

LUCIANO FERNANDES SILVA

**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

2001

LUCIANO FERNANDES SILVA

**A Temática Ambiental e o Ensino de Física na escola média :
a produção de energia elétrica em larga escala como um tema
controverso**

Dissertação de Mestrado apresentada
à Faculdade de Ciências e Letras de
Araraquara, como requisito para
obtenção do título de mestre em
educação escolar.

Orientador: **Prof. Dr. Luiz Marcelo de Carvalho**

Co-orientador: **Prof. Dr. Edson do Carmo Inforsato**

Araraquara – SP

2001

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Luiz Marcelo de Carvalho pela objetividade, interesse na orientação e por todos os momentos em que soube ser exigente, apostando que eu podia dar mais de mim mesmo.

Ao Prof. Dr. Edson do Carmo Inforsato, mestre e amigo de todas as horas, por sua valiosa acolhida, amizade e confiança depositada. Agradeço também a disponibilidade para a troca de idéias e as ricas sugestões oferecidas.

Ao Prof. Dr. Eugênio Maria de França Ramos, pela leitura minuciosa do trabalho e ricas sugestões.

Ao Prof. Dr. Mauro, por ter contribuído decisivamente para o início desta história.

Aos valiosos companheiros do grupo de estudos “A Temática Ambiental e o Processo Educativo” Bernadette, Dalva, Heloisa, Kátia, Edilson, Pitch e Junior pelas críticas e estudos realizados.

Às funcionárias da secretaria da pós-graduação pelo excelente atendimento e ao Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar de Araraquara.

Aos inúmeros companheiros de pós-graduação....a luta continua!

Aos colegas do Grupo de Estudos em Educação Ambiental da UFUSCar, pela oportunidade de participar de conversas tão férteis.

Aos amigos do IB de Rio Claro em especial à Sueli, Zezé, Luiz Carlos, Rosa e Carboni pela acolhida calorosa.

Aos companheiros e amigos da *EESG Léa Freitas Monteiro*, pelo incentivo oferecido.

Agradeço em especial à Gisele, minha companheira de todas as horas. São incontáveis as horas de lazer que foram transformadas em momentos de intenso trabalho e reflexão...

Finalmente agradeço a todos que não participaram diretamente do trabalho, mas as suas existências encorajaram a minha caminhada.

Aos meus irmãos Ana Lucia e Cristian, pela nossa mútua admiração.

Aos meus sobrinhos, que possam herdar meu incontestável prazer pelo estudo.

Aos meus pais, Florisvaldo (*in memoriam*) e Elenice...obrigado pela confiança depositada.

Resumo :

Diversos setores organizados da sociedade têm chamado a atenção para as alterações provocadas pelo homem na natureza. Dentre as propostas que buscam amenizar este quadro de degradação ambiental, destacamos aquelas diretamente relacionadas ao processo educativo.

A partir dos conteúdos da Física, normalmente desenvolvidos em aulas do terceiro ano do Ensino Médio das escolas públicas, elaboramos uma proposta de ensino no qual estavam presentes os principais elementos das discussões que ocorrem nos meios técnicos e acadêmicos sobre produção de energia elétrica em larga escala e seus benefícios e impactos nos meios social e ambiental.

Desta forma, este trabalho teve como um de seus objetivos identificar e analisar as possibilidades e limites para o desenvolvimento de atividades de ensino que considerem temas controversos da ciências naturais. Procuramos ainda caracterizar o envolvimento, a participação e o posicionamento dos alunos do ensino médio em atividades educativas que considerem temas polêmicos ou controversos relacionados a produção de energia elétrica em larga escala.

Realizamos esta pesquisa sob a forma de uma intervenção em sala de aula a partir de um plano de ensino previamente elaborado. Três turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da Diretoria de Ensino de Araraquara, durante o ano letivo de 2000, foram envolvidas no trabalho.

A análise dos dados revela que a maioria dos alunos não reconhecem, de imediato, temas controversos diretamente relacionados a produção de energia elétrica em larga escala.

Durante as atividades de ensino, os alunos posicionam-se de diferentes formas quanto a administração do conflito entre os benefícios e prejuízos oferecidos pela produção de energia elétrica em larga escala. Identificamos três grupos em especial: alunos que reconhecem os prejuízos advindos desta produção, mas que amenizam seus efeitos mediante os benefícios oferecidos por esta tecnologia; alunos que reconhecem os prejuízos advindos da produção da energia elétrica, mas sua argumentação é alarmista e catastrófica; finalmente encontramos alunos que reconhecem os prejuízos advindos da produção desta

energia e procuram, de certa forma, administrar o conflito.

Percebemos, através destas atividades de ensino, que alguns obstáculos podem interferir na condução de trabalhos com este enfoque; entre estes podemos citar os currículos que oferecem poucas oportunidades de novas abordagens do conteúdo, a dificuldade em abordar em sala de aula algumas formas de gerar energia elétrica mais complexas e o despreparo do professor para trabalhar com temas controversos da ciência.

Abstrat

Various organized sectors of the society have brought people's attention to the man-caused nature changes. Within the proposals that search for decreasing this state of environmental degradation, we emphasized those directly related to the educational process.

From the Physics contents, usually taught at Public High Schools, we prepared an educational proposal, in which the main subjects about large production of electric energy discussed by technicians and academicians and its benefit and harm are present.

Thus, this essay aim was to identify and to analyze the limits and the possibilities for developing activities that consider controversial subjects of Natural Sciences. We also tried to sketch the high school students interest, opinion and involvement in the activities about controversial subjects related to large production of electric energy.

These activities were made as an intervention at classrooms based on an educational project previously prepared. Three 2000 Public High School groups from Araraquara Educational Precinct were involved in this project.

The data analysis showed that most part of the students did not recognize, at first, controversial subjects directly related to large production of electric energy.

During the educational activities, the students had different opinions about managing the conflicts between benefit and harm caused by large production of electric energy. We identified three special groups: those who recognized the production harm, but decreased its effects due to the benefits provided; those who recognized the production harm, but whose arguments were alarmist and catastrophic; and, finally, those who recognized the production harm, but tried to manage the conflicts in a certain way.

From these educational activities, we realized that some obstacles – as a curriculum that offers few opportunities of dealing with these contents, difficulties in discussing some complicated ways of producing electric energy and teachers badly prepared to work with controversial subjects of Science – can interfere with this kind of project development.

Descriptors : 1. Educação - Brasil – 2. Ensino de Ciências – 3. Educação Ambiental

1. JUSTIFICATIVA E A PROPOSTA DA PESQUISA

1.1 – Introdução

Uma das características marcantes dos tempos atuais é a velocidade com que ocorrem novas conquistas no campo dos conhecimentos científicos e da tecnologia. Conhecimentos e técnicas que permitem ao homem modificar, em um curto intervalo de tempo, o meio em que vive, comunicar-se, estando em qualquer parte do mundo, e realizar façanhas como a clonagem de um animal.

As mais variadas formas de utilização destes diferentes produtos da ciência e da tecnologia, de um modo ou de outro, acabam influenciando, e até mesmo determinando mudanças significativas nos costumes e modos de vida dos diferentes povos. Estas mudanças, muitas vezes, resultam em ganhos e perdas para a sociedade. No entanto, é muito comum encontrarmos aqueles que enfatizam as conseqüências danosas das aplicações da ciência identificando e relacionando a ciência e seus produtos somente com o absolutamente negativo e vulgar.

Segundo Rossi (1992), podemos encontrar facilmente nos dias atuais pessoas que promovem uma revolta neo-romântica contra a ciência e a todo tipo de conhecimento científico e racional do mundo. Porém, o autor também destaca que muitas destas críticas são confundidas com uma postura revolucionária, na qual uma análise racional do mundo é substituída por um discurso filosófico global, que fala em geral da ciência, da técnica e da indústria. Para ele, os críticos da ciência moderna equivocaram-se ao considerar que,

A redução da ciência à prática reificada, a sua progressiva instrumentalização e tecnização, não dependem do modo de produção capitalista ou da cisão entre o trabalho manual e trabalho intelectual, mas são internas à ciência, dependem da própria ciência, são conseqüência direta de seus métodos teóricos e de suas estruturas lógicas. (ROSSI, 1992, p.22)

O caminho da recusa da ciência é, como bem aponta Rossi (1992),

(...) apenas o signo de um desejo de autodestruição, de um impulso cego para eliminar a própria história, de uma fuga das escolhas e das responsabilidades do mundo real. (ROSSI, 1992, p. 26)

A ciência não é uma ilusão, mas um produto cultural da humanidade. O trabalho científico procura aprender algo sobre a realidade do universo e, mediante isso, pode tornar-se um instrumento poderoso de transformação da realidade próxima.

Enquanto produto da cultura humana, o conhecimento científico deve ser difundido e compreendido; uma das possibilidades da difusão deste saber é através da educação formal. De acordo com Amaral (1996), cabe à educação a formação do cidadão crítico e autônomo, capaz de compreender o mundo em que vive e apto a escolher os seus próprios caminhos, ora adaptando-se, ora transformando a realidade. Cabe ao ensino das ciências naturais, em específico, sua parcela de responsabilidade nessa empreitada, ajustando suas metas específicas a esta.

Além disso, o entendimento e a compreensão do fato de que o conhecimento sistematizado pelas ciências naturais influenciou significativamente os rumos da história humana, leva-nos ao entendimento de que a compreensão da atividade científica, através do processo educativo, é indispensável para ações conscientes dos indivíduos na transformação da sociedade em que vivem. Transformação, no sentido de um trabalho realizado por indivíduos criativos e conscientes do seu contexto, que almejam e lutam por uma sociedade mais justa e ética nas relações sociais e com a natureza.

O conhecimento científico permite instrumentalizar os indivíduos para que, entre outros objetivos, compreendam o mundo natural, sem perder de vista que os modelos propostos pela ciência são “construções humanas” (KNELLER, 1980) realizadas em um contexto histórico e sujeitos a interferências econômicas, sociais e políticas. Este é um instrumento indispensável para o indivíduo transformar a realidade segundo as necessidades e os interesses coletivos de toda a sociedade.

