

## **O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DE TEMAS CONTROVERSOS: A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM LARGA ESCALA**

**Luciano Fernandes Silva**

UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Araraquara, Brasil  
Programa de Pós Graduação em Educação da Faculdade de Ciências e Letras  
lufesilv@fclar.unesp.br

**Luiz Marcelo de Carvalho**

UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Instituto de Biociências, Brasil  
lmarcelo@rc.unesp.br

### **Resumo**

Esta pesquisa parte do pressuposto de que os temas controversos podem ser vistos como um princípio metodológico para o desenvolvimento de práticas de ensino de Física. Isso significa tomar a controvérsia como uma idéia-chave para organizar e orientar metodologicamente o trabalho do professor em sala de aula. Além disso, os temas controversos oferecem ao professor uma possibilidade significativa para tratar de aspectos da temática ambiental em aulas de Física. Procuramos, neste artigo, analisar atitudes e posicionamentos de alunos do Ensino Médio frente ao tema da produção de energia elétrica em larga escala e ainda se esses alunos são capazes de reconhecer e compreender algumas controvérsias relacionadas com essa temática. Para coletar os dados desta pesquisa realizamos uma intervenção planejada em três salas de terceiro ano do Ensino Médio – jovens entre 16 e 17 anos – de uma escola pública brasileira. Os dados indicam que a maioria dos estudantes participantes dessa pesquisa estabelece relação entre a produção de energia elétrica e alguns impactos negativos sobre o meio ambiente. Chamou nossa atenção o fato de que alguns argumentos utilizados por eles, para justificar as posições tomadas em relação aos níveis de impactos ambientais que devem ser aceitos pela sociedade, são construídos a partir da lógica do catastrofismo. Em outros momentos fica bastante claro o apelo “religioso ou místico” presentes em argumentos que procuram justificar atitudes de respeito e de preservação/conservação da natureza. Também notamos que alguns deles utilizam-se de argumentos mais técnicos para justificar a escolha por determinada forma de produção de energia elétrica em larga escala. Enfim, é importante observar que a abordagem de temas de natureza controversa em sala de



aula propicia um ambiente no qual emergem discursos articulados com conhecimentos de outra natureza, além dos propriamente científicos.

**Palavras-chave:** Temas controversos; Temática ambiental; Ensino de Física.

### **Abstract**

Controversy is seen as a methodological key idea in organizing and guiding the teacher's work in the classroom. Furthermore, controversial issues represent a valuable opportunity to tackle environmental issues in Physics classes. Our research explored whether High School students recognized and understood controversies regarding the production of electrical energy on a large scale. The data were obtained in three 3<sup>rd</sup> grade High School classrooms (16-17 year old students) from a Brazilian public school. The results showed that most of the High School students who took part in this research recognized that there was a link between the production of electrical energy and some harmful effects on the environment. Our attention was drawn to the fact that some of the students' arguments, relating to the socially acceptable levels of environmental impacts, have a catastrophic logic. It should be stressed that the inclusion of controversial issues in the classroom allows the discussion of different sorts of knowledge, besides what is strictly scientific.

**Key Words:** Controversial issues; Environmental issues; Physics teaching.

### **A Temática Ambiental**

As manifestações a favor de níveis desejáveis de qualidade de vida a toda a população e de manutenção e recuperação de ambientes que mantenham a dinâmica de processos de vitais ganham força de movimentos articulados a partir da segunda metade do século XX. Essas manifestações se expressam a partir de propostas de desenvolvimento de atitudes conservacionistas de caráter mais individual, até à organização de partidos políticos de expressão, em diferentes regiões do mundo. Além disso, a temática ambiental se impõe como um problema capaz de questionar os modelos de organização social e os significados e conseqüências de nossas práticas sociais.

Especialmente a partir da década de setenta do século XX, os alarmantes índices de degradação da natureza e dos ambientes construídos pelo homem passam



a chamar a atenção de vários grupos organizados da sociedade. A consciência da natureza dessa crise amplia os questionamentos direcionados àqueles que ainda defendem a neutralidade científica ou que não associam essa atividade com suas dimensões sociais, econômicas, éticas e políticas.

De modo especial, intelectuais dos mais diferentes ramos do conhecimento passam a elaborar sínteses inovadoras a partir da emergência da temática ambiental. Essas sínteses são construídas tanto em termos de crítica aos padrões de produção social, como também na proposição de paradigmas inovadores para a análise e compreensão dessa crise. Dentre essas sínteses inovadoras destacamos as idéias apresentadas por Leff (2002). Este autor defende a idéia de que esta crise não é simplesmente uma crise ecológica, mas, fundamentalmente, a crise da razão. Para o autor os problemas ambientais estão intimamente relacionados com os problemas do conhecimento, ou seja, “o risco ecológico questiona o conhecimento do mundo” (Leff, 2002, p. 191).

Elaboraões como as de Leff (2002) chamam a nossa atenção para as crenças enraizadas em relação à Ciência e a Tecnologia. Estas idéias nos levam, certamente, a questionar os significados que atribuímos à produção do conhecimento científico. Nesse caso, podemos dizer que a temática ambiental, da forma como a compreendemos, define-se pela abordagem, ou seja, pela maneira como o tema ambiental é colocado e pensado. É nesta perspectiva que entendemos que as indagações relacionadas com esta temática só podem ser respondidas a partir de algumas análises críticas sobre nossos padrões históricos de organização social e padrões de organização sociedade-natureza. Essas reflexões revestem-se de grande significado para nossas práticas sociais, oferecendo, de modo especial, elementos relevantes a serem considerados em nossas práticas educativas e, de forma específica, para as nossas práticas relacionadas com o ensino das ciências naturais.

### **A Temática Ambiental e o Processo Educativo: Implicações para o Ensino de Física**

As questões levantadas por parte do movimento ambientalista, em especial aquelas diretamente relacionadas com nossas concepções de conhecimento, apresentam-se de forma muito significativa para nossas práticas de ensino de Ciências Naturais, em particular nossas práticas de ensino de Física.

