Entre elas, está a nanotecnologia farmacêutica, que tem se mostrado uma das mais acessíveis economicamente, pela possibilidade de transposição para a escala industrial, bem como por ser efetiva como 'dispositivo guiado'. Nanoestruturas têm sido descritas em estudos científicos desde a década de 1960. As mais estudadas para fins medicinais são: i) os lipossomas; ii) as nanopartículas poliméricas; iii) as nanopartículas metálicas; iv) os dendrímeros; v) as micelas poliméricas. Porém, há também relatos de estudos envolvendo nanotubos de carbono e fulerenos (ver infográfico 'Arsenal de nanoestruturas').



FICÇÃO OU REALIDADE?

Na imaginação dos cientistas, o céu é o limite quando se trata de aplicar a nanotecnologia na área médica. Usando nanoestruturas, idéias ousadas já foram total ou parcialmente concretizadas em laboratório, envolvendo a detecção precoce ou mesmo a cura de doenças – cabe salientar que os estudos descritos abaixo, apesar de animadores, encontram-se em fase de pesquisas pré-clínicas.

É possível encontrar relatos impressionantes do potencial de uso da nanobiotecnologia no tratamento de várias doenças. Um estudo preliminar em ratos demonstrou a possibilidade de obtenção de nanopartículas com a habilidade de transportar e transferir oxigênio para os tecidos. Essas nanopartículas poderiam substituir as células vermelhas em transfusões sanguíneas. Há também estudos, em fase inicial, na área de endocrinologia, nos quais se busca um nanomaterial que libere o hormônio insulina segundo o nível de glicose no sangue.

Doenças ditas da terceira idade também são alvo dos estudos científicos. A osteoartrite é comum após os 65 anos de idade, quando as cartilagens que ligam os ossos entre si são progressivamente deterioradas. O tratamento convencional é uma injeção de glicocorticóide (antiinflamatório) diretamente na articulação. No entanto, esse tratamento não reduz adequadamente a dor decorrente da doença, pois seu efeito é de curta duração. A incorporação de glicocorticóides em nanopartículas tem sido uma estratégia promissora no aumento da duração do efeito do fármaco, pois essas nanopartículas, devido ao seu tamanho, liberam o fármaco na articulação de forma gradativa por dias.

A nanomedicina pode ser útil inclusive no tratamento de doenças neurodegenerativas, como o mal de Alzheimer, a esclerose múltipla e o mal de Parkinson. Nesses quadros, os sintomas podem variar desde a perda de memória e da cognição até distúrbios graves de comportamento. Para combater essas doenças, o fármaco deve atravessar a barreira hematoencefálica, ou seja, passar do sangue ao cérebro. Há estudos relatando que nanomedicamentos podem levar o fármaco ao cérebro, liberando-o de forma

controlada. A consequência é um tratamento mais efetivo e menos agressivo que o convencional. Há evidências de que a nanotecnologia também possa ter bons resultados no tratamento de câncer cerebral e de traumatismos cranianos.

EXEMPLOS DE SUCESSO

Em saúde e higiene pessoal, a transformação de uma idéia em um novo produto tem ocorrido em maior proporção na indústria cosmética. O mercado mundial de cosméticos cresce a uma taxa de 10% ao ano, e as companhias acreditam que a nanotecnologia já é a base de uma nova geração de produtos.

O nanocosmético atua de forma controlada em camadas mais profundas da pele, o que o torna mais efetivo que os produtos convencionais. São exemplos de nanocosméticos já disponíveis no mercado mundial: i) agentes anti-rugas que empregam estruturas nanométricas que carregam pró-retinol A (matéria-prima para fabricação de vitamina A); ii) filtros solares à base de nanopartículas de óxido de zinco ou dióxido de titânio. A empresa francesa L'Oreal foi a pioneira a lançar, ainda em 1995, produtos cosméticos contendo nanoestruturas.

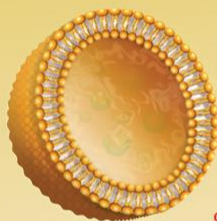
Na área farmacêutica, o nanomedicamento à base de paclitaxel (substância de origem vegetal) vem sendo empregado, com sucesso, no tratamento de câncer de mama há mais de uma década. O medicamento convencional causa efeitos indesejados por conter um produto tóxico, mas necessário para solubilizar o paclitaxel. No nanomedicamento, o paclitaxel fica inserido em nanopartículas de albumina. Esta última é uma proteína presente no organismo, cuja função é transportar moléculas insolúveis no sangue. Dessa forma, o nanomedicamento dispensa o uso do componente tóxico, e doses maiores do fármaco podem ser administradas com segurança.