Entretanto, temos observado que, de maneira geral, os diversos conteúdos curriculares das ciências naturais que têm sido selecionados, assim como a forma que vêm sendo trabalhados em sala de aula, não têm oferecido aos alunos instrumentos para que associem os conhecimentos sistematizados com os debates técnicos e acadêmicos. Estes, muitas vezes, só podem ser compreendidos dentro de um contexto amplo, no qual estejam presentes alguns aspectos sociais, ambientais, econômicos, éticos, estéticos e políticos.

A experiência como aluno do curso de Licenciatura em Física talvez tenha sido a primeira oportunidade de não experimentar, mas sim compreender as conseqüências de abordagens de ensino mais limitadas aos aspectos conceituais. Nas disciplinas obrigatórias daquele curso, havia uma nítida hegemonia destes aspectos e houve poucas possibilidades de trabalharmos outros, como por exemplo, os históricos ou sociais.

Bastos (1998), em sua tese de doutoramento, observou que o ensino dos conteúdos sistematizados das ciências naturais fica, quase sempre, limitado ao estudo dos aspectos conceituais. Conforme o autor,

Em geral, tanto nas escolas de 1^o e 2^o graus como nas universidades, o ensino de disciplinas da área científica tem enfatizado (a) antes o produto final da atividade científica e não os processos pelo quais os conhecimentos são produzidos e (b) antes a quantidade de informações apresentadas durante o período letivo e não a profundidade com que se examinam os princípios teóricos fundamentais que compõem o corpo de conhecimentos do campo de saber específico. (BASTOS, 1998, p. 41)

Para Krasilchik (1987), o recurso à memorização excessiva de muitos conceitos tem levado a ciência a ser ensinada como se fosse uma coleção de fatos, descrições de fenômenos e enunciados de teorias a decorar. Os alunos não discutem, na maioria das vezes, as causas dos fenômenos e os mecanismos dos processos que estão estudando. De acordo com a autora,

(...) para muitos alunos, aprender Ciências é decorar um conjunto de nomes, fórmulas, descrições de instrumentos ou substâncias, enunciados de leis. Como resultado, o que poderia ser uma experiência intelectual estimulante passa a ser um processo doloroso que chega até a causar aversão. (KRASILCHIK, 1987, p. 41)

De acordo com Megid Neto e Pacheco (1998), poucas mudanças significativas ocorreram na maneira como o ensino de Ciências, e em particular o de Física, tem sido

realizado ao longo do século XX. A disciplina Física, introduzida no currículo escolar brasileiro em 1837,

(...) tem guardado mais ou menos as mesmas características. Um ensino calcado na transmissão de informações através de aulas quase sempre expositivas, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade. Um ensino voltado primordialmente para a preparação aos exames vestibulares, suportado pelo uso indiscriminado do livro didático ou materiais assemelhados e pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos. Um ensino que apresenta a Física como uma ciência compartimentada, segmentada, pronta, acabada, imutável. (MEGID NETO; PACHECO, 1998, p. 06-07)

Além disso, Silva e Saad (1998) observaram que o professor de Física tem, na maioria das vezes, o livro didático ou manuais de ensino como principal instrumento didático. Muitas vezes o professor segue exatamente o conteúdo desenvolvido pelo livro, usando-o como única referência para dirigir suas aulas expositivas. Porém, a maioria dos manuais de ensino de Física não sugerem nenhuma atividade educativa relevante ligada a grandes debates acerca do significado do conhecimento científico para a nossa sociedade.

Para Monteiro e Medeiros (1998), muitas pesquisas em ensino vêm apontando que os manuais de ensino de Física exibem uma tendência reducionista e, ao mesmo tempo, distorcida na apresentação dos diversos conteúdos da Física clássica e moderna. Para exemplificar, queremos apontar para a maneira como vem sendo trabalhado o tema energia nuclear nos manuais de ensino de Física. Quando o tema é abordado, fica restrito a poucas e rápidas informações, ou seja, pequenas notas que indicam sua aplicação na produção de energia elétrica e armas bélicas, ou informações técnicas que relatam ser a fissão (quebra) do núcleo atômico a causa da produção desta energia.

Uma vez que os manuais didáticos têm, de maneira geral, definido o conteúdo e os procedimentos de trabalho do professor, é muito possível que a maioria dos docentes não estejam incorporando outros elementos na prática educativa, além daqueles sugeridos pelo livro didático.

Práticas educativas direcionadas exclusivamente aos aspectos conceituais ou à linguagem matemática para expressar determinado conceito, dificultam o estabelecimento pelos alunos de conexões entre os temas científicos e outros, como por exemplo, os ambientais, históricos, sociais, econômicos e políticos. Estas práticas chegam mesmo a descaracterizar a atividade científica de seus aspectos humanos e isto é ainda reforçado quando o professor sugere a existência de leis imutáveis na natureza que foram “descobertas” por grandes cientistas.

Agora, como professor efetivo de Física de uma escola pública de Ensino Médio em Araraquara – SP, onde trabalhamos especificadamente com turmas do terceiro ano, temos observado que procedimentos educativos direcionados exclusivamente aos aspectos conceituais ou à linguagem matemática são comuns em aulas de Física, e nas aulas de ciências da natureza em geral.

Entretanto, fora do ambiente escolar, os alunos encontram um mundo cada vez mais rico em fontes variadas de informações sobre temas científicos, sendo muitas destas, sem dúvida alguma, distorcidas. Observamos ainda que as dimensões éticas, estéticas, políticas, ambientais, sociais e econômicas relacionadas aos diversos aspectos do conhecimento não são, de maneira geral, apresentadas ou veiculadas pelos meios de comunicação. Levinson (2001) observa que na Inglaterra alguns meios de comunicação (jornais) vêm dando ênfase ao desenvolvimento da ciência biomédica e da biotecnologia. Porém, não existem comentários, nem mesmo pequenas notas ou títulos, que reportem o leitor às inúmeras implicações éticas decorrentes das diferentes utilizações do produto destas ciências.

Atualmente, vários são os temas veiculados pela mídia com os quais o professor de Ciências se confronta em sala de aula, como; a clonagem de animais, os alimentos modificados geneticamente, os efeitos nocivos da radiação ultravioleta, a crise mundial no abastecimento de água, o efeito estufa, testes nucleares, chuva ácida, extinção de espécies e a biodiversidade entre outros. Estes temas muitas vezes aparecem de forma simplificada e grosseira, passando até mesmo a imagem de algo muito distante de nossas vidas.

Podemos dizer, neste momento, que a maioria dos manuais de Física, assim como as atividades educativas voltadas exclusivamente aos aspectos conceituais da ciência, pouco têm contribuído para que se incorporem na atividade educativa outros aspectos, como os históricos, sociais e ambientais. Esta tendência contrapõe-se a

algumas sugestões oferecidas por autores que defendem a incorporação de tais aspectos na atividade educativa com temas das ciências naturais.

Para Matthews (1994) e Carvalho (1998), a exploração nas aulas de ciências naturais de aspectos sociais, ambientais, éticos, econômicos ou políticos relacionados aos produtos e processos do conhecimento científico contribui para auxiliar os alunos a compreenderem conteúdos que vêm sendo, muitas vezes, transmitidos de modo “frio” e abstrato.

1.1.1 - O tema eletricidade e o terceiro ano do Ensino Médio

Em 1986, o governo do Estado de São Paulo, juntamente com professores da rede pública e pesquisadores das universidades paulistas, elaboraram uma proposta curricular para subsidiar a ação docente. Neste documento é proposta uma forma de organização e seriação dos conteúdos para o ensino de Física na escola média. Esta proposta, em sua terceira edição, sugere que, no terceiro ano do Ensino Médio (SÃO PAULO, 1992), o trabalho educativo na disciplina Física esteja voltado para temas com o conteúdo eletricidade.

Dentre as diferentes sugestões de trabalho apontadas por este texto, destaca-se a possibilidade de desenvolver o ensino de Física considerando-se a questão da tecnologia. De acordo com a proposta curricular paulista,

O desenvolvimento tecnológico, possibilitando o enfrentamento de inúmeros problemas da humanidade e, ao mesmo tempo, criando problemas inéditos, constitui uma das marcas mais fortes do mundo contemporâneo. (SÃO PAULO, 1992, p.23)

A proposta sugere que o aluno só poderá conceber esta análise a partir de uma síntese por ele elaborada na qual estejam contextualizadas condicionantes históricos, políticos, sociais e econômicos.

Dentre os objetivos apresentados pela proposta curricular para o ensino de Física do Estado de São Paulo, podemos destacar,

Analisar as várias formas de produção de energia elétrica em função de parâmetros como: custos, benefícios e impactos sobre o meio ambiente. (SÃO PAULO, 1992 - p.36)

Além destas propostas curriculares elaboradas pelo governo paulista, foram apresentados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), em 1999, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Os PCNEM foram desenvolvidos com a intenção de serem um material de apoio ao professor do Ensino Médio, e, conforme o próprio documento afirma, foram elaborados tendo como um dos parâmetros as propostas curriculares existentes nos diversos estados brasileiros.

Muitas críticas foram apresentadas ao modo como os parâmetros curriculares vêm sendo elaborados e também a um intrínseco projeto neoliberal presente em sua concepção - Cunha (1996), Amaral (1996) e Moreira (1997). Não nos deteremos nestas críticas, neste momento, pois consideramos que estes posicionamentos não anulam pontos relevantes abordados pelos PCNEM.

Os PCNEM estão divididos em três grandes temas: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias; Ciências Humanas e suas tecnologias; Linguagens, Códigos e suas tecnologias.

No que diz respeito ao tema Ciências da Natureza, o documento afirma que:

Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto significa, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional. (BRASIL, 1999 – p. 6)

Ou seja, há uma indicação sobre a possibilidade de que no Ensino Médio o aluno adquira instrumentos ou “competências e habilidades” para avaliar os riscos e benefícios em processos tecnológicos.