Parte das críticas do movimento ambientalista questiona, sobretudo, a forma como compreendemos o processo de construção da Ciência. Críticas dessa natureza não são recentes na área de pesquisa em ensino de Ciências Naturais (Carvalho, 1998; Gallagher, 1991; Lederman, 1992; Matthews, 1994; Miller, 1983; Peduzzi, 2001; Reis, 2004), no entanto é interessante observar que elas contêm vários elementos centrais retomados pelos educadores ambientais (Carvalho, 2005).

As críticas direcionadas ao ensino de Ciências Naturais, em geral, e ao ensino de Física, em particular, tanto no nível médio quanto no nível superior, apontam para um ensino voltado aos aspectos conceituais da Ciência, com ênfase numa descrição matemática dos fenômenos. Além disso, os conteúdos trabalhados nesses cursos tendem a enfatizar aspectos factuais desvinculados de um contexto mais amplo e de situações concretas vivenciadas pelos estudantes (Braga, 2000; Megid Neto e Pacheco, 1998; Pietrocola, 2001; Silva, 2001). A partir desse quadro, o conhecimento científico passa a ser entendido como neutro, impessoal, pragmático, utilitarista, abstrato, dogmático, objetivo e essencialmente factual (Braga, 2000; Cruz e Zylbersztajn, 2001).

Considerando essas dificuldades em relação ao ensino de Ciências Naturais, entendemos como relevante a possibilidade de realizar trabalhos educativos que objetivem uma alfabetização científica crítica (Reis, 2004), ou seja, que possibilitem a explanação e discussão de aspectos relativos à epistemologia da Ciência, de forma a abarcar questões sobre as possibilidades e os limites deste tipo de conhecimento. Além disso, é importante considerarmos as possibilidades e os limites do conhecimento sistematizado para compreendermos alguns dos aspectos fundamentais que dão origem e sustentação à crise ambiental.

Tendo em conta as críticas históricas direcionadas ao ensino de Física, as diferentes possibilidades de realizarmos uma alfabetização científica mais crítica e os questionamentos levantados pelo movimento ambientalista, passamos a enfatizar a alternativa de abordar aspectos da temática ambiental a partir de alguns conteúdos específicos da Física em sala de aula, a saber: a exploração de temas controversos em práticas de ensino dessa disciplina.

A opção de trabalhar temas controversos apresenta-se como uma possibilidade de tratarmos alguns aspectos da temática ambiental em práticas de ensino de Física. Além disso, esses temas oferecem a oportunidade de propiciarmos um ambiente de discussão nessas aulas, situações em que os estudantes possam refletir, por exemplo,



sobre a natureza complexa da temática ambiental e do conhecimento produzido pela Física.

### **Os Temas Controversos como Opção Metodológica Educativa**

Uma das possibilidades de trazer à tona alguns aspectos da temática ambiental em aulas de Física está na consideração de temas controversos. Considerando o potencial pedagógico e o potencial para a discussão sobre o significado de conhecimento, produzido a partir de diferentes perspectivas, a nossa proposta é a de que os temas controversos passem a ser vistos como um princípio metodológico para o desenvolvimento de nossas práticas pedagógicas. Isto significa tomar a controvérsia como uma idéia-chave para organizar e orientar metodologicamente o trabalho do professor em sala de aula.

No caso do Ensino da Física nos interessa de forma particular aqueles temas controversos que estão diretamente relacionados com as implicações da Ciência e das Tecnociências. Tais implicações acabam por gerar controvérsias que envolvem uma dimensão científica, social e ambiental, identificadas por controvérsias sócio-ambientais. Além disso, consideramos também relevantes aquelas controvérsias geradas no âmbito interno da Ciência e que envolvem, de alguma maneira, aspectos relacionados à sociedade e ao meio ambiente.

Importa-nos, sobretudo, construir um ambiente educacional propício a tratar aspectos da temática ambiental em aulas de Física, propiciando um espaço para discussão de alguns questionamentos colocados pelo movimento ambientalista.

Com a exploração dos temas acima mencionados visamos também a possibilidade de construir atividades de ensino que apresentam uma Ciência que não é neutra, que não possui verdades absolutas ou lógicas unitárias. Estas atividades envolvem necessariamente aspectos éticos, ideológicos, sociais e ambientais (Bridges, 1986; Levinson, 2001; Wellington, 1986).

Vários autores (Bridges, 1986; Gayford, 2002; Levinson, 2001; Reis, 2004; Silva, 2006; Silva e Carvalho, 2002a,b, 2004, 2006; Welligton, 1986) destacam que um trabalho educativo com temas controversos fazem atentar para aspectos normalmente distantes das salas de aula, tais como incertezas, complexidades, cotas dos mais diversos riscos sociais e ambientais e dilemas éticos e religiosos.



Entretanto, embora a Ciência seja uma arena natural para explorar as controvérsias, percebemos que estes temas não são necessariamente incorporados nos currículos de Ciências Naturais e nos planos de ensino dos professores. Vários obstáculos impedem ou dificultam o desenvolvimento de atividades que enfatizem a relação entre temas controversos e o processo de produção do conhecimento científico. Entre esses aspectos podemos citar a urgência em cumprir todo o conteúdo curricular (Reis, 2004) e a dificuldade em tratar aspectos que não se limitam apenas à dimensão conceitual do conhecimento científico em aulas de Ciências Naturais (Gayford, 2002).

Gayford (2002) observou que o trabalho com temas controversos exige dos professores não só um novo entendimento do processo científico, mas a possibilidade de novos entendimentos do que seja importante levar para a sala de aula em termos de conteúdos. Entre os desafios apresentados, o autor destaca a natureza controversa do tema, a desobrigação de uma seqüência e uma divisão tradicional de tópicos para se trabalhar estes aspectos no currículo de Ciências Naturais e os importantes aspectos não científicos que devem ser considerados na discussão do problema.