ADMIRÁVEL MUNDO NOVO

Governos de vários países vêm investindo intensamente em pesquisas em nanotecnologia. Uma lista de 2003 mostra que os Estados Unidos foram os que mais investiram recursos públicos em nanotecnologia (o Brasil ficou na 29ª posição, à frente da Índia e da África do Sul, por exemplo). Só para a área de nanobiotecnologia, cerca de US\$ 89 milhões (cerca de R\$ 180 milhões) foram empregados em pesquisas pelos Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos (NIH) em 2005. Dessa quantia, US\$ 30 milhões foram destinados a um programa do Instituto Nacional do Câncer (NCI).

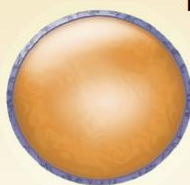
ARSENAL DE NANOESTRUTURAS

A variedade de nanoestruturas para uso potencial na medicina é vasta. Em todas elas, as moléculas de fármaco podem estar adsorvidas (ou seja, fixadas na superfície), dispersas ou dissolvidas. Algumas das principais nanoestruturas empregadas em estudos na área médica são esquematicamente apresentadas neste infográfico.



Lipossomas • São vesículas esféricas compostas por bicamadas (lamelas) de fosfolípidios, que, por sua vez, são moléculas presentes no organismo humano e com afinidade tanto pela água quanto por óleos e gorduras. Os lipossomas foram descobertos no início da década de 1960 e podem ser divididos conforme seu tamanho e número de lamelas.

Polímeros (ou seja, plásticos) com alta afinidade por água podem ser incorporados à sua superfície, para aumentar sua estabilidade e seu tempo de permanência no organismo. Pode-se ainda ligar à sua superfície anticorpos, que atuam como agentes de direcionamento dos lipossomas para sítios específicos do organismo.

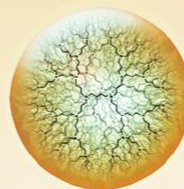
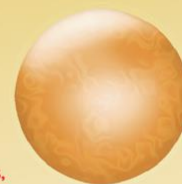


Nanopartículas poliméricas •

Desenvolvidas na década de 1990, podem ser divididas em nanoesferas, compostas por uma rede de polímeros, e nanocápsulas, que são gotículas de óleo envoltas por um filme fino de polímero.

Nanoemulsão •

É o equivalente da nanocápsula sem a parede polimérica ao seu redor. Assim como os lipossomas, podem apresentar moléculas em sua superfície que alteram suas características físico-químicas e biológicas.



Dendrímeros •

Conhecidos como moléculas-cascata, são esferas formadas por um núcleo de polímero com ramificações, como galhos de árvore. O número de ramificações define o tamanho do dendrímero. As moléculas de fármaco geralmente ficam 'presas' nos espaços vazios formados pelas ramificações.

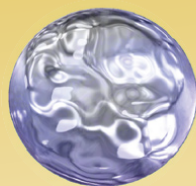
Em 2001, o governo brasileiro apoiou a criação de quatro redes de pesquisa em diferentes áreas da nanotecnologia, sendo uma delas dedicada à nanobiotecnologia. Em 2004, foram instituídas, no Brasil, a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais e a Rede BrasilNano, esta última com 10 redes de pesquisa em nanotecnologia. No ano seguinte, foi lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN) e criado o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia para impulsionar as pesquisas latino-americanas nessa área.

Mas o investimento em nanotecnologia não é apenas governamental. Para a iniciativa privada, a promessa da nanotecnologia é suficientemente real para atrair seu interesse. A NSF (sigla em inglês para Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos) estima que o mercado mundial de produtos nanotecnológicos chegue a US\$ 1 trilhão em 2015, dos quais quase US\$ 200 bilhões referem-se à área farmacêutica. Porém, esse otimismo que cerca a nanotecnologia é temperado por certa cautela.

NÃO ACREDITE EM MODISMOS

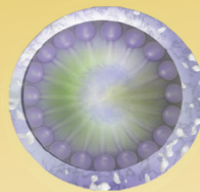
Considerando os cenários descritos acima para o mercado de produtos nanobiotecnológicos nos próximos anos, é importante vislumbrar o grau de aceitação pública da nanotecnologia. Apesar de suas inúmeras vantagens, a discussão sobre os aspectos de segurança, regulação e impacto ambiental da nanotecnologia dá seus passos iniciais nos âmbitos social, empresarial, governamental e acadêmico.