Esse é um dos aspectos que tem sido apresentado por diferentes autores, dentre estes, Matthews (1994) e Osborne (1998), que estariam relacionados com a possibilidade de abordar em aulas de ciências naturais aspectos relacionados com a natureza da ciência. Segundo Carvalho (1998), o termo “natureza da ciência” vem sendo utilizado para agrupar e identificar vários aspectos ligados ao significado da ciência para a sociedade, além de sua concepção, características filosóficas e aspectos positivos e negativos da aplicação deste conhecimento. Estas dimensões, se incorporadas na atividade educativa, podem tornar mais interessante a tarefa de aprender e ensinar Ciências da Natureza, pois estaríamos lidando com aspectos humanos e, desta forma, com acertos, erros e idealizações embutidas na atividade científica.

1.1.2 - Algumas considerações sobre natureza da Ciência e ensino das ciências naturais

Matthews (1994) aponta que a natureza da Ciência está diretamente ligada a discussões sobre objetividade e mutabilidade dela, possíveis formas de distinguir a Ciência da pseudo-ciência, a evidência e sua relação com a teoria da justificação. Incorporar aspectos da natureza da Ciência em atividades de ensino das ciências naturais significa discutir questões relacionadas aos procedimentos científicos, a explicação, utilização, ética, influência social e organização social da Ciência.

Possivelmente, ao se considerar a natureza da Ciência no ensino de ciências naturais, poderemos tornar os conteúdos de ensino menos frios e, também, menos distantes da nossa realidade. A Física, com que nossos alunos na maioria das vezes trabalham em sala de aula e em manuais de ensino, desde o ciclo básico até o universitário, se resume, muitas vezes, à abordagem dos aspectos conceituais em detrimento de outros aspectos relevantes, tais como os sociais, éticos, estéticos e ambientais.

Segundo Matthews (1994), existe uma conhecida crise no ensino das ciências naturais, expressa em alarmantes índices de analfabetismo científico e na aversão dos estudantes ao conhecimento científico. Para o autor, isto poderia ser revertido a partir de uma abordagem mais humanizada da Ciência,

A história, filosofia e sociologia da ciência não possuem todas as soluções para esta crise, porém possuem algumas respostas:

podem humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; podem fazer as classes mais estimulantes e reflexivas, incrementando assim a capacidade do pensamento crítico; podem contribuir para uma compreensão maior dos conteúdos científicos; podem contribuir um pouco para superar o mar de sem sentidos em que um comentário sobre ciência vem geralmente causando na sala de aula, onde se recitam fórmulas e equações, porém poucos conhecem seu significado; podem melhorar a formação de professores, contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, isto é, um melhor conhecimento da estrutura da ciência e seu lugar no marco intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1994, p.256)

Conforme Osborne (1998), a exploração de aspectos relacionados com a natureza da Ciência não deve ser interpretada como uma atividade desvinculada do ensino de Ciências, ou seja, ser incorporada esporadicamente e de modo estanque. Segundo o autor, incorporar diferentes aspectos da natureza da Ciência no ensino é um requisito fundamental na formação do cidadão, pois podem até contribuir para o desenvolvimento de concepções mais adequadas acerca das características fundamentais da atividade científica, auxiliando os alunos a avançarem no processo de alfabetização.

Mas quais seriam as características mais importantes para se explorar na natureza da Ciência? Dentre estes aspectos eleitos, quais são os que o tema eletricidade permite ilustrar de forma mais clara?

Conforme salientado por Matthews (1994), existem diversas características que podem ser agrupadas tendo como critérios aspectos relacionados à natureza da Ciência. Carvalho (1998) categoriza em seu trabalho os principais aspectos da natureza da Ciência em cinco grandes grupos, a saber: A Ciência entendida como uma atividade humana; Ciência como construção social; A natureza da metodologia científica; *status* do conhecimento científico e os aspectos da aplicação do conhecimento científico.

Dentre todos estes aspectos da natureza da Ciência e das diferentes possibilidades que o tema eletricidade oferece, consideramos aqueles relacionados com as aplicações destes conhecimentos científicos como bastante ricos para a atividade de ensino.

A aplicação do conhecimento científico, materializada através de processos tecnológicos, se dá mediante a interferência do homem na natureza. Entretanto, Kneller (1980) adverte que a tecnologia só começou a fazer uso significativo da Ciência em fins do século XIX. Isto fica mais nítido no caso da energia elétrica, surgida a partir dos estudos científicos de Faraday e Maxwell. Neste caso, em específico, a Ciência procura formular as leis a que a natureza obedece. A tecnologia utiliza essas formulações para criar implementos e aparelhos que façam a natureza obedecer ao homem. Porém, essas interferências causam diferentes modificações e influências na natureza e na sociedade.

Estas diferentes modificações e influências do homem na natureza e na sociedade, mediante a utilização da tecnologia, podem ser caracterizadas de modo positivo ou negativo. Este julgamento porém, não pode ter como base elementos isolados no contexto em que estas experiências ocorrem. Fatores diversos devem ser considerados na tentativa de se evitarem visões reducionistas em relação a estas experiências.

As aplicações do conhecimento científico, mediante a utilização da tecnologia, fazem parte da nossa vida diária. No caso da eletricidade, os diversos eletrodomésticos, aparelhos médicos-hospitalares, equipamentos eletrônicos, máquinas industriais, geradores elétricos estão presentes para, na maioria dos casos, facilitar a vida do homem.

No entanto, a ciência e a tecnologia podem ser entendidas como arena natural dos debates controversos, e muitas de suas aplicações envolvem inúmeros aspectos que não são conscienciosos, mas negociados e, muitas vezes, impostos por grupos mais poderosos.

Levinson (2001) destaca que os mais recentes avanços nas ciências biomédicas e na biotecnologia têm trazido à tona inúmeras questões éticas para a sociedade. Segundo o autor, a maioria destes debates ocorrem nos meios técnicos, acadêmicos e políticos, deixando de serem incorporados pelos currículos de ensino de Ciência. O autor, chama a atenção para o fato de a escola ter que incorporar estas dimensões controversas da Ciência, pois admite que, através dela a maioria da população pode ser esclarecida a respeito de alguns aspectos da produção científica, o que possibilita uma participação efetiva nestes grandes debates.

A exploração de aspectos controversos advindos do avanço do conhecimento humano e de suas possíveis e diversas aplicações também constituem em alternativas ricas para o trabalho em sala de aula relacionado com o tema eletricidade.

1.1.3 – Produção de energia elétrica em larga escala

Podemos enumerar diversas aplicações derivadas do conhecimento sobre eletricidade, desde a geração de energia em pequena e larga escala até as diferentes possibilidades de consumo desta energia nos lares e nos diversos processos industriais.

A partir deste tema, existem diversas possibilidades de avaliar os benefícios e os prejuízos ligados a cada uma dessas aplicações. Dentre estes aspectos polêmicos da aplicação do conhecimento científico, destacam-se os temas vinculados à produção de eletricidade em larga escala e sua relação com benefícios e prejuízos causados aos sistemas humanos e naturais.

Para discutir a produção de energia elétrica em larga escala, a partir da exploração de seu caráter controverso, devemos considerar os aspectos que envolvem o bem-estar social, saúde humana, conforto individual, ganhos econômicos, posicionamentos políticos, éticos, ideológicos e ambientais.

Vem chamando nossa atenção os rumos tomados pelo setor energético brasileiro, em especial, a reforma do setor elétrico empreendida pelo governo de Fernando Henrique Cardoso nos últimos anos e sua comparação com as reformas de outros países. Segundo Rosa et al. (1998), o setor elétrico brasileiro atravessa um intenso contexto de transformações. Diariamente somos informados sobre privatizações no setor, novas maneiras de se obter energia, investimentos em usinas nucleares e termelétricas movidas a gás natural, saturamento do sistema em horários de pico de consumo, aumentos de tarifa, falta de investimento no setor, perigo de blecautes e impacto ambiental que determinada matriz energética pode trazer. Porém, temos observado que o debate e mesmo a análise do que vem ocorrendo no Brasil e no mundo e os motivos de tais mudanças têm ficado muito distantes da sala de aula.

Além disso, já havia sido anunciado por vários setores organizados da sociedade, a partir de dados concretos, o risco eminente de um colapso do fornecimento de energia elétrica. Este processo, que teve como principal causa a política energética implementada pelo governo brasileiro, culminou na publicação em 04 de julho de 2001 da Resolução 22, que estabelece metas de consumo de energia elétrica para todos os setores da sociedade.¹

¹ As discussões polêmicas a respeito das penalidades previstas por esta resolução não estão presentes neste texto, uma vez que nosso trabalho de campo foi realizado no segundo semestre de 2000.

A questão da produção de energia elétrica em larga escala tem um significado bastante relevante no contexto do desenvolvimento econômico e social das sociedades modernas. Praticamente todos os setores da produção industrial do nosso país dependem do fornecimento constante de energia elétrica.

O fornecimento de energia elétrica em larga escala possibilitou aquilo que se costuma chamar de Segunda Revolução Industrial (MAGALHÃES, 2000) a partir de meados do século XIX. Negar a importância deste tipo de energia em nossa sociedade significa negar a própria história.

Além disso, o acesso das diversas populações a este tipo de energia constitui-se atualmente um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento (REIS; SILVEIRA, 2000). Ainda segundo os autores,

A relação consumo energético com a renda tem sido bastante trabalhada e estudada, levando à conclusão de que o acesso a uma determinada quantidade de energia é fundamental para resolver problemas de disparidade e permitir maior facilidade e segurança na busca do desenvolvimento sustentável. (REIS; SILVEIRA, 2000, p. 29)

No caso da produção de energia elétrica em larga escala, o aspecto econômico e social, no que diz respeito aos benefícios, podem ser verificados até com alguma facilidade. Mas além destes, existem também inúmeros outros fatores que devem ser considerados, neste caso, diretamente relacionados a prejuízos dos sistemas naturais e humanos.