Na Inglaterra, segundo Levinson (2001), o currículo nacional reconhece que os tópicos controversos das Ciências estão intimamente ligados ao ensino de uma Ciência mais próxima do real. Porém, raramente algumas das controvérsias da Ciência são trabalhadas em uma situação de ensino e aprendizagem numa sala de aula. No Brasil, a mesma tendência é observada, uma vez que são raras as situações nas quais os professores desenvolvem atividades educativas com temas controversos.

No caso do Ensino de Física, embora a tendência, como já mencionamos, seja a de enfatizar aspectos conceituais da Ciência, são muitas as possibilidades de se incorporar temas controversos ou conflituosos em sala de aula que poderiam explorar aspectos instigantes da atividade científica e contribuir para a construção de competências significativas no processo de alfabetização científica e na construção do ideal de cidadania.

Dentre essas diferentes possibilidades para o Ensino de Física o tema “eletricidade” que tradicionalmente vem sendo trabalhado com alunos do ensino médio e é parte dos conteúdos apresentados nas diversas propostas curriculares, merece atenção. O processo de produção de energia elétrica em larga escala, por exemplo, reveste-se de inúmeros condicionantes que não são passíveis de consenso entre diferentes grupos da sociedade, ou seja, há uma série de questões reconhecidamente



controversas que devem ser incorporadas em qualquer análise sobre os processos de produção e utilização de energia elétrica em nossa sociedade.

Historicamente o setor de geração de energia elétrica vem produzindo grandes impactos ambientais e sociais em toda a sua cadeia de produção. Porém, apenas recentemente o debate sobre os diferentes impactos ambientais provocados pela geração e utilização desta energia tem feito parte da agenda mundial de discussões (Brundtland, 1987). Evidencia-se, por meio destas discussões, a necessidade de se repensar o modelo de desenvolvimento vigente que orienta as organizações humanas, que tem como um de seus pressupostos básicos o consumo intensivo perdulário de mercadorias e de energia, traduzido de forma mais explícita no chamado *american way of life*. Os valores que sustentam este modelo de desenvolvimento caracterizam-se, sobretudo, pela exagerada ênfase no aspecto econômico e implica na exploração sem limites dos recursos naturais e na utilização de tecnologias que produzem em larga escala.

Além disso, uma discussão sobre o tema “produção de energia elétrica em larga escala” deve considerar que a utilização da mesma base de recurso natural por diferentes grupos sociais, que possuem diferentes intenções e necessidades econômicas, sociais e políticas, conduz a um conflito de natureza sócio-ambiental.

Tendo em vista que esta temática, produção de energia elétrica em larga escala, está entre os conteúdos do ensino da Física a ser desenvolvido no nível médio da escola formal, podemos inferir que um trabalho com esse tema pode possibilitar ao professor de Física a oportunidade de enriquecer as aulas com a exploração de outros aspectos, além dos técnicos, tais como sociais, ambientais e políticos.

A partir desses pressupostos, consideramos que pesquisas que procurem explorar possíveis caminhos para o tratamento de temas controversos em aulas de ciências naturais podem representar avanços significativos e indicar possibilidades que incentivem os professores da escola básica a considerar em suas práticas pedagógicas essa perspectiva. Dessa forma, para a orientação da coleta e análise dos dados desta investigação as seguintes questões orientadoras são propostas: os estudantes do ensino médio reconhecem e compreendem algumas controvérsias sócio-ambientais relacionadas com a produção de energia elétrica em larga escala? Quais os posicionamentos dos estudantes diante de uma controvérsia dessa natureza? Quais os desafios que se apresentam ao grupo formado por estudantes do



ensino médio e pelo professor de Física, diante do trabalho com temas controversos relacionados com a produção de energia elétrica em larga escala?

Sendo assim, os objetivos dessa pesquisa são os de identificar o posicionamento dos estudantes frente à possibilidade de incorporação de temas controversos e contribuir para as discussões e proposições acerca da incorporação de controvérsias/ conflitos socioambientais nas práticas pedagógicas relacionadas com o ensino de Física.

### **Procedimentos de Pesquisa**

Dados os pressupostos, as questões orientadoras e os objetivos da pesquisa, os procedimentos vinculados às abordagens qualitativas são os que se apresentam como mais adequados para essa investigação. Entre os diversos aspectos que, segundo Cohen, Manion e Morrison (2001), fundamentam o paradigma das pesquisas qualitativas, destacamos o fato de elas buscarem entender a subjetividade das experiências humanas, terem como foco as ações e as intenções dos atores envolvidos na pesquisa e privilegiarem os procedimentos de natureza indutiva no processo de análise e interpretação dos dados.

A partir dessas características gerais da pesquisa qualitativa, a possibilidade de realizar uma intervenção planejada pareceu-nos a alternativa mais viável para o processo de coleta de dados. Conforme explicita André (1998), neste tipo de investigação o pesquisador realiza a coleta dos dados enquanto se desenvolvem as atividades de ensino e aprendizagem em sala de aula.

Na primeira etapa da pesquisa procuramos sistematizar, a partir da bibliografia específica, alguns aspectos da relação entre a produção de energia elétrica e impactos ambientais, o que nos ofereceu um quadro referencial básico em termos de conteúdos e possíveis estudos para o planejamento de atividades em sala de aula relacionadas com essa temática.

Após esta primeira etapa, uma Unidade de Ensino passou a ser desenvolvida em três turmas (turmas A, B e C) de estudantes do terceiro ano do nível médio – jovens que possuem entre 16 e 17 anos - de uma escola pública do município de uma cidade do interior do Estado de São Paulo - Araraquara - que dista 283 km da capital do Estado. No plano inicial foram previstos 11 encontros para o desenvolvimento das



atividades com os alunos e, conseqüentemente, para a coleta de dados para a investigação.