Embora muitas apreensões sejam infundadas (por exemplo, o perigo iminente de nanorrobôs auto-replicantes, os chamados *grey goo*), é verdade que a avaliação toxicológica de muitos nanomateriais ainda está em andamento. Sabe-se, por exemplo, que moléculas isoladas de DNA (material genético) podem ser utilizadas para separar nanotubos de



Nanopartículas metálicas •

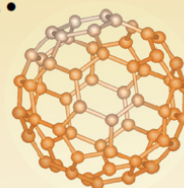
São compostas por metais que têm propriedades diferentes daquelas observadas em nível macroscópico devido ao seu reduzido tamanho. Além de seu uso como carregadores de fármacos, uma importante aplicação de um subgrupo delas, as nanopartículas magnéticas, é a magneto-hipertermia, fenômeno no qual ocorre um aumento da temperatura apenas no local do corpo onde as nanopartículas estejam presentes. Esse aumento de temperatura leva à morte das células e, por isso, essa estratégia é interessante para o tratamento do câncer. As nanopartículas magnéticas podem ser direcionadas a um local específico do corpo por meio de um campo magnético externo.



Micelas poliméricas • De estrutura mais simples, são compostos por uma região interna com baixa afinidade pela água (hidrofóbica) e por cadeias externas de polímero com alta afinidade pela água (hidrofílicas).

Nanotubos de carbono e fulerenos •

Estruturas de diâmetro muito menor, são compostos por unidades de carbono, assim como a grafita, o carvão e o diamante, porém com arquitetura que lhes confere propriedades especiais, como maior resistência mecânica e alta capacidade de transportar calor e eletricidade.



carbono de uma amostra sintética. O DNA interage apenas com os nanotubos de carbono de certo tamanho. Embora seja uma ótima estratégia para fins de separação, essa interação entre o material genético e nanotubos de carbono levanta questões sobre as consequências da absorção desse tipo de nanoestrutura pelos organismos vivos.

Em 19 de junho de 2007, a Comissão Europeia publicou um relatório denominado 'Opinião preliminar sobre a segurança de nanomateriais em produtos cosméticos'. Nele, é feita uma proposta de classificação das nanopartículas em dois grandes grupos: i) nanopartículas lábeis (frágeis), que se desintegram totalmente após contato com a pele (por exemplo, lipossomas, nanoemulsões e nanopartículas poliméricas); ii) nanopartículas insolúveis, que não se desintegram (fulerenos, nanopartículas de óxidos metálicos, nanotubos de carbono etc.). Para o primeiro grupo, propõe-se que as medidas de segurança se restrinjam à avaliação da toxicidade do material usado para sua preparação, enquanto uma descrição detalhada de todo o 'ciclo de vida' das nanopartículas no ambiente seria requerida para o segundo grupo, em adição ao estudo de suas toxicidades.

Paralelamente, foi publicado no Brasil o livro *Nanocosméticos: em direção ao estabelecimento de marcos regulatórios*, que traz uma proposta de classificação de nanocosméticos, usando as mesmas bases empregadas para nanopartículas: lábeis ou insolúveis. Segundo os autores, os produtos nanocosméticos deveriam ser classificados com grau de risco II, ou seja, aqueles que têm indicações específicas e que exigem comprovação de segurança e/ou eficácia. Os autores apontam que o tamanho e a distribuição de tamanho das nanoestruturas são elementos-chave para o estabelecimento do grau de risco de nanocosméticos. Dessa forma, foi proposta

a classificação das nanoestruturas em lábeis ou insolúveis, bem como maiores ou menores que 100 nm (100 nanômetros). No caso de nanopartículas insolúveis, é preciso fazer análises caso a caso.

REALIDADE PALPÁVEL

Nanorrobôs com capacidade de realizar cirurgias sem deixar cicatrizes ainda estão longe de sair dos livros e filmes de ficção científica. Em compensação, a nanobiotecnologia é uma realidade palpável. Estudos vêm sendo descritos na literatura científica sobre o emprego de nanopartículas como agentes de tratamento de câncer, osteoartrite, distúrbios neurodegenerativos, entre outros.

O tamanho reduzido dos nanomedicamentos traz vantagens em comparação com os produtos convencionais, como seu direcionamento a alvos específicos, sua liberação progressiva do fármaco e a diminuição de efeitos indesejados causados pelo fármaco. Alguns desses avanços já estão disponíveis no mercado, mas boa parte ainda está em fase de estudo. Prevê-se um crescimento animador do mercado nanobiotecnológico nos próximos anos, e o Brasil pode ocupar um lugar de destaque nesse campo.