É preciso explorar, neste caso, as diversas possibilidades de produção de energia elétrica em larga escala e verificar alguns dos principais impactos sociais e ambientais delas decorrentes. Podemos, por exemplo, analisar os impactos sociais e ambientais das matrizes hidrelétricas, pois para construí-las é necessária uma barragem para formar um grande lago que regularize o fluxo d'água. Este lago é utilizado para movimentar turbinas mecânicas que, em última análise, estão associadas aos geradores elétricos, dispositivos responsáveis pela transformação da energia mecânica em energia elétrica.

Muitos técnicos e cientistas consideram a hidrelétrica a matriz de menor impacto ambiental existente, por não produzir nenhum resíduo na conversão da energia cinética

das águas em eletricidade, o que não ocorre em termelétricas movidas a carvão ou óleo diesel e em usinas atômicas, cujos resíduos são materiais radioativos.

No entanto, a construção de barragens implica diversas transformações de aspectos sociais, ambientais e econômicos da região onde a usina é instalada, com reflexos até mesmo numa esfera global.

Para o desenvolvimento de um trabalho educativo com este tema, a partir da exploração de alguns dos seus aspectos controversos, torna-se necessária, em algum momento do processo de ensino-aprendizagem, a discussão de temas ligados aos aspectos ambientais e sociais.

Neste caso, a exploração destes aspectos deve ser realizada em conjunto com o trabalho dos aspectos conceituais, que são desenvolvidos normalmente pela disciplina Física. Trata-se então de uma proposta de trabalho conjunto e não de um simples complemento curricular.

1.2 – A proposta da pesquisa : A produção da energia elétrica em larga escala como um tema controverso

Embora os aspectos controversos de determinados temas, que são normalmente trabalhados em salas de aula de ciências naturais, possam ser explorados mesmo levando em conta seus aspectos conceituais, a possibilidade de considerarmos outras dimensões destas temáticas ampliam as possibilidades de concretização de uma proposta desta natureza.

No entanto, é importante refletir também sobre a existência de argumentos contrários à discussão de temas controversos na sala de aula. Entre estes, destacamos: o pouco tempo que o professor possui para trabalhar todos os conteúdos curriculares; a visão de que as características éticas e sociais da Ciência não devem fazer parte do currículo; a existência de muitos alunos despreparados, indisciplinados e desmotivados; a falta de materiais didáticos; a falta de estímulo de colegas e diretores; a má formação inicial; a falta de estratégias para se abordarem os temas e formas de avaliar o aluno

Não desconsiderando todas as dificuldades que possam ser levantadas, entendemos que esta proposta, como já foi salientada por Levinson (2001), pode contribuir para que a população seja esclarecida a respeito de alguns aspectos de produção científica. Neste sentido, algumas questões, entendidas como orientadoras desta pesquisa podem ser formuladas:

Quais as possibilidades que o conteúdo “produção de energia elétrica em larga escala” oferece para o desenvolvimento de trabalhos com educação ambiental e a introdução de temas controversos das Ciências Naturais?

Quais os conhecimentos que os alunos do Ensino Médio já têm elaborado sobre produção de energia elétrica em larga escala, quando iniciam o terceiro ano deste nível de ensino?

Os alunos, quando iniciam o terceiro ano do Ensino Médio, reconhecem benefícios e prejuízos advindos de diferentes formas de obtenção de energia elétrica em larga escala?

Quais os posicionamentos dos alunos em relação aos impactos ambientais causados por diferentes processos tecnológicos de geração de energia elétrica em larga escala?

Quais os diferentes posicionamentos dos alunos em relação às questões polêmicas diretamente ligadas à aplicação do conhecimento científico?

Quais as possibilidades e limites que uma proposta como esta oferece para a exploração de temas controversos em aulas de Ciências Naturais?

A partir destas questões orientadoras, podemos descrever os objetivos desta pesquisa.

1.2.1 – OBJETIVOS

Propomos como objetivos desta pesquisa:

- Identificar, a partir de um levantamento bibliográfico, algumas possibilidades que o tema eletricidade e o conteúdo “produção de energia elétrica em larga escala” oferecem para desenvolver trabalhos com educação ambiental e a introdução de temas controversos em aulas do Ensino Médio;
- Verificar o nível de entendimento que os alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública já têm elaborado sobre produção de energia elétrica em larga escala em especial em relação às diferentes formas de produção;
- Avaliar o nível de compreensão dos alunos quanto ao reconhecimento dos benefícios e prejuízos advindos de diferentes formas de obtenção de energia elétrica em larga escala;
- Avaliar o posicionamento dos alunos em relação aos impactos ambientais causados por diferentes processos tecnológicos de geração de energia elétrica em larga escala;
- Identificar e avaliar as dificuldades do desenvolvimento de um trabalho dessa natureza, apontando as possibilidades e os limites que esta proposta oferece para a exploração de temas controversos em aulas de ciências naturais.

1.2.2 – PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

1.2.2.1 – Introdução : A pesquisa qualitativa

Os procedimentos de pesquisa na área das ciências humanas têm se diferenciado em relação aos utilizados na área das ciências naturais. Na área educativa destaca-se o paradigma da pesquisa qualitativa. Alguns autores (BOGDAN; BIKLEN, 1994; TRIVIÑOS, 1992; SANTOS FILHO; GAMBOA, 2000 e ANDRÉ, 1998a) reconhecem que a partir da década de 1980 o paradigma da pesquisa dominante tem sido o de pesquisa qualitativa.

Na área educacional, este método apareceu principalmente como oposição à atitude tradicional positivista que, como menciona Triviños (1992), era aplicada ao estudo das ciências humanas com os mesmos princípios e métodos das ciências naturais. Dessa forma, alguns pesquisadores em Educação começaram a elaborar programas com tendências qualitativas. Bogdan e Biklen (1994) afirmam que a partir dos anos setenta observa-se nos Estados Unidos uma grande procura, por parte dos pesquisadores em Educação, da metodologia qualitativa.

A tarefa de tentar caracterizar a pesquisa qualitativa é, na maioria das vezes, complexa, e esta complexidade leva Bogdan e Biklen (1994) a afirmar que:

(...) aqueles que escolhem um plano de investigação qualitativa têm por vezes uma tarefa difícil ao tentar descrever o que vão fazer antes de iniciar a investigação. Frequentemente, isto cria problemas, especialmente quando aqueles que querem apreciar a proposta não estão familiarizados com o caráter evolutivo do plano qualitativo. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 105)

Ainda segundo estes autores:

Utilizamos a expressão investigação qualitativa como um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados recolhidos são

designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.105)

Os autores acima ainda mencionam que o nome “pesquisa qualitativa” está em discussão, e alguns pesquisadores preferem chamá-la de “investigação de campo” (sociólogos e antropólogos), naturalística ou etnográfica. Há outras denominações que remetem à pesquisa qualitativa, a saber: interacionismo simbólico, perspectiva interior, escola de Chicago, estudo de caso, etnometodologia e descritivo.

Triviños (1992) aponta algumas características básicas para definir uma pesquisa qualitativa;

Em primeiro lugar, esta dificuldade para definir a pesquisa qualitativa com validade absoluta não significa que não sejamos capazes de caracterizá-la através de peculiaridades essenciais que justifiquem sua existência. Por ora, serão assinalados dois traços fundamentais. Por um lado, sua tendência definida, de natureza desreificadora dos fenômenos, do conhecimento e do ser humano; e, por outro, relacionada com aquela, a rejeição da neutralidade do saber científico. (TRIVIÑOS, 1992, p.125)

Para André (1998a), esta abordagem se caracteriza fundamentalmente por defender uma nova visão de pesquisa, pois surge, a partir deste enfoque, uma nova maneira de construir o conhecimento em oposição a uma visão empiricista da ciência. Porém, a autora ainda chama a atenção para o fato de que é preciso ir além da dicotomia entre estudos de caráter qualitativo e quantitativo. Isto porque muitas vezes o termo “quantitativo” é geralmente usado para identificar uma perspectiva positivista na ciência.

Nas palavras da autora:

(...) a necessidade agora é ir além, ultrapassar a dicotomia qualitativo – quantitativo (...)e desta forma (...)não me parece ser muito conveniente continuar usando o termo “pesquisa

qualitativa” de forma tão ampla e genérica (ANDRÉ, 1998a - p.24-25)

Dentre os vários tipos de pesquisa que aparecem associados a essa abordagem (ANDRÉ, 1998a), destacamos aquelas associadas aos procedimentos de intervenções. Algumas pesquisas que possuem esta perspectiva foram descritas em 1944 por Kurt Lewin, um estudioso das questões psicossociais. Lewin descrevia este processo indicando seus traços essenciais: análise, coleta de dados e conceituação dos problemas; planejamento da ação, execução e nova coleta de dados para avaliá-la, repetição desse ciclo de atividades.

Segundo André (1998a), os livros de pesquisa da década de 1950 denominam esta perspectiva como *action research* e descrevem essa metodologia como, (...) *uma ação sistemática e controlada desenvolvida pelo próprio pesquisador*. (ANDRÉ, 1998a, p. 31)

Ainda segundo a autora, este procedimento,

(...) envolve sempre um plano de ação, plano esse que se baseia em objetivos, em um processo de acompanhamento e controle da ação planejada e no relato concomitante desse processo. Muitas vezes esse tipo de pesquisa recebe o nome de intervenção. (ANDRÉ, 1998a, p. 33)

Para Oberg & McCutcheon (1990), esta perspectiva tem como objetivo reduzir a distância entre teorias sociais e práticas sociais. Ainda segundo os autores, o objetivo desta perspectiva é a compreensão da prática e a sua articulação com a teoria, no sentido de aperfeiçoamento da prática profissional.