Nessa etapa, tivemos a oportunidade de trabalhar com os estudantes 4 textos e outros materiais que foram produzidos por nós a partir da pesquisa bibliográfica realizada na primeira etapa deste trabalho. Durante a intervenção recolhemos vários documentos produzidos pelos estudantes ao longo do processo. Entre os documentos recolhidos e analisados destacamos os questionários com perguntas abertas e as gravações de aulas em fitas de vídeo.

De modo geral, os textos que apresentamos aos estudantes exploravam aspectos técnicos, históricos, sociais, econômicos e ambientais relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Além disso, realizamos outras atividades que solicitavam um posicionamento verbal dos estudantes a respeito dos temas discutidos. Dentre estas atividades destacamos algumas discussões que os estudantes realizaram a partir de um tema previamente definido, tendo o professor o papel de mediador das discussões. Por fim, realizamos um trabalho de campo em uma usina hidroelétrica localizada na região de Ibitinga, Estado de São Paulo. As diferentes atividades realizadas procuraram, num primeiro momento, explicitar algumas controvérsias/conflitos envolvendo o tema que estava sendo trabalhado e instigar os alunos a participar das discussões propostas.

### **O Posicionamento dos Estudantes em Relação aos Aspectos da Temática Ambiental abordados a Partir dos Temas Controversos**

Ao propor aos estudantes do nível médio o estudo das diferentes modalidades de geração energia elétrica em larga escala, procuramos trabalhar alguns aspectos conceituais de transformação de energia e técnicos relativos à construção de diferentes modalidades de usinas geradoras de eletricidade. Além disso, procuramos oferecer aos estudantes um ambiente propício para a reflexão e discussão de diferentes aspectos controversos que estão diretamente relacionados com nossas demandas de energia e os impactos ambientais diretos e indiretos que são decorrentes das diferentes formas de produção de energia elétrica em larga escala.

No primeiro encontro da intervenção selecionamos e oferecemos aos estudantes alguns textos de divulgação científica publicados nos meios de comunicação em massa que informavam a população sobre o iminente problema de racionamento de energia elétrica que o Brasil poderia viver no ano de 2001. Nesse encontro, a nossa



intenção era a de sensibilizar os estudantes sobre a possível falta do produto “eletricidade” e, na seqüência, procurar identificar os possíveis “custos” sociais e ambientais que estavam dispostos a aceitar para impedir o iminente racionamento. Tínhamos ainda a intenção de registrar os argumentos que os alunos construíam e utilizavam para defender suas posições. Assim, solicitamos aos estudantes que, depois da leitura dos textos, respondessem à seguinte questão:

*“As notícias mais recentes dão conta que estamos na iminência de uma crise de abastecimento de energia elétrica. Diante da situação descrita nesses textos, você acha que nosso país deveria escolher produzir energia elétrica sem importar-se com os possíveis impactos negativos no meio ambiente e na sociedade? Explique seu posicionamento para esta questão.”*

Os dados obtidos a partir desta pergunta possibilitaram a sistematização no quadro 1 das principais posições e justificativas dos estudantes em relação à possibilidade de se produzir energia elétrica diante de custos e prejuízos sociais e ambientais.

Noventa e sete estudantes estavam presentes nesta atividade, sendo trinta da turma A, trinta e cinco da turma B e trinta e dois da turma C. Desse total, setenta e um estudantes (73%) indicaram aspectos desfavoráveis à produção de energia elétrica mediante grandes impactos negativos no meio ambiente e na sociedade, dezessete (18%) foram favoráveis e nove (9%) não responderam à questão (cinco da turma A e quatro da turma C).

É interessante observar pela análise do quadro 1 que vários estudantes construíam e utilizaram argumentos alarmistas para justificar seus posicionamentos. Outros alunos mais do que articular um argumento para justificar seus posicionamentos fazem apenas alusão a possíveis riscos ambientais genéricos ou simplesmente respondem que não deveria ser produzida energia elétrica devido a algum problema mais específico de degradação ambiental.

Um outro grupo de estudantes posiciona-se a favor de algumas soluções intermediárias para evitar a construção de mais centrais produtoras de eletricidade em larga escala. Nesse grupo alguns alunos colocam toda a responsabilidade na administração do conflito nas mãos do poder público. Exemplo:

*“(...) eu acho que não podemos produzir energia de qualquer maneira, pois isto*



*significa causar uma grande devastação ambiental. O governo devia parar e pensar sobre uma solução, afinal são bem pagos para isso. Há sempre maneira melhor de solucionar os problemas.” (Aluno 37 A)*

Por fim, um grupo de estudantes utilizam argumentos que envolvem aspectos econômicos e sociais para justificar seus posicionamentos frente a tais conflitos.

**Quadro 1:** Argumentos dos alunos para justificar seus posicionamentos em relação ao conflito produção de energia elétrica/riscos ambientais

Argumentos: tendências observadas	TURMAS			TURMAS			Exemplos
	A	B	C	A	B	C	
Alarmista/ Catastrófico	15	16	10	50%	46%	31%	<i>“Pode ser que sim, pois sem energia o mundo pára. A terra pára sem energia elétrica com suas grandes indústrias e horários de pico. Eu não ia querer ficar sem energia no futuro, com tudo escuro e água fria (banho). Penso que podemos tentar qualquer coisa...” (Aluno 25 B)</i>
Simples alusão a riscos	2	7	5	7%	20%	16%	<i>“Não. Porque tudo isso poderia acarretar outros problemas.” (Aluno 9 B)</i>
Administração sustentável	6	9	6	20%	26%	19%	<i>“Não, pois o que temos deve ser o suficiente, basta administrarmos corretamente.” (Aluno 7 B)</i>
Econômico/ Social	1	3	5	3%	8%	16%	<i>“O nosso país tem condições de produzir outro tipo de energia. Porém, não é toda a população que vai estar de acordo em pagar um pouco mais caro pela energia elétrica...” (Aluno 23 C)</i>