A liberação controlada de fármacos no organismo por meio da nanobiotecnologia pode contribuir muito para a melhoria da saúde humana. No entanto, o estudo do efeito de longo prazo desses nanomedicamentos no organismo e no meio ambiente dá seus primeiros passos. Nesse sentido, é fundamental o estabelecimento de marcos regulatórios para que sua produção, comercialização e seu descarte sejam feitos de forma segura.

A história da nanotecnologia a serviço da saúde só está começando. ■

Sugestões para leitura

- DURÁN, N.; MATTOSO, L. H.; DE MORAIS, P. C. (eds.) *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação* (São Paulo: Artiber Editora, 2006).
- FRONZA, T.; GUTERRES, S. S.; POHLMANN, A. R.; TEIXEIRA, H. *Nanocosméticos: em direção ao estabelecimento de marcos regulatórios* (Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007).
- MORALES, M. (ed.). *Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde* (Rio de Janeiro: Atheneu, 2007).

ANEXO L



Metodologia de ensino de Física

Energia, sua produção e distribuição

Rafael

João

2011/2

Referencial teórico:

Objetivos gerais:

Desenvolver no aluno o conhecimento das diferentes formas de energia, usadas na geração de energia elétrica, desenvolvendo uma visão social quanto a distribuição e uso da energia elétrica. Proporcionar também a percepção das conseqüências sócio-ambientais da geração de energia nas formas adotadas na matriz energética do país.

Perspectiva adotada:

Vygotsky

As relações entre o desenvolvimento e aprendizagem são aspectos importantes da teoria do Vygotsky, porque ele trabalha muito nesta área da Psicologia ligada à educação. E por um postulado básico de sua teoria, que é o fato de que o desenvolvimento se dá de fora para dentro, o desenvolvimento humano. Para Vygotsky, a aprendizagem é que promove o desenvolvimento. É por que o sujeito aprende, porque ele faz coisas no mundo que fazem com que ele aprenda é que ele se desenvolve. É como a aprendizagem puxasse o desenvolvimento do sujeito e isto também está atrelado à idéia de que o caminho de desenvolvimento está em aberto. O fato de aprender é que vai definir por onde o desenvolvimento vai se dar.

Um aspecto muito peculiar da teoria do Vygotsky, muito central nas concepções dele sobre o desenvolvimento, aprendizagem, é a importância da intervenção das outras pessoas no desenvolvimento de cada sujeito. Essas intervenções em nossa unidade didática se darão por tomadas de decisões, decisões que não podem ser tomadas sozinhas.

Vygotsky privilegia uma metodologia que encare o ser humano como participante ativo e vigoroso. No plano de aula que segue o aluno sempre terá um papel ativo na aprendizagem, uma vez que para debater, preparar relatório, o aluno terá que ser confrontado com várias idéias de geração de energia, pesquisando ela verá que as opiniões e os argumentos são divergentes. Chegará um momento que ele vai reunir todos esses elementos e terá que tomar uma posição. Será apresentado ao aluno conceitos a luz da física como energia, eletromagnetismo, formas de produção de energia. Num primeiro momento, haverá a construção desses conceitos de uma maneira bem superficial, que a medida que for confrontado, apenas esses argumentos iniciais não serão suficientes. O aluno então terá que tomar conhecimentos não só dos aspectos técnicos da geração de energia, mas várias decisões sociais que estão implícitas. Acredita-se que todos esses estímulos ajudarão o aluno a chegar até ele pensar por conceitos. Acreditamos que esse conjunto de aula dê ao estudante os subsídios para que o estudante forme o conceito de energia, sua produção e distribuição.

Perspectiva CTS no ensino de Física.

A introdução da perspectiva Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) nos currículos de ciência pode ser uma alternativa para adequá-la a uma nova compreensão dos conteúdos científicos em relação às aplicações tecnológicas desse conhecimento tão presente no mundo atual.

Existe hoje uma necessidade, cada vez maior, da compreensão dos conhecimentos científicos e das aplicações tecnológicas desses conhecimentos. Sem esse conhecimento é quase impossível que os indivíduos possam exercer a sua cidadania.

Tentativas no sentido de aproximar o Ensino de Ciências das implicações tecnológicas têm sido, há muito tempo, uma preocupação dos pesquisadores da área da educação em diversos países. Desde a década de 70 (século XX), o movimento Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) tem influenciado vários currículos em diferentes países. Dentro dessa perspectiva, nossa unidade didática de ensino seria uma tentativa de apropriar-se de todos esses debates.