Segundo André (1998-a), durante os anos 60 este procedimento ficou praticamente esquecido, ressurgindo em meados de 1970 com um novo ímpeto, mobilizando vários grupos em todo o mundo e dando origem à diferentes correntes, entre elas,

(...)anglo-saxônica(...)influenciada pela proposta do professor-pesquisador, defendida por Stenhouse e sustentada por Elliot(...)australiana, cujos principais representantes são Carr e

Kemmis(...)centra sua preocupação no currículo(...)filiadas as correntes anglo-saxônica e australiana encontramos as vertentes espanholas e portuguesa com autores como Perez Gomes e António Nóvoa que discutem a pesquisa-ação no âmbito da formação contínua dos professores.” (ANDRÉ, 1998a, p.32)

Segundo Dickel (1998), a partir dos trabalhos de Stenhouse, cuja produção se situa nas décadas de 60 e 70, inicia-se a discussão sobre o referencial do professor-pesquisador, que surge dentro da linha da pesquisa-ação. Stenhouse busca neste referencial o desejo de democratizar a pesquisa em educação, envolvendo o trabalho de pesquisadores e professores, pois ... *a pesquisa adequadamente aplicável à Educação é a que desenvolve teoria que pode ser comprovada pelos professores.* (Dickel, 1998, p. 50)

Ainda segundo Dickel (1998), outros autores trabalham com o referencial do professor-pesquisador na mesma linha de Stenhouse, notadamente John Elliott e Kenneth M. Zeichner, que têm como característica básica a produção de pesquisa para a implementação de mudanças na prática profissional.

Atualmente, têm surgido outros entendimentos relacionados aos procedimentos de intervenção, notadamente relacionados à pesquisa-ação ou ao professor-pesquisador. André (1998b) destaca, nesta nova proposta, que os objetivos da intervenção não estariam necessariamente ligados à modificação de uma prática (como objetivo imediato), mas relacionados com a produção de conhecimento na área educativa.

André (1998b) discute em seu artigo alguns desafios da pesquisa sobre a prática pedagógica. Utilizando-se dos principais passos para um procedimento de intervenção, a autora descreve as possibilidades e os limites para a realização de uma pesquisa que busque o avanço do conhecimento na área educativa. Um dos limites desta proposta está relacionada a um desafio epistemológico. Segundo a autora (...) *o fascínio da ação tem ofuscado o olhar de alguns pesquisadores para a outra faceta que é a pesquisa.* (ANDRÉ, 1998b, p. 263)

Neste sentido, a autora pondera sobre a existência de diferentes posições assumidas sobre o que deveria ser valorizado na pesquisa científica. Para alguns, o conhecimento relevante é aquele que tem aplicação prática e imediata, que tem retorno imediato para a sociedade. Para outros, o importante é a busca de conhecimentos que, embora não tenham impacto social imediato, auxiliam a compreender mais amplamente

uma problemática, a consolidar áreas de investigação ou abrem perspectivas para novos estudos.

André (1998b) utilizou a denominação “pesquisador-professor” para marcar bem a diferença de papéis entre um professor que pesquisa sua prática, procedimento reconhecido pela denominação de professor–pesquisador, e o pesquisador que pesquisa um problema educacional, cujo objetivo é o avanço do conhecimento na área da educação.

Diferente do pesquisador-professor, a perspectiva do professor–pesquisador tem como objetivo mais imediato a resolução de problemas cotidianos, tais como a obtenção de sucesso na aprendizagem dos alunos. É importante salientar a diferença destes dois enfoques, já que dentro da linha do professor-pesquisador encontramos referências ligados aos trabalhos de John Elliott, Stenhouse e Kenneth M. Zeichner.

Dickel (1998) comenta, utilizando os argumentos de Stenhouse, que o professor-pesquisador é aquele profissional que contribui e participa da pesquisa científica (um ator e não um diretor) visando à melhoria do ensino,

A pesquisa, nesse sentido, oferece aos professores, ao invés de conclusões ou um conjunto de descobertas aplicáveis sobre o ensino, hipótese de trabalho e a possibilidade de contribuir na elaboração das teorias educacionais. (DICKEL, 1998, p.56)

Porém, levando-se em conta a diferença de papéis entre estas duas perspectivas, isto não impede que os resultados alcançados pelo pesquisador–professor tenham uma função social, em termos de ação ou modificação de uma situação. Entendemos e assumimos, neste trabalho, que a pesquisa científica não tenha que necessariamente buscar aplicações práticas imediatas como, por exemplo, a mudança de uma determinada prática pedagógica.

A partir destes esclarecimentos, procuramos diferenciar-nos das perspectivas que se utilizam dos procedimentos de intervenção com o objetivo imediato da mudança de uma prática. Assim, tendo em vista os objetivos propostos por esta pesquisa, o desenvolvimento de uma situação de intervenção em sala de aula tornou-se o procedimento mais indicado para a coleta de dados. Trata-se, pois, de uma oportunidade de realizar a coleta dos dados enquanto se desenvolvem as atividades de ensino e aprendizagem em sala de aula. Outros pesquisadores que se utilizaram desta perspectiva, como Carvalho (1998) e Bonotto (1999), procuram explicitar as diferenças

entre os objetivos das atividades de ensino e os objetivos da pesquisa e as características de um trabalho desta natureza.

Tendo como referência os trabalhos de Dicker (1990), destacamos quatro fases que compõem e orientam o ciclo de uma pesquisa desta natureza: planejamento, ação, monitoramento e análise de dados.

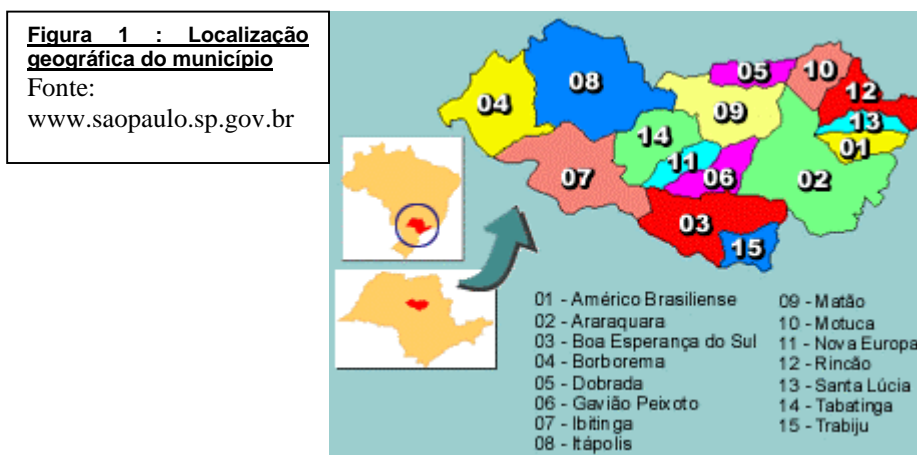
A primeira fase, denominada planejamento, é o momento em que, tendo também como referência os objetivos da pesquisa, elabora-se o plano de ensino. Neste tipo de pesquisa, o planejamento cuidadoso de cada uma das atividades consiste em um dos pontos mais importantes e fundamentais no processo de coleta de dados. Este planejamento de ensino pode ser orientado por pesquisas bibliográficas e por caracterizações diagnósticas dos alunos com os quais o trabalho será desenvolvido.

Após a elaboração do plano de ensino, inicia-se a segunda fase da pesquisa, a ação, neste caso, identificada pela intervenção com o grupo. Durante a intervenção o pesquisador deve ter como objetivo o monitoramento e a coleta dos dados relevantes para a pesquisa.

Por fim, a última parte da pesquisa consiste na descrição, organização e categorização dos dados obtidos. Com os dados organizados, torna-se possível identificar e analisar os aspectos mais significativos para a pesquisa no sentido de busca de respostas às questões que são orientadoras da investigação.

1.2.2.2 - A escola pesquisada

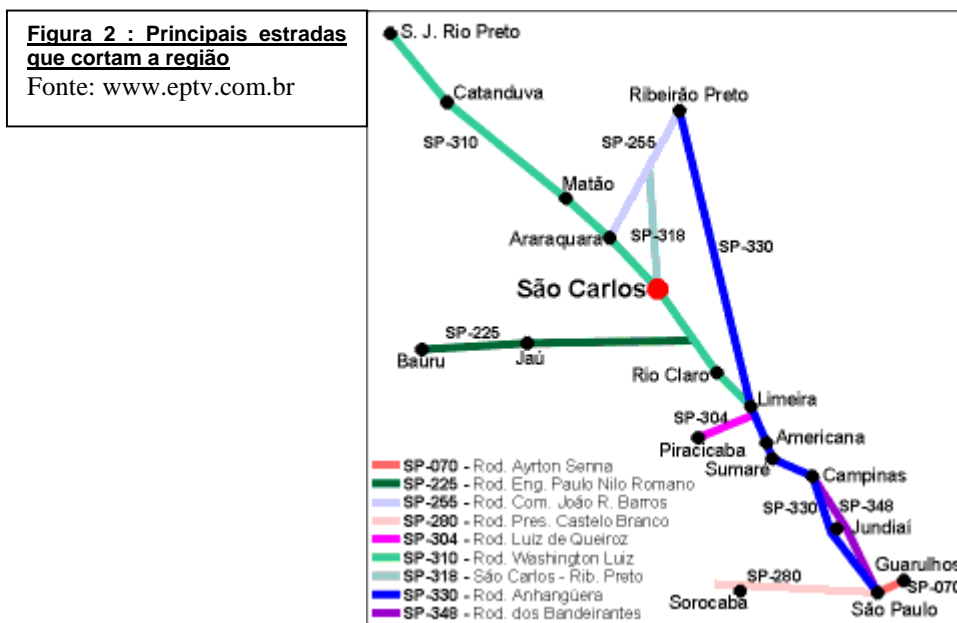
A escola na qual realizamos a intervenção no segundo semestre de 2000 encontra-se no município de Araraquara, região central do Estado de São Paulo e distante 273 km de sua capital.



Conforme dados do *site* oficial do Estado de São Paulo (www.saopaulo.sp.gov.br), o município foi fundado em 1832 e conta atualmente com mais de 175 mil habitantes. Destes, um número superior a 90 % concentra-se na área urbana.

Ainda segundo o *site*, a cidade de Araraquara destaca-se no plano econômico pela predominância dos estabelecimentos voltados para o comércio, seguindo-se dos serviços (alojamento, alimentação, reparação e manutenção de domicílios, rádio, TV) e por último as atividades industriais (alimentação, bebidas e têxtil).