As análises das respostas obtidas permitem ainda identificar alguns argumentos que, embora tenham sido utilizados por apenas alguns estudantes, merecem ser registrados. Em uma das respostas, por exemplo, a idéia de que “a natureza se revoltará contra o homem” é o núcleo do argumento utilizado pelo estudante:

*“Não. Porque devemos usufruir o que a natureza nos proporciona e respeitar*



*sempre o seu grande poder. Quando cortamos, poluímos, e matamos rios, árvores e bichos, achamos que estamos ferindo a natureza. Pura ironia, pois ela, com uma simples ação, faz todos sofrerem. Deste modo, ao cairmos na real vemos que não adianta querer ser onipotentes se não somos nada. E não venha me dizer que o dinheiro resolve, pois o dinheiro compra tudo, mas, neste caso, não podemos comprar a natureza.” (Aluno 29 A)*

Em uma outra resposta, fica bastante claro o apelo “religioso ou místico” presentes em argumentos que procuram justificar atitudes de respeito e de preservação/conservação da natureza:

*“Não. Porque é preferível ficar algumas horas sem energia a prejudicar (poluir) o meio – ambiente e também prejudicar as pessoas, o que, aliás, é um problema muito mais sério. Aliás, a natureza é a glória que Deus nos deu, um presente do Pai Celestial, e não vamos destruir um presente do Pai, pelo consumo humano e a ganância.” (Aluno 19 C)*

Notamos nessas duas respostas que alguns estudantes, diante de um tema de natureza controversa, constroem e utilizam argumentos baseados em crenças religiosas e/ou místicas para justificar suas posições, situação que, sem dúvida, está distante dos argumentos privilegiados pela Ciência e normalmente presentes em aulas de Física. Ou seja, os argumentos que os estudantes utilizam para sustentar seus posicionamentos não ficam restritos aos conhecimentos de natureza científica que são aprendidos em sala de aula, ao contrário, eles também utilizam argumentos de outra natureza, como, por exemplo, os de natureza mística e religiosa.

Nesse sentido, de acordo com Gayford (2002), podemos notar que o arsenal da racionalidade científica não possibilita explorar de forma mais ampla as complexidades inerentes à temática ambiental. Questões de natureza não-científica assumem uma importância crucial na discussão de temas controversos relacionados com as implicações sociais e ambientais da aplicação da Ciência e da Tecnologia.

Além disso, conforme relata Levinson (2001), a discussão de temas controversos de natureza científica em atividades educativas traz à tona argumentos de natureza religiosa. O autor destaca que é relativamente freqüente os estudantes lançarem mão de argumentos que fazem uma referência direta a Deus ou a uma natureza portadora de uma essência divina quando expostos às discussões que envolvem temas controversos.



Depois de discutirmos com a classe os aspectos favoráveis e desfavoráveis das diferentes fontes naturais associadas a diferentes tecnologias para a produção de energia elétrica, solicitamos a um grupo de alunos apresentar argumentos que justificassem a implantação de usinas hidroelétricas no Brasil e a outro que apresentasse argumentos que justificassem a implantação de usinas termonucleares. Cada um dos grupos deveria também apresentar argumentos contrários a outras formas de produção de energia elétrica em larga escala, que fosse diferente daquela que defendiam. Todos os grupos deveriam apoiar suas justificativas naqueles conhecimentos sistematizados que já haviam sido trabalhados em outros momentos em sala de aula.

Durante a discussão pudemos observar que a maior parte dos estudantes novamente utiliza argumentos alarmistas, e até mesmo radicais, para defender seus posicionamentos. Os comentários de um dos alunos exemplificam, como às vezes, posições radicais são tomadas com o intuito de dar suporte aos argumentos construídos por eles:

*“Todos os meios que produzem energia elétrica causam problemas para o meio ambiente. Assim, eu acho que a gente tem que partir para a forma de produção de energia elétrica que traga mais benefício para todos. Se essa forma de produção que defendemos (Usinas Nucleares) é a que vai trazer mais benefícios para o país, então a gente tem que partir para ela. Todas as formas de produção de energia elétrica prejudicam o meio ambiente, então se não for preciso pensar no meio ambiente, a gente vai produzir bem mais energia com usinas nucleares.”*  
(Aluno 2C)

O estudante reconhece que a produção de energia elétrica por qualquer uma das maneiras conhecidas causa impactos ao meio ambiente, porém propõe esquecermos as questões relacionadas ao meio ambiente, facilitando, dessa forma, a equação “custo x benefício” para a população e para o país.

Os dados que obtemos também evidenciam a influência e o significado que os meios de comunicação em massa exercem na construção dos argumentos dos nossos estudantes em relação aos temas controversos que envolvem a Ciência, a Sociedade e o Meio Ambiente. Vejamos um comentário feito por um dos estudantes:

*“Tem uma coisa que quero falar. A gente não está defendendo somente peixinhos e árvores. Nós defendemos o ar que respiramos, porque eu não estou*



*querendo respirar, daqui algum tempo, material radioativo. Eu não estou querendo respirar um ar que possa me matar e também não quero isso para meus filhos e netos. Eu acho que a usina hidrelétrica é a melhor alternativa e que a usina nuclear não serve para nós, apesar das duas possuírem pontos negativos. Sei que a barragem prejudica árvores e peixes, só que eu estou preocupada com o que a gente vai respirar daqui um tempo e com as pessoas. Eu lembro de uma usina nuclear que explodiu em 1986 e causou o sofrimento de muitas pessoas. As meninas da Ucrânia que passaram por essa tragédia têm hoje a nossa idade e não podem ter filhos, nunca vão conseguir, porque elas têm câncer. Além disso, elas têm problemas de pele e seus olhos sangram... Eu vi tudo isto numa reportagem.” (Aluno 31 C)*

Em outro momento da intervenção realizamos um trabalho de campo numa usina hidroelétrica (UHE) de grande porte do Estado de São Paulo – potência instalada de 132 MW e reservatório de 132 km<sup>2</sup> – com a presença de 33 alunos da turma B. Na UHE os estudantes, divididos em pequenos grupos, receberam um roteiro de coleta e registro de diferentes dados que, posteriormente, seriam explorados em sala de aula. Após as atividades realizadas na UHE, e já em sala de aula, os estudantes responderam a questão: O que podemos dizer a respeito do local visitado? Você acha que a usina e a barragem modificaram de alguma forma a natureza e o modo de vida de algumas pessoas?