O aprendizado de Física e das suas tecnologias pode ser conduzido de modo a estimular a eletiva participação e a responsabilidade social dos alunos, discutindo possíveis ações práticas, desde a difusão do conhecimento e ações de controle ambiental ou intervenções significativas na localidade em que vivem, de forma que se sintam construtores de um saber significativo.

Envolver turmas em temas de temas amplos, como é o caso desta unidade didática, distribuição e uso social de energia, fazer o aluno no final da unidade didática tomar uma decisão simulada sobre a melhor forma de energia na região que o aluno está envolvido é a estratégia de nosso grupo dentro da nova perspectiva CTS, que tem sido muito discutido nos círculos educacionais acadêmicos e em alguns casos na respinga no sistema educacional como um todo.

Conteúdo da unidade didática.

Pré-requisitos:

Energia cinética, potencial, Conservação de energia, Transformação de energia, energia conservada, energia dissipada, noções de eletromagnetismo, leitura e interpretação de gráficos. Relacionar várias variáveis. No “mar de informações”, buscar a informação que seja relevante dentro do contexto da aula. Como são alunos do terceiro ano do ensino médio, espera-se que nesta fase os educandos já estejam bem familiarizados em procedimentos como fazer pesquisas, apresentar trabalhos, fazer sínteses, se preparar para um debate, etc.

Publico alvo:

Educandos do terceiro ano do ensino médio, que já tiveram as primeiras noções de eletromagnetismo. Poder-se-ia apresentar esta unidade didática no terceiro ano do ensino médio assim que os alunos já tiverem a noção de carga elétrica, corrente elétrica, processos de eletrização dos corpos, Força eletromotriz e outros conceitos correlacionados.

Conteúdos:

Ciência: energia, energia potencial, energia cinética, energia interna, eletrização, transformação de energia, conservação de energia. Energia nuclear

Tecnologias:

- Funcionamento de um gerador de energia, com os aspectos eletromagnéticos envolvidos.
- Usinas hidrelétricas
- Usinas térmicas. Diversos tipos de usinas térmicas, semelhanças e diferenças.
- Usinas nucleares.
- Usinas eólicas
- Usinas de biomassa, usinas geotérmica, usina mareomotriz, usina solar e outras.

Questões sociais:

- Sustentabilidade.
- Matriz energética do estado e do país.
- Os prós e contras das diversas formas de produção de energia.
- Aspectos ambientais e políticos envolvidos em cada tipo de usina de “produção de energia elétrica”.
- Refletir sobre a realidade local, que tipo de usina seria mais apropriada para a região, em uma tomada de decisão de decisão hipotética.
- Refletir em um a realidade mais geral, por exemplo, a matriz energética brasileira, a predominância da energia geradas por grandes hidrelétricas.
- A questão da usina do Belo Monte. Tomar contatos com os prós e contras e os respectivos grupos envolvidos e seus interesses.
- Refletir sobre a matriz energética em outras realidades sociais, como a matriz energética europeia, americana, chinesa. Etc.

- Protocolo de Kyoto e sua futura implicação na matriz energética.

Estrutura das aulas

Aula 1

Conteúdo:

Geração de energia elétrica.

Revisão dos conceitos de energia

Conservação de energia

Conceitos básicos de corrente elétrica

Geração de energia elétrica

Tipos de usinas geradoras de energia elétrica

Matriz energética local e nacional

Objetivos específicos:

Propiciar ao aluno o conhecimento sobre as diferentes formas de geração de energia elétrica, diferenciando os tipos de usinas geradoras. (térmica, eólica, hidrelétrica, nuclear) Mostrar ao aluno o conceito de matriz energética nacional.

Pré-requisitos: Conceitos de energia potencial e cinética, conservação de energia.

Metodologias e estratégias:

Revisão dos pré-requisitos e análise das formas de obtenção de energia. Aula expositiva.

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas.

Avaliação:

Observação da participação dos alunos durante a exposição.

Aula 2

Conteúdo:

Usina Hidrelétrica, princípio de funcionamento.

Partes principais da usina

Transformação da energia mecânica da água acumulada em energia elétrica.

Eletromagnetismo - Leis de indução

Pré-requisitos: Eletromagnetismo, Conceitos de energia potencial e cinética, conservação de energia, rotações.

Objetivos específicos. Possibilitar ao aluno o entendimento do funcionamento de cada uma das partes que compõem uma usina hidrelétrica. Mostrando os princípios físicos envolvidos.

Metodologias e estratégias.

Divisão da turma em seis grupos, cada grupo deverá explicar o funcionamento de uma das partes que compõe a usina. Usando um simulador que mostra o funcionamento da usina (Anexo 1)

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas, computador com programa simulador de usina hidrelétrica.