O município conta com várias rodovias de acesso às principais cidades da região, destacando-se a Rodovia Washington Luiz (SP-310), por ser a via de maior tráfego rodoviário e aquela que faz ligações com a Rodovia Anhangüera e por consequência, com a dos Bandeirantes. A leste liga-se com a cidade de Limeira; e a oeste, com a cidade de São José do Rio Preto.



Araraquara conta atualmente com quatro escolas públicas de Ensino Médio, espalhadas pelo centro e pela periferia da cidade. A escola, na qual realizamos a intervenção, é considerada de porte médio, com aproximadamente dois mil alunos matriculados no ano letivo de 2000. Há nesta unidade escolar, três períodos de aula: matutino (das 7h às 11h45min), vespertino (das 13h às 17h45min) e noturno (das 19h às

22h45min). A clientela provêm de diferentes camadas sociais, como informa a direção e a secretaria escolar.

Esta escola está localizada na periferia de Araraquara, em um bairro que conta com boa infra-estrutura básica: distribuição de água e energia elétrica, captação de esgoto, linhas de telefone, ruas pavimentadas e iluminação artificial noturna.

O prédio, desta unidade escolar, é constituído de dois pisos: térreo, onde estão instalados o pátio, a direção, os banheiros para alunos e professores, a sala de professores, a cozinha, a cantina, o anfiteatro, a secretaria, a biblioteca e duas quadras poliesportivas; e superior, onde estão instaladas as salas de aula e o laboratório, que atende às diferentes áreas das ciências da natureza, como Física, Química e Biologia.

Em relação ao aspecto geral do ambiente físico, verificamos duas situações bem distintas enquanto realizávamos nossa pesquisa: uma antes e outra após a reforma da estrutura física de alvenaria do prédio.

No início do ano letivo, antes da reforma, havia vários problemas associados ao estado do prédio. As quadras poliesportivas não podiam ser usadas devido ao péssimo estado de conservação do piso. Os banheiros dos alunos e dos professores possuíam várias torneiras danificadas. Na maioria das salas de aula, existiam vários vidros quebrados, defeitos no piso de madeira e uma deficiente iluminação artificial noturna. O laboratório para atividades práticas de ensino de ciências naturais estava em péssima situação física, com bancadas sem torneiras, tomadas elétricas, armários e banquetas danificados.

Além disso, o prédio estava infestado por um grande número de insetos, como baratas, encontradas principalmente nos forros de madeira de todo o prédio, na cozinha e nos diversos banheiros, que assustavam os alunos atrapalhando o bom andamento dos trabalhos escolares.

Aproximadamente quatro meses após o início do ano letivo, algumas reformas na estrutura física de alvenaria do prédio foram realizadas: reforma do piso das quadras poli esportivas; redimensionamento da instalação elétrica e troca de algumas luminárias das salas de aula; reforma das torneiras dos banheiros e bebedouros; correção de alguns pontos críticos no piso de madeira das salas de aula e detetização de todo ambiente físico interno.

Além dos problemas relacionados à estrutura física da escola, houve, no plano administrativo, durante o tempo em que realizamos esta pesquisa, uma grande

rotatividade de diretores. Este fato prejudicou, em alguns aspectos, o relacionamento entre os professores e a administração da escola.

No início do ano letivo, a escola contava com uma diretora substituta, que já vinha ocupando o cargo havia pouco mais de um ano e meio. Porém, quando estávamos no meio do ano letivo de 2000, houve a substituição da direção. Um diretor substituto ocupou o cargo provisoriamente, permanecendo na unidade escolar por apenas um mês. No início do segundo semestre de 2000, a unidade escolar recebeu uma nova direção, que permaneceu até o final do ano letivo.

Em relação aos diversos aspectos pedagógicos da escola, queremos destacar a figura do coordenador pedagógico e o horário de trabalho pedagógico coletivo, conhecido entre os professores pela sigla HTPC. O HTPC é um tempo de serviço remunerado e obrigatório para todos os professores da rede pública do Estado de São Paulo. Na escola onde trabalhamos, no ano letivo de 2000, havia três diferentes horários semanais para a realização destas reuniões: terça-feira, das 18h às 19h, quarta-feira, das 12h às 13h e quinta-feira, das 18h às 19h. Cada professor deve participar de, no mínimo, duas reuniões semanais. O número de HTPCs obrigatórios para o professor vai depender do número de aulas que tem na unidade escolar. Nestas reuniões são realizadas discussões de vários aspectos relacionados ao cotidiano da escola. Estas reuniões, que também são utilizadas para distribuir recados administrativos de ordem geral, geralmente contam com a presença dos coordenadores pedagógicos da unidade escolar.

O coordenador pedagógico é responsável, entre outras coisas, pela organização do planejamento escolar e a implementação de um projeto pedagógico na unidade escolar. Porém, na escola pesquisada, não foram raras as vezes que observamos o coordenador exercendo outras funções, tais como a fiscalização de alunos em trânsito no pátio e corredores do prédio.

Na primeira semana do ano letivo, período reservado para o planejamento escolar, o coordenador pedagógico e os professores reúnem-se para discutir o projeto pedagógico escolar. Porém, alguns aspectos deste projeto pedagógico, tais como o número máximo de alunos em sala de aula, o tempo médio de cada aula e a quantidade de aulas por disciplina em cada série geralmente não estão na pauta de discussões.

Estas definições, tais como o número de alunos por sala de aula, são determinadas em outras esferas, fora dos muros da unidade escolar. Geralmente, questões desta natureza, são determinadas pela Diretoria Regional de Ensino. Para o ano

letivo de 2000 estava determinado que cada sala de aula, do Ensino Médio, deveria ter no mínimo 40 alunos matriculados. Em relação ao número de aulas por período, tínhamos no período matutino e vespertino cinco aulas diárias, de cinquenta minutos cada e, no período noturno, quatro aulas diárias de 50 minutos cada.

Além destes aspectos, destacamos ainda a carga horária da disciplina Física, nesta unidade escolar. No ano letivo de 2000, havia para o período matutino e vespertino duas aulas semanais para a matéria, em cada uma das três séries do Ensino Médio.

Já o período noturno, no ano letivo mencionado, contava com duas aulas semanais de Física apenas no terceiro ano do Ensino Médio. Nos primeiro e segundo anos havia apenas uma aula semanal de Física.

1.2.2.3 – A escolha das turmas pesquisadas

Para a realização desta pesquisa, desenvolvemos um trabalho de intervenção em três turmas da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública da Diretoria de Ensino de Araraquara.

A escolha de três turmas para a realização desta pesquisa nos pareceu suficiente, tendo em vista que em média teríamos trinta e três alunos em cada classe. Além disso, entendemos que seria grande a quantidade de material que teríamos para coleta e análise de dados. Antes de escolher as turmas a serem pesquisadas, entramos em contato com a direção da unidade escolar e, após expor os objetivos e procedimentos da pesquisa, conseguimos uma autorização verbal para a realização das atividades. Estas intervenções aconteceram com alunos da terceira série do Ensino Médio, justamente porque são estes alunos que mantêm contato, de modo mais sistematizado, com o conteúdo eletricidade no Ensino Médio.²

A fim de evitarmos possíveis favorecimentos ou simpatias pessoais na escolha das turmas, as classes foram escolhidas aleatoriamente (através de sorteio), entre as dez classes da terceira série nas quais o professor ministrava suas aulas de Física, sendo cinco do período matutino e cinco do período noturno. Decidimos que iniciáramos os trabalhos com a primeira turma sorteada, ora denominada turma A, de modo que

² A Proposta Curricular (São Paulo, 1992) sugere que o conteúdo “eletricidade” seja abordado com maior ênfase no terceiro ano do Ensino Médio.

podéssemos, caso necessário, corrigir algumas falhas nos materiais utilizados na intervenção. O sorteio da primeira turma indicou uma classe do período noturno e, pelo mesmo processo, foram sorteadas duas turmas do período matutino, denominadas então de turmas B e C.

1.2.2.4 – Algumas características das turmas pesquisadas

Podemos apontar várias pontos comuns e diferentes entre as turmas sorteadas. Quanto aos pontos que diferenciam as turmas, destacamos a disponibilidade de tempo que alunos do período noturno e diurno podem oferecer para atividades educacionais fora do ambiente escolar. Segundo informações obtidas na secretaria da escola, os alunos do período noturno são, na grande maioria, jovens trabalhadores, o que é uma exigência da escola para que o aluno tenha sua matrícula aceita neste período. Já os alunos do período diurno, na maioria das vezes, não exercem atividades remuneradas.

Quanto aos aspectos comuns entre as três turmas pesquisadas, destacamos que elas são formadas por alunos de ambos os sexos e, em média, existem trinta e três alunos por sala de aula. Além disso, percebemos ao longo do ano letivo que as classes eram formadas por alunos com graus diferentes de dificuldades de aprendizagem.

1.2.2.5 –A pesquisa diagnóstica

A primeira fase deste trabalho contou com uma pesquisa diagnóstica, que constava de três questionários (anexo 01), cujo objetivo era identificar algumas idéias mais gerais dos alunos a respeito da produção de energia elétrica em larga escala, impactos ambientais e benefícios e prejuízos advindos da utilização prática dessa tecnologia.

As perguntas que foram feitas nos questionários eram abertas, de modo que fosse permitido ao aluno explicitar algumas de suas idéias. Decidimos que cada um dos questionários seria entregue no início das aulas, a fim de diminuir a influência direta do professor através de comentários e diálogos. Cada um dos questionários foi entregue com um intervalo de uma semana entre eles.

Este primeiro trabalho, que denominamos de diagnóstico, foi realizado no primeiro semestre do ano letivo de 2000. Iniciamos a distribuição deste instrumento (questionário) pela turma A e, na seqüência, pelas turmas B e C.

Antes de distribuir o questionário, informamos aos alunos sobre a pesquisa que se desenvolveria simultaneamente às atividades de ensino programadas, conforme planejamento escolar. Procuramos explicitar que a identidade de todos seriam preservadas e que as informações prestadas ficariam restritas à análise do professor.