Dos trinta e um estudantes que participaram desta atividade em sala de aula, dois indicaram que não perceberam nenhuma modificação provocada pela construção da usina hidroelétrica visitada:

*“O fato de haver uma hidroelétrica sustentada pelo rio não muda o meio ambiente.” (Aluno 11 B)*

*“Achei muito interessante a usina e acho que ela não muda o meio ambiente.” (Aluno 20 B)*

No quadro 2, sistematizamos as respostas dos alunos que associaram pelo menos um problema nessa questão. Dentre os que reconheciam modificações, destaca-se o grande número de estudantes (vinte e oito ou 90% da turma) que relacionam impactos ambientais associados a esta modalidade de produção de energia elétrica.



**Quadro 2:** Principais problemas associados por estudantes da turma B à construção de uma usina hidroelétrica

Problemas apontados	Número de indicações*		Exemplo
	Abs**	%***	
Modificações Ambientais	28	90%	“(…) a barragem provoca a morte de árvores e dificulta o fenômeno da piracema.” (Aluno 23 B)
Modificações Sociais	04	13%	“(…) <i>algumas mudanças estão ligadas ao fato do desalojamento da população nativa das margens do rio.</i> ” (Aluno 7 B)
Manejo e conservação da represa	04	13%	“ <i>Eu acho que a pesca predatória, mesmo proibida, acontece na região.</i> ” (Aluno 8 B)

\* As respostas dos alunos podem estar classificadas em mais de um agrupamento.

\*\*Número absoluto de alunos

\*\*\* Porcentagem em relação ao total de 31 alunos.

No agrupamento “modificações sociais” estão os dados que relacionam modificações de ordem social ligadas à usina hidrelétrica, tais como os decorrentes da expulsão de moradores na área das terras alagadas pela barragem da usina.

No agrupamento “manejo e conservação da represa”, estão as respostas dos estudantes que observaram uma possível pesca predatória no lago formado pela usina. Vários estudantes que estiveram em contato com os técnicos da usina obtiveram a informação de que a pesca predatória é proibida no lago formado pela barragem.

Outros dados que obtivemos apontam que alguns estudantes reconhecem modificações associadas à construção de usinas hidroelétricas, porém amenizam seus efeitos. Exemplos:

*“Eu acho que a usina e a barragem modificaram algumas coisas, mas não para prejudicar a ninguém e sim beneficiar a todos com a energia elétrica.”* (Aluno 16 B)

*“Eu acho que a natureza é um pouco modificada sim, mas se não fosse não teríamos energia.”* (Aluno 26 B)

*“A usina e a barragem, de alguma forma, sempre modificam a natureza. Porém, essas mudanças são para o bem-estar das próprias pessoas.”* (Aluno 32 B)



Podemos notar que a maior parte destes estudantes tenta contrapor um problema, mesmo de natureza ambiental, com um benefício muito imediato, ou seja, a produção de eletricidade.

Dando continuidade à análise dos dados, na penúltima atividade desenvolvida durante a intervenção, apresentamos um texto que trabalhava, de modo mais sistematizado, alguns dos impactos que a produção de energia elétrica em larga escala pode provocar. Para esta atividade, estavam presentes noventa e quatro estudantes, sendo trinta e três da turma A, trinta e dois da turma B e vinte e nove da turma C. Para esse texto formulamos a seguinte questão: “Em sua opinião existe alguma forma de produzir energia elétrica em larga escala que não provoque impactos ambientais e/ou sociais? Explique.” Os dados relativos à questão mencionada estão sistematizados no quadro 3.

**Quadro 3:** Indicações dos alunos sobre a possibilidade de existir algum gerador de energia elétrica em larga escala que não causasse impactos ambientais ou sociais

Grupo	N.º absoluto de indicações			%*			Exemplos
	Turma A	Turma B	Turma C	Turma A	Turma B	Turma C	
Não existe	26	21	22	79%	66%	76%	<i>“Não. Toda a forma de construção de usinas acaba causando problemas ambientais ou sociais. Toda a forma de produção de energia tem um aspecto positivo e outro negativo (que está ligado ao meio ambiente ou a população).”</i> (Aluno 4 C)
Sim, existe.	7	11	07	21%	34%	24%	<i>“Sim. O sistema eólico. Neste tipo de produção não afetamos os meios ambiental e social de um determinado lugar, pois usamos energia do vento como combustível.”</i> (Aluno 20 A)

\* Porcentagem em relação ao número de alunos presentes em cada sala



A maior parte dos estudantes (73% do total) não reconheceu a existência de alguma forma de produção de energia elétrica que fosse isenta de prejuízos aos sistemas naturais e/ou sociais. Entretanto, alguns estudantes indicaram que a produção de energia elétrica a partir dos geradores eólicos e fotovoltaicos não provoca impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

É interessante mencionar que os estudantes tiveram informações orientadas pelo professor que levavam à compreensão de que qualquer dispositivo tecnológico interfere nas complexas interações entre o homem e a natureza. Segundo Reis e Silveira (2000), qualquer forma de tecnologia utilizada para a geração de energia possui algum nível de efeito negativo sobre o meio ambiente.

Se por um lado é possível apontar a ausência de uma discussão mais profunda na intervenção sobre os processos de geração de energia elétrica através de sistemas eólicos e fotovoltaicos, por outro é interessante perceber que alguns estudantes estão atentos ao fato de que algumas formas de produzir energia elétrica em larga escala estão diretamente associadas a níveis menores de impactos ambientais.