Avaliação

Avaliar a participação do aluno no grande e no pequeno grupo. Análise da exposição do grupo quanto aos princípios físicos envolvidos.

Aula 3

Conteúdo

Rendimento de uma usina hidrelétrica

Impacto sócio ambiental de uma usina hidrelétrica

Alagamento Formação do reservatório.

Deslocamento da população ribeirinha.

Pré-requisitos:

Conhecimento do princípio de funcionamento de uma usina hidrelétrica

Objetivos específicos:

Propiciar ao aluno uma visão crítica sobre o impacto da instalação de uma usina hidrelétrica em uma região.

Metodologias e estratégias:

Mostrar aos alunos artigos pró e contra a construção de uma barragem.(Anexo 2) Dividir a turma em grupos favorável, contra e indecisos. Os dois primeiros grupos deverão argumentar tentando convencer os indecisos sobre a sua visão do assunto. Os indecisos devem preparar perguntas para ambos os grupos. Ao final cada grupo deverá entregar um relatório com suas conclusões.

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas, material contido no Anexo 2

Avaliação:

Análise da participação dos e nos grupos. Análise do relatório final.

Aula 4

Conteúdo:

Princípio de funcionamento de usinas termoelétricas e eólicas

Pré-requisitos:

Conhecimentos sobre geração de energia elétrica. Princípios básicos de termodinâmica

Objetivos específicos:

Possibilitar ao aluno o entendimento do funcionamento de cada uma das partes que compõem uma usina termoelétrica e eólica, comparando com a usina hidrelétrica. Mostrar os princípios físicos envolvidos nestes processos de geração.

Metodologias e estratégias: Será solicitada uma pesquisa a turma sobre as tecnologias usadas nas usinas, seu potencial de geração e comparação dos impactos sócio-ambientais destas usinas. (sugestões anexo 3)

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas, material contido no Anexo 3

Aula 5:

Conteúdo:

Princípio de funcionamento de usinas nucleares

Pré-requisitos:

Conhecimentos sobre geração de energia elétrica por termoelétricas. Princípios básicos de radioatividade

Objetivos específicos:

Possibilitar ao aluno o conhecimento da geração de eletricidade por usinas termonucleares. Conhecer os resíduos radioativos e seu aspecto ambiental

Metodologias e estratégias: Elaboração de um relatório avaliando a viabilidade e a segurança para a instalação de uma usina nuclear na região. Usando para isso a apostila educativa da CNEN (anexo 4) :

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas, material contido no Anexo 4

Avaliação:

Análise da participação dos grupos. Análise do relatório final.

Aula 6

Conteúdo:

Revisão sobre os principais tipos de usinas geradoras de eletricidade usadas atualmente.

Comparação entre suas semelhanças e diferenças.

Pré-requisitos:

Conhecimentos sobre formas de geração de energia elétrica.

Objetivos específicos:

Tornar o aluno capaz de reconhecer os processos utilizados na geração de energia.

Identificar a matriz energética do país. Identificar qual a forma menos agressiva ao meio ambiente e qual a menos impactante no meio social. Concluindo qual a forma mais adequada para a sua região e para o país.

Metodologias e estratégias. Elaboração de um relatório mostrando qual a melhor usina a ser instalada na região em que o aluno vive. Justificando os prós e os contra da escolha.

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas,

Aulas 7 e 8:

Apresentação dos trabalhos finais

Metodologias e estratégias:

Ao final da aula 6 será solicitado ao aluno que reúna todos os trabalhos em um painel comparativo para ser apresentado a turma.

Avaliação Geral:

O aluno será avaliado durante toda a unidade, nos conceitos participação, empenho e nos trabalhos propostos. Será considerado o crescimento do aluno na sua argumentação crítica e no seu conhecimento dos fenômenos físicos abordados.

Recursos didáticos:

Quadro branco, canetas coloridas, material contido nos Anexos, computador, retroprojeter.

Referências Bibliográficas:

GASPAR, A. Física. São Paulo: Editora Ática, 2009.

Professor:

MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. Teorias Construtivistas. Porto Alegre: IFUFRGS, 1999.

GUIMARÃES, OSVALDO As faces da Física: Volume único São Paulo: Moderna 1997

Banco Internacional de Objetos Educacionais

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/5034> Acessado em 13/12/11

Quadro de anexos:

Anexo 01

ESTRUTURA DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

1º PASSO – PREPARANDO OS ALUNOS

Neste primeiro momento, talvez os alunos ainda não saibam exatamente como funciona uma usina hidrelétrica, mas, seguramente, já ouviram falar a respeito na mídia ou mesmo na escola, em anos anteriores. Sendo assim, valorize os conhecimentos prévios que o grupo possui e utilize-os como ponto de partida para a apresentação do assunto, o que permitirá uma aprendizagem mais significativa.