Após esses primeiros esclarecimentos, aplicamos o questionário, iniciando por uma rápida leitura das perguntas. Na seqüência, reservamos um período de aproximadamente vinte minutos para que os alunos respondessem às perguntas.

De modo geral, a finalidade específica do primeiro questionário (Anexo 1) era identificar junto aos alunos as idéias que tinham sobre os principais problemas presentes na sociedade atual. Isto permitiu que também identificássemos, entre outras coisas, se os alunos consideravam espontaneamente os problemas ambientais, decorrentes ou não da ação direta do homem, como um tema importante na nossa sociedade.

Já no questionário dois (Anexo 1), solicitamos aos alunos que escrevessem algumas idéias sobre problemas ambientais. Na seqüência, pedimos que identificassem os principais problemas ambientais brasileiros e da região onde moravam.

No terceiro e último questionário (Anexo 1) solicitamos aos alunos algumas idéias gerais a respeito da produção de eletricidade em larga escala. Na seqüência, pedimos que identificassem alguns aspectos positivos e outros negativos na produção e no uso da energia elétrica. Após obtermos os dados dos questionários, iniciamos a fase de planejamento das intervenções.

1.2.2.6 – O planejamento

Para Saviani (1994), o trabalho educativo com os conhecimentos científicos sistematizados, imprescindível à formação do homem contemporâneo, exige sua estruturação em uma nova forma para fins de ensino. Segundo a autora, há mesmo uma transformação do conhecimento científico em “saber escolar”, e esta se dá mediante subsídio teórico de alguma das diversas abordagens de ensino e aprendizagem.

Tendo em vista a elaboração do plano de ensino e de materiais didáticos para a realização de um processo de intervenção em sala de aula, visando ao trabalho educativo com o tema “produção de energia elétrica em larga escala”, passamos a comentar algumas das orientações que direcionaram nossa prática pedagógica. Utilizamos como subsídio para esta breve discussão Mizukami (1986), Brasil (1998 e 1999), Carvalho e Gil-Pérez (1993), Driver e Oldhan (1988) e Bastos (1998b).

Vários professores costumam expressar-se contra o que se costumou designar por “ensino tradicional”. Porém, Carvalho e Gil-Pérez (1993) destacam que ainda hoje predominam nas aulas de ciências naturais uma concepção de ensino tradicional, pautada sobretudo no entendimento de que cabe ao professor a transmissão dos conhecimentos acumulados pela humanidade por meio de aulas expositivas e, aos alunos, a absorção das informações. O conhecimento científico, neste caso, é tomado como neutro e não se põe em questão a verdade científica.

Diferente desta visão, consideramos que o conhecimento não é algo que está simplesmente situado fora do indivíduo, podendo ser adquirido por meio da cópia do real e, tampouco algo que possa ser construído independentemente da realidade exterior dos demais indivíduos e de suas próprias capacidades pessoais. O conhecimento, sobretudo o científico, é uma construção sócio-histórica no qual podem interferir aspectos culturais, econômicos e políticos entre outros.

Segundo Bastos (1998b) e Driver e Oldhan (1988), o cérebro é muito mais que uma página em branco que aprende passivamente e registra a informação que lhe chega. Sobre isto, Carvalho e Gil-Pérez (1993) afirmam que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos, adquiridos em diversas situações vividas.

Estes conhecimentos, chamados também de “conhecimentos prévios”, podem constituir-se em obstáculos ou facilitadores do processo educativo. Para Bastos (1998b);

(...) os alunos, a partir de suas experiências com fenômenos naturais, seres vivos, pessoas, informações da mídia etc., constróem por si mesmos uma variedade de teorias acerca das coisas da natureza(...) as teorias que os alunos trazem consigo podem divergir consideravelmente dos conhecimentos científicos atuais(...) podem ser consideravelmente resistentes à mudança(...) podem funcionar como importantes obstáculos à aprendizagem escolar(...) (porém) a situação inversa (idéias que auxiliam a aprendizagem) também ocorre e é importantíssima. Certas idéias, ainda que rudimentares, podem constituir excelentes pontos de partida para que o aluno elabore concepções cientificamente corretas. (BASTOS, 1998b, p.17-18)

Além disso, consideramos que os alunos são sujeitos de seu processo de aprendizagem e constroem significados para o que aprendem, por meio de múltiplas e complexas interações com objetos de conhecimento. Eles têm para tanto, o professor como mediador. Conforme Driver e Oldham (1988), o “professor mediador” é um sujeito facilitador do processo de interação das idéias dos alunos com o conhecimento científico, estimulando-os a (re)construir tal conhecimento, atribuindo-lhe significado. Ainda segundo Driver e Oldham (1988),

Contra a concepção dominante do papel do professor, consideramos que este não deve ser um transmissor de conhecimentos, senão alguém que facilita a mudança conceitual ao animar os alunos a dedicar-se ativamente na construção pessoal do significado(...) (DRIVER; OLDHAM, 1988, p. 130)

Dentre as atividades que cabe ao professor podemos enumerar a tarefa de selecionar, organizar e problematizar conteúdos de modo a promover um avanço no desenvolvimento do conhecimento dos alunos.

A partir destas orientações, podemos apontar que os alunos muitas vezes constroem modelos ou esquemas que utilizam para interpretar a natureza. Estes modelos, segundo Driver e Oldham (1988) e Bastos (1998b), são construídos pelos alunos e resultam de uma síntese pessoal, sendo portanto uma reelaboração daquilo que o professor lhes apresenta.

Além destas orientações mais gerais, acreditamos que cabe ao aluno um papel ativo no processo educativo, ou seja, contamos e consideramos sua participação nas diversas atividades desenvolvidas. Entre estas atividades estão a observação cuidadosa, comparações, análises, registros, síntese de dados, comunicação, levantamentos de hipóteses e argumentação.

Face ao exposto, consideramos relevante as colocações dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental (Brasil, 1998), para quem:

(...)o aprendizado se dá pela interação do professor-estudante-conhecimento, ao se estabelecer um diálogo entre as idéias prévias dos estudantes e a visão científica atual, com a mediação do professor, entendendo que o estudante reelabora sua percepção

anterior de mundo ao entrar em contato com a visão trazida pelo conhecimento científico. (BRASIL, 1998, p.21)

Todas estas orientações nos levam a crer que em sala de aula deve ser praticado um respeito preponderante à lógica do aluno e ao seu contexto social. Devemos considerar seus conhecimentos anteriores ou prévios e a sua realidade cotidiana, tomada muitas vezes como ponto de partida do processo de ensino-aprendizagem. Estas breves observações sobre o processo de ensino e aprendizagem conduziram nosso trabalho em sala de aula.

Conforme já informamos, realizamos a pesquisa “diagnostica” na primeira turma com a qual trabalhamos e nas duas que sucederam, processo que ocorreu no primeiro semestre de 2000. As respostas obtidas com os questionários, após agrupadas e analisadas, serviram de subsídio para a elaboração do plano de ensino.

Após esta primeira fase do trabalho, iniciamos a fase do planejamento, no qual elaboramos um plano de ensino (Anexo 2) e materiais didáticos para serem utilizados durante as atividades propostas para as intervenções.

O plano de ensino (Anexo 2) foi elaborado a partir do trabalho diagnóstico e da pesquisa bibliográfica que realizamos sobre as questões atuais que envolvem a produção de energia elétrica em larga escala. Nossas referências para o planejamento da ação eram:

- a-) pesquisa bibliográfica sobre os conhecimentos técnicos e científicos da área de geração de energia elétrica em larga escala, na perspectiva dos modelos que busquem o desenvolvimento sustentável;
- b-) o diagnóstico de como os alunos concebiam a produção de energia elétrica em larga escala, seus aspectos benéficos e prejudiciais ao homem e aos processos naturais do meio ambiente. Além de alguns apontamentos sobre como os alunos compreendiam a problemática ambiental e as inúmeras degradações do meio ambiente.

Dentre os materiais didáticos previstos no plano, destacam-se os textos produzidos pelo professor, os textos retirados do jornal *Folha de São Paulo*, os cartazes com informações técnicas sobre alguns geradores de energia elétrica e fitas de videocassete com gravações audiovisuais de matérias sobre geração de energia elétrica produzidos e veiculados por TV aberta.

Para construir os textos previstos no plano de ensino, baseamo-nos nos dados adquiridos com a pesquisa bibliográfica que realizamos sobre os principais debates que

ocorrem nos meios técnicos e científicos sobre a produção de energia elétrica em larga escala na perspectiva de um modelo de desenvolvimento sustentável³.

Para o trabalho com os textos, utilizamos o procedimento de estudo dirigido. Ao final de cada texto, havia um roteiro de discussão que continha algumas perguntas a que os alunos responderam no final da leitura e análise do texto.

Quanto às perguntas do roteiro de discussão dos textos, tentamos elaborá-las de modo que levassem os alunos a refletir sobre a temática proposta para o trabalho. Com isso, queríamos evitar que os alunos simplesmente recortassem partes específicas dos textos para responderem às questões.

Os cartazes, que identificavam aspectos técnicos das diversas usinas de geração de eletricidade, foram feitos mediante consulta em textos técnicos específicos. Estes cartazes, construídos com a intenção de servirem de subsídio para aulas expositivas, auxiliaram-nos (professor e alunos) na identificação dos principais aspectos técnicos que envolvem os diversos geradores de energia elétrica em larga escala.

As gravações audiovisuais foram feitas mediante cópia de programas exibidos em redes de TV de sinal aberto, e serviram de suporte para discussões sobre o tema “produção de energia elétrica em larga escala”.

1.2.2.7 – A intervenção

No segundo semestre de 2000, realizamos a intervenção, conforme previamente mencionado, planejada, especificadamente, para o projeto. Inicialmente, as atividades foram desenvolvidas em apenas uma das turmas selecionadas (Turma A), de tal forma que os textos, roteiros e propostas aos alunos apresentados pudessem ser avaliados quanto à compreensão por parte destes. As dificuldades observadas com esta turma eram avaliadas e as alterações necessárias, eram processadas para o trabalho com as outras duas turmas selecionadas (Turmas B e C).