Outrossim, vale ressaltar que esse posicionamento dos estudantes exigiu do professor da disciplina um trabalho mais consistente com aspectos conceituais relacionados à Física Moderna. Isto aconteceu pelo fato de que muitas dessas novas tecnologias - células fotovoltaicas, por exemplo – envolvem conhecimentos produzidos no campo teórico da Física Moderna.

### **Considerações Finais**

Podemos inferir que a maioria das atividades de ensino de Física que os estudantes do Ensino Médio tomam contato na escola é caracterizada por uma lógica que privilegia o raciocínio abstrato e matemático e está muito mais voltada para a apresentação do produto final da Ciência, ao invés de seu processo de construção. Essa situação não privilegia o reconhecimento, por parte dos estudantes, dos aspectos controversos relacionados à Ciência e à Tecnologia. Segundo Levinson (2001) nossos estudantes precisam ser equipados com conhecimentos que os habilitem a participar ativamente das decisões tomadas na sociedade, e estas envolvem, na maioria das vezes, posicionamentos que devem ser decididos a partir da análise de situações que apresentam controvérsias de diferentes naturezas.

Os dados sistematizados e analisados permitem-nos afirmar que, de maneira



geral, a maioria dos estudantes do Ensino Médio que participaram dessa pesquisa reconhece uma articulação entre a produção de energia elétrica em larga escala e alguns impactos negativos sobre o meio ambiente. Chamou nossa atenção o fato de que alguns argumentos utilizados por eles, para justificar as posições tomadas em relação aos níveis de impactos ambientais que devem ser aceitos pela sociedade, são construídos a partir da lógica do catastrofismo. O fato de que o planeta pode simplesmente ser destruído, parece ser visto como uma possibilidade de que o outro seja sensibilizado pelo temor da morte e do imponderável. Esta parece ser também a razão para a utilização de argumentos não científicos em suas considerações sobre impactos ambientais como, por exemplo, argumentos de cunho religioso e/ou místico que acabam por levar à sacralização da natureza.

Nessa direção, é importante observar que o tratamento de temas de natureza controversa em sala de aula propicia um ambiente no qual emergem discursos articulados com conhecimentos de outra natureza, além dos propriamente científicos. Percebemos que alguns estudantes lançaram mão de argumentos baseados em conhecimentos de natureza diversa para justificar seus posicionamentos frente a uma dada situação. Esses dados empíricos corroboram a perspectiva apontada por Bridges (1986) no qual observa que um trabalho educativo voltado apenas aos aspectos conceituais da Ciência é insuficiente para abordar a complexidade dos problemas ambientais. Segundo esse pesquisador os temas controversos só podem ser explorados no ensino de Ciências Naturais a partir de um olhar que considere a articulação entre os aspectos conceituais e aqueles que envolvem as crenças religiosas, os posicionamentos políticos e os diferentes posicionamentos em termos de valores dos atores envolvidos em discussões desta natureza.

O tratamento, ou não, da dimensão valorativa e política em atividades de ensino de Ciências Naturais, articulada com o diálogo entre diferentes formas de conhecimento depende, fundamentalmente, do entendimento do lugar, da importância, da necessidade, da possibilidade do trabalho com o conhecimento científico na escola de nível médio. Nesse sentido, é que se faz necessária a compreensão dos processos de constituição do currículo escolar. Segundo Lopes (1999), o currículo é um campo de políticas culturais, de acordos e conflitos em torno da legitimação de determinados conhecimentos. Para a autora, o conhecimento veiculado na escola passa por um processo de seleção cultural de caráter ideológico e arbitrário e depende, essencialmente, do que se considera como conhecimento relevante. Logo, o conhecimento propagado na escola, ora denominado de conhecimento escolar, é



definido em relação aos demais conhecimentos sociais, seja o conhecimento científico ou o conhecimento de alguma outra natureza.

Enfim, Lopes (1999), apoiada na interpretação pluralista e descontínuista de cultura, admite a possibilidade de tratar nas aulas de Ciências Naturais conhecimentos de outras naturezas articulados com o conhecimento científico. Nessa perspectiva, não há conhecimentos melhores ou piores, mas, essencialmente, conhecimentos diferentes, que possuem racionalidades distintas e que devem ser aplicados em realidades igualmente distintas.

A partir dessa perspectiva, visualizamos que o grande desafio que a escola deve enfrentar é o de compreender a multiplicidade da cultura e dos conhecimentos e como se movem e se interpenetram essas categorias, evitando interpretar as divisões sociais da cultura e do conhecimento como campos estanques, absolutamente independentes, cuja interpretação se encerra na divisão social do trabalho.

Outro aspecto relevante e interessante do trabalho que realizamos está diretamente ligado ao fato de observarmos que os temas controversos podem ser um dos caminhos instigantes para abordar aspectos da temática ambiental em aulas de Física. A entrada nesses temas parece dar-se justamente pela abordagem crítica de algumas implicações negativas, diretas ou indiretas, associadas à interferência do homem na natureza através de equipamentos tecnológicos. No entanto, a possibilidade de atentar-se para aspectos da temática ambiental tendo em vista os temas controversos nos possibilitou ir além de discussões baseadas apenas em conhecimentos relacionados com a Ciência e a Tecnologia e, assim, evitar algumas tendências que apostam na possibilidade de que Ciência e Tecnologia possam resolver, sozinhas, muitos aspectos da crise ambiental.

Nesse sentido, mais do que os benefícios associados à atividade científica e tecnológica espera-se que o professor de Física possa tratar de alguns dilemas éticos, políticos, sociais, culturais e ambientais e que acompanham as conseqüências decorrentes da aplicação de certas tecnologias.

Também entendemos como bastante significativa a experiência mostrando que o tratamento de questões controversas leva, mesmo quando a discussão está centrada em aspectos mais conceituais, à possibilidades ou oportunidades de explorar conteúdos da Física que ainda não têm sido incorporados em atividades de ensino de Física pela Escola básica. Essa foi a nossa experiência nesse trabalho, quando ao



discutir com os alunos aspectos da produção de energia elétrica por meio de sistemas eólicos e fotovoltaicos recorreremos a conteúdos da Física Moderna.