Antes de mostrar a animação, promova uma discussão com os alunos. Questione-os, estimule a curiosidade e incentive o levantamento de hipóteses. As questões abaixo podem servir para alavancar essa discussão, e, à medida que os alunos forem se posicionando, outras questões poderão surgir para enriquecer este momento:

- *Você já imaginou como seria a rotina em sua casa se não houvesse energia elétrica?*
- *Como a eletricidade chega às nossas casas? Onde é produzida?*
- *De que forma a energia elétrica é utilizada na indústria? E no comércio?*
- *Na sua opinião, onde existe maior consumo de eletricidade: na zona rural ou urbana?*

Por quê?

- *Quando há falta de chuva, é comum ouvirmos falar em “racionamento de energia elétrica”. Você sabe o que significa? Na sua opinião, qual é a relação entre chuva e geração de eletricidade?*

Durante a discussão, se surgirem comentários e informações sobre as **usinas hidrelétricas**, aproveite para falar sobre a animação que será exibida. Caso contrário, introduza o assunto por meio de novas questões:

- *Você já ouviu falar em usina hidrelétrica?*
- *Sabe como funciona?*
- *Conhece alguma?*
- *Na sua opinião, existe alguma relação entre uma usina hidrelétrica e a energia que chega às nossas casas? De que forma?*

Neste momento, provavelmente os alunos já estarão envolvidos com a discussão. É hora de falar sobre a animação.

Conte aos alunos que a apresentação mostrará a estrutura de uma usina hidrelétrica, seu funcionamento e para que serve cada uma de suas partes.

Proponha, então, um desafio.

- 1) Divida os alunos em seis grupos.
- 2) Recorte as fichas da próxima página e entregue-as, aleatoriamente, uma a cada grupo.
- 3) Informe aos alunos que as palavras que receberam referem-se às partes de uma usina hidrelétrica e que eles deverão deduzir sua finalidade, registrando as hipóteses na ficha. Explique aos alunos que não é necessário consultar o dicionário, pois o objetivo neste momento não é escrever o significado exato da palavra e sim as deduções do grupo.

4) Depois de preenchidas, recolha as fichas e esclareça aos alunos que a atividade será retomada após a apresentação da animação.

RESERVATÓRIO _____ _____ _____ _____	VERTEDOURO _____ _____ _____ _____
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA _____ _____ _____ _____ _____	CASA DE FORÇA _____ _____ _____ _____ _____
SUBESTAÇÃO ELEVADORA _____ _____ _____ _____ _____ _____	CANAL DE FUGA _____ _____ _____ _____ _____

2º PASSO – EXPLORANDO A ANIMAÇÃO

Este é o momento de mostrar a animação. Durante a apresentação, explore os detalhes das imagens, oriente os alunos a observarem os elementos das paisagens e as animações existentes em cada quadro. Extrapole as informações dos textos e incentive o grupo a encontrar nas imagens dados adicionais sobre o assunto.

Exemplo: Explorando o quadro “Estrutura de uma usina hidrelétrica”



- Observando o tamanho das casas e de outros elementos na paisagem (árvores, animais etc.), você consegue perceber a dimensão de uma usina hidrelétrica?
- Existe alguma ligação entre o rio e o funcionamento da usina?
- É possível perceber na animação o caminho que a energia elétrica percorre através das torres e fios elétricos? Como?
- Você acha que esta usina hidrelétrica causa algum impacto ambiental no local onde foi construída? Por quê?

Durante a exibição, peça aos alunos que façam anotações no caderno, registrando as informações que julgarem relevantes e anotando palavras desconhecidas. É importante que você discuta o significado de termos que possam ser desconhecidos (por exemplo, represamento, barragem, voltagem etc), pois são fundamentais para a compreensão. Explore também as informações adicionais presentes em algumas telas, discutindo-as e relacionando-as com o conteúdo abordado.



A tela “Conclusão” apresenta informações importantes sobre as usinas hidrelétricas, que podem ser aproveitadas na abordagem de novos assuntos, ampliando, assim, as possibilidades de exploração do tema.

3º PASSO – RETOMANDO A DISCUSSÃO E SISTEMATIZANDO CONHECIMENTOS

Após a exibição da animação, converse com os alunos para saber a opinião deles sobre o que viram. Esclareça dúvidas relacionadas ao vocabulário e aos conceitos abordados.