No primeiro dia da intervenção, informamos aos alunos da turma inicial (Turma A) que estaríamos realizando uma pesquisa, enquanto as atividades de ensino previstas fossem desenvolvidas.

³ Remeto o leitor às referências utilizadas no capítulo I deste trabalho.

Apresentamos também aos alunos a filmadora, um dos instrumentos de coleta de dados, e comunicamos que todas as gravações seriam assistidas somente pelo pesquisador e, portanto, estariam preservadas as imagens e identidades dos alunos.

Os alunos, de modo geral, ficaram entusiasmados com a possibilidade de participarem de uma pesquisa acadêmica. Porém, observamos nos primeiros encontros, um certo incômodo deles com a filmadora. Percebemos, de modo geral, que foram necessários três encontros para que os alunos da turma A se acostumassem com a filmadora em sala de aula.

Na primeira aula da intervenção, conforme planejado (Anexo 2), desenvolvemos uma atividade de ensino (estudo dirigido) que tinha por objetivo problematizar o tema “produção de energia elétrica em larga escala”. Para esta primeira intervenção, nós apresentamos um caderno com sete textos retirados do jornal *Folha de São Paulo* (Anexo 3). Além disso, projetamos um vídeo sobre o mesmo assunto, retirado de reportagens de telejornais rede de TV aberta (*Jornal da Cultura, veiculado pela TV Cultura, da Fundação Padre Anchieta*). Juntamente com o caderno de textos (Anexo 3), havia um roteiro de orientações e solicitações que indicavam como os alunos deveriam proceder durante e após a leitura do material.

Ao final da tarefa, os alunos mencionaram por escrito, ou verbalmente, sua posição diante do fato polêmico: O que fazer para não faltar energia? Investir em grandes projetos de geração de energia em larga escala, mesmo que isto reverta em prejuízos ambientais e sociais?

No segundo encontro, realizamos uma aula expositiva sobre os principais aspectos técnicos de algumas formas de geração de energia elétrica em larga escala.

O terceiro encontro da intervenção foi dedicado ao trabalho com dois textos diferentes. Enquanto o primeiro destes textos (Anexo 4) apresentava informações técnicas sobre algumas formas de gerar energia elétrica em larga escala, o segundo texto (Anexo 5) trazia algumas informações históricas sobre as primeiras usinas de geração de energia elétrica implantadas no Brasil.

No quarto encontro da intervenção, solicitamos aos alunos a leitura e discussão de um texto (Anexo 6) com alguns dados sociais, políticos e econômicos relacionados à produção de energia. Neste texto o foco esteve voltado principalmente à questão do processo de privatização no setor elétrico, que está ocorrendo neste momento no Brasil.

Dando seqüência aos trabalhos e conforme previsto no plano de ensino (Anexo2), o quinto encontro foi dedicado ao trabalho de campo, que constituiu em uma visita a uma usina hidrelétrica na região de Araraquara, ou de uma cidade próxima.

Neste caso, tomamos o cuidado de não caracterizar esta atividade como uma simples excursão ou uma atividade extracurricular. Esta atividade foi muito bem planejada e problematizada junto aos alunos. Segundo Balzan (1978), uma atividade extraclasse planejada e integrada no processo educativo da escola jamais será extracurricular. Diferente disto, ela torna-se elemento indispensável ao planejamento curricular.

A introdução de um trabalho de campo no plano de ensino deve-se à convicção expressa por Carvalho (1997 e 1999) de que

Quando se pensa em trazer para a escola diferentes questões sobre a dinâmica e os processos da natureza e discussões sobre a organização da sociedade e o impacto ambiental das atividades humanas, ficam evidentes os limites impostos pelas quatro paredes da sala de aula.

A possibilidade de desenvolver atividade de ensino em ambientes naturais e em ambientes alterados pelo homem torna-se um procedimento didático de grande valor pedagógico.
(CARVALHO, 1997, p. 14)

O trabalho de campo por nós planejado teve o seu início com a atividade de preparação e motivação dos alunos. Nesta etapa, informamos aos alunos que ela seria realizada com o objetivo de observarmos alguns dos diferentes aspectos técnicos que envolvem a produção de energia elétrica em larga escala. Mencionamos que a observação dos diferentes aspectos relacionados à usina hidrelétrica deveria ser traduzida em dados, já que a atividade estava apoiada num roteiro de atividades (Anexos 7 e 9).

Achamos que foi fundamental esclarecer bem a natureza desta atividade, para que não ficasse a impressão, por parte dos alunos, de uma simples atividade de lazer. Sobre a importância destes esclarecimentos, necessários para conduzir o trabalho de campo, Carvalho (1997) afirma que:

É importante lembrarmos que para os alunos as atividades de campo têm, em um primeiro momento, a conotação de uma atividade de lazer. Embora esta dimensão possa também estar presente na proposta a ser desenvolvida é importante que o professor tenha muita clareza dos diferentes aspectos que pretende trabalhar e de outros objetivos que pretende explorar. Esta definição é fundamental para que a atividade não se perca devido a desentendimentos entre os participantes, deixando como muitas vezes acontece, uma sensação de vazio e de dispersão. (CARVALHO, 1997, p.15)

Mas, conforme vamos esclarecer, somente na turma B tivemos a maioria dos alunos realizando esta atividade.

Na aula seguinte à atividade de campo, havíamos previsto a discussão dos dados coletados no trabalho de campo, mediante utilização de um instrumento de exploração dos dados obtidos (Anexo 8).

Para que pudéssemos viabilizar a viagem, alguns aspectos de ordem prática deveriam ser cumpridos. Dentre estes aspectos, podemos indicar o contato com algumas empresas de geração de eletricidade para agendar a visita, providenciar transporte coletivo, recolher autorizações dos pais dos alunos, providenciar cópias do roteiro de trabalho de campo para os alunos e, providenciar a autorização da atividade junto à administração escolar. Nessa ocasião, diante de tantos aspectos de ordem prática a serem resolvidos, sentimos um pequeno e quase inexistente envolvimento da direção e da administração da escola.

Para a turma A, conseguimos agendar, junto a CPFL-Companhia Paulista de Força e Luz (sede em Campinas-SP), uma visita a uma pequena central hidrelétrica da região, localizada no município de Gavião Peixoto (a 30 km de Araraquara). Conforme solicitação da maioria dos alunos (70%), conseguimos viabilizar a atividade para um sábado à tarde. Isto se deve a algumas especificidades desta turma, composta por uma grande maioria de alunos trabalhadores.

Os alunos da turma A haviam informado que não possuíam recursos próprios para viabilizar um transporte coletivo. Isto nos obrigou a tentar viabilizar o transporte junto a órgãos municipais ou a empresas privadas, o que só foi possível mediante intervenção de um conhecido político da cidade.

Porém, devido a outros fatores fora do nosso alcance, somente sete alunos de uma turma de trinta e cinco (Turma A) participaram da atividade.

Para a atividade de campo com as turmas B e C, escolhemos visitar uma hidrelétrica de médio a grande porte da região.

Diferente do que aconteceu na turma A, nenhum órgão ou empresa financiou nossa viagem e, a maioria dos alunos possui dificuldades em contribuir com recursos financeiros para o transporte.

O financiamento do transporte foi a atividade que demandou maior esforço do professor, pois várias instituições e empresas não se dispuseram a ajudar, a ponto de dois dias antes da atividade sermos obrigados a comunicar aos alunos da turma B que, caso não houvesse por parte de todos uma contribuição para contratar uma empresa privada de transporte, estaria comprometida nossa viagem.

Para nossa agradável surpresa, todos se dispuseram a contribuir, mediante às condições financeiras individuais, ou seja, prazo de um mês para o pagamento. Porém, isto não aconteceu com a turma C, na qual os alunos negaram a possibilidade de qualquer contribuição para reservar o transporte. Esta foi uma das principais barreiras que nos impediram de viajar com turma C.

Percebemos na direção e na administração da escola onde trabalhamos, um sentimento de má vontade para com este tipo trabalho. Talvez isto tenha ocorrido devido às inúmeras tarefas que um trabalho de campo implica. Coordenadores e direção procuraram não emitir opiniões sobre nossos esforços em viabilizar este trabalho. Esta imobilidade poderia significar até mesmo uma aposta na nossa desistência em realizar esta atividade, tamanha as dificuldades e frustrações que enfrentamos.

Algumas vezes achamos que esta impressão poderia ser fruto de uma interpretação equivocada de nossa parte, mas mediante alguns comentários relacionados abaixo, fica difícil afirmarmos o contrário,

“Para eles (alunos) atividades extra-classe não é aula...”

“Não entra mais nessa de atividade de campo, isto só dá trabalho...”

“Você não vai conseguir transporte gratuito, vai ter que pagar do bolso e eles (alunos) não vão te pagar nada...sai fora enquanto é tempo”

Percebemos que fomos estimulados a não modificar as atividades cotidianas da escola. Diferente de nos ajudar a superar os obstáculos, fomos levados a desistir de qualquer iniciativa que implicasse em mudanças no interior da sala de aula.

Na opinião explícita da direção escolar, as atividades extra-classe seriam muito complicadas por motivos de segurança. Os pais mandam seus filhos para o estabelecimento escolar, e lá confiam que estão seguros. Seria muito difícil para qualquer professor garantir a segurança dos alunos longe dos portões do prédio escolar.

Embora não se possam desconhecer os argumentos apresentados, não podemos por esta razão deixar de desenvolver um procedimento didático que, pelas nossas análises, foi, sem dúvida, frutífera. Além disso, como seria se as atividades de ensino e aprendizagem estivessem limitadas apenas aos seguros limites do muro escolar?

Diante de todos estes obstáculos, chegamos ao ponto de realizar apenas duas, das três atividades de campo programadas. Sucumbimos às dificuldades e deixamos de levar uma turma para conhecer uma usina hidrelétrica da região.

Dando