Por fim, vale ressaltar que a partir da concepção de Ciência exigida pela apresentação e discussão da temática ambiental, somos levados a repensar e a reaprender o mundo, ou seja, a temática ambiental traz questionamentos profundos sobre os fundamentos da nossa racionalidade científica. Esse posicionamento em relação ao conhecimento do mundo nos coloca frente à complexidade da realidade e à complexidade ambiental. Nosso esforço de apreender esta realidade complexa abre novas vias de relacionamento do ser com o objeto e nos leva ao diálogo de saberes.

Para Leff (2002) a complexidade ambiental exige a formulação de um saber ambiental que incorpore e explicita valores e posicionamentos políticos, abrindo um espaço para o encontro entre o racional, a ética e a política como resposta para a crise ambiental. Nesse sentido, o pensamento da complexidade e o saber ambiental integram e articulam a incerteza, a irracionalidade, a indeterminação e a possibilidade no campo do conhecimento. É a partir dessa aceção que entendemos que as controvérsias relacionadas com as implicações sociais e ambientais da Ciência e da Tecnologia apresentam um grande potencial para explicitarmos a complexidade inerente à realidade, sobretudo em aulas de Física. É ainda por meio dos nossos esforços de compreender e apreender o real complexo que se faz necessário o diálogo de saberes.

### Referências Bibliográficas

- André, M.E.D.A. (1998). *Desafios da pesquisa sobre a prática pedagógica*. Conferência apresentada no “V Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino” Lindóia-SP, Brasil.
- Braga, M. (2000). *A nova Paidéia: Ciência e educação na construção da modernidade*. Rio de Janeiro: E-papers.
- Bridges, D. (1986). Dealing with controversy in the curriculum: a philosophical perspective. In Wellington, J. J. (Ed.), *Controversial issues in the curriculum* (pp. 19-38). Oxford: Basil Blackwell.
- Brundtland Report (1987). *Our common future*. New York, Oxford University Press.
- Carvalho, L.M. (1998). *Natureza da ciência, temática ambiental e o ensino das ciências naturais: o futuro professor de biologia – seus projetos e suas práticas*. Rio Claro – SP: Universidade do Estado de São Paulo. [Relatório de Pesquisa de



pós-doutorado, documento policopiado].

- Carvalho, L.M. (2005). A temática ambiental e o ensino de biologia: compreender, valorizar e defender a vida. In M. Marandino, S. E. Selles, M. Serra & A. C. Amorim (Eds.), *Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa* (pp. 85-99). Niterói: EDuff.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2001) *Research methods in education*. London: RoutledgeFalmer.
- Cruz, S.M.S.C.S, & Zylbersztajn, A. (2001). O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In M. Pietrocola (Ed.), *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora* (pp. 9-32). Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Gallagher, J.J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.
- Gayford, C., Dillon, J., & Scott, W. (2002). Controversial environmental issues: a case study for the professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, 24, 1191-1200.
- Lederman, H.G. (1992). Students' and teachers' conception of the nature of science: A review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359.
- Leff, H. (2002). *Epistemologia Ambiental*. São Paulo: Cortez.
- Levinson, R. (2001). Science or humanities: who should teach controversial issues in science? *Proposições*, 12.
- Lopes, A.C. (1999). *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: Eduerj.
- Mattews, M.R. (1994). História, filosofia y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- Megid Neto, J., & Pacheco, D. (1998). Pesquisas sobre o ensino de física do 2º grau no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In R. Nardi (Ed.), *Pesquisa em Ensino de Física* (pp.5-20). São Paulo: Escrituras Editora.
- Miller, J.D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112 (2), 29-48.
- Peduzzi, L.O.Q. (2001). Sobre a utilização didática da história da ciência. In M. Pietrocola (Ed.), *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora* (pp.151-170). Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina.

- Pietrocola, M. (2001). Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In M. Pietrocola (Ed.), *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora* (pp. 9-32). Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Reis, L.B., & Silveira, S. (2000). *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução de uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Edusp.
- Reis, P.R. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina Ciências da Terra e da Vida*. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [Tese doutoramento, documento policopiado].
- Silva, L. F. (2001). *A temática ambiental e o ensino de física na escola média: A produção de energia elétrica em larga escala como um tema controverso*. Araraquara-SP: Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara-UNESP. [Dissertação de Mestrado, documento policopiado].
- Silva, L. F. (2006). *A incorporação da temática ambiental pelo professor-estagiário de física*. Conferência apresentada no “I Colóquio de Pesquisa em Temas Controversos, Conhecimentos e Educação”. Rio Claro-SP: UNESP.
- Silva, L.F., & Carvalho, L.M. (2002a). A temática ambiental e o ensino de física na escola média: algumas possibilidades de desenvolver o tema produção de energia elétrica em larga escala em uma situação de ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(3), 342-352.
- Silva, L.F., & Carvalho, L.M. (2002b). *A compreensão dos alunos do ensino médio quanto ao tema produção de energia elétrica em larga escala*. Conferência apresentada no “VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física”. Águas de Lindóia-SP.
- Silva, L.F., & Carvalho, L.M. (2004). *A temática ambiental e o ensino de física na escola média: avaliação do posicionamento dos alunos em relação a aspectos controversos*. Conferência apresentada no “IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física”. Jaboticatubas-MG.
- Silva, L.F., & Carvalho, L.M. (2006). *O ensino de física e a temática ambiental: a produção de energia elétrica em larga escala como um tema controverso*. Conferência apresentada no “X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física”. Londrina-PR.
- Wellington, J. J. (1986). The nuclear issue in the curriculum and the classroom. In J. J. Wellington (Ed.), *Controversial issues in the curriculum* (pp.149-171). Oxford: Basil Blackwell.