Em seguida, leia as fichas onde os grupos escreveram suas hipóteses e discuta com a sala:

- As hipóteses levantadas estavam corretas? Por quê?
- Após ter visto a animação, você é capaz de estabelecer alguma relação entre as hidrelétricas e a energia que consumimos em nossas casas? De que forma?

Caso sinta ser necessário, peça aos grupos que se reúnam novamente e refaçam suas anotações com base no conhecimento adquirido com a animação.

Nesta fase do trabalho, sugerimos também a realização das atividades a seguir, que podem auxiliar no processo de sistematização do conteúdo e na avaliação da aprendizagem.

Simulador de hidrelétrica e roteiro, disponíveis em:

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/5034>

Anexo 2:

Realização do debate.

Para essa atividade, os alunos deverão ser divididos em grupos. Cada grupo irá se colocar contra ou a favor da construção de uma usina hidrelétrica, emitindo opiniões e justificando sua posição sobre o assunto.

- Pesquisa em jornais, revistas, livros e internet sobre as usinas hidrelétricas no Brasil

- Pesquisa em sites que tratam do tema.

www.ilumina.org.br - Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Energético

www.maternatura.org.br - Instituto de Estudos Ambientais

<http://www.itaipu.gov.br> - Site oficial da Usina Hidrelétrica Binacional de Itaipu

Sugestões sobre Belo Monte:

<http://exame.abril.com.br/rede-de-blogs/educacao-economia-cia/2011/12/12/belo-monte-os-pros-superam-os-contras/>

<http://www.agencianoticias.com.br/2011/12/12/usina-hidreletrica-de-belo-monte-controversias-sobre-sua-construcao/>

Blog Belo Monte

<http://www.blogbelomonte.com.br/2011/11/18/conheca-a-uhe-belo-monte/>

Cartilha belo monte:

http://www.blogbelomonte.com.br/wp-content/uploads/2011/12/Cartilha_portugues_.pdf

De onde vem a energia? Filme 1

http://www.youtube.com/watch?v=RvLgq9bv2d8&feature=player_embedded

De onde vem a energia? filme 2

<http://www.youtube.com/watch?v=-Lu7oDdgBuk&feature=related>

Movimento Gota d'água

http://www.youtube.com/watch?v=&feature=player_embedded

Movimento Gota d'água Rebate

http://www.youtube.com/watch?v=j0C0yYlwo90&feature=player_embedded

Opinião de Marina silva

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=nVdZaWH9PSA&feature=endscreen>

Anexo 3:

Energia Eólica

Situação da energia Eólica no Brasil:

[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica(3).pdf)

Projeto Energia Eólica

<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>

(Ver item 5 meio ambiente)

Brasil escola

<http://www.brasilecola.com/fisica/energia-eolica.htm>

Energia eólica no Brasil:

<http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/energia-eolica-brasil-mundo-515979.shtml>

A energia eólica no RS

http://www.al.rs.gov.br/download/Subenergia_Eolica/RF_energia_eolica.pdf

A energia eólica em SC

<http://www.lepten.ufsc.br/disciplinas/emc5489/textoeolica5.pdf>

A energia eólica no Paraná

http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/VIABILIDADE%20T%C9CNICA,%20ECON%D4MICA%20E%20AMBIENTAL%20DA%20UTILIZA%C7%C3O%20DA%20ENERGIA%20E%D3LICA%20NO%20BRASIL%20E%20NO%20PARAN%C1.pdf

Centro Brasileiro de Energia Eólica

www.eolica.com.br

Usinas termoelétricas e hidrelétricas comparação

http://www.fem.unicamp.br/~seva/972_apost_SEVA_uhe_ute.pdf

Usinas termoelétricas, princípio de funcionamento.

http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia2000/turmaA/grupo6/usina_termoeletrica.htm

<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Ar/termeletrica.php>

Definição de termelétrica:

http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/termeletrica/usina_termeletrica.html

Anexo 4:

Usinas Termonucleares:

<http://www.infoescola.com/fisica/principios-da-usina-nuclear/>

<http://areaseg.com/vote2/html/un.html>

<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/nuclear/nuclear.htm>

<http://www.nuctec.com.br/educacional/funcionam.html>

<http://www.brasilecola.com/quimica/usina-nuclear.htm>

<http://usinanuclear.com/>

Alemanha fecha todas as suas usinas nucleares

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/05/110530_alemanha_nuclear_rw.shtml

Vantagens e desvantagens das usinas nucleares (CNEN apostila educativa):

<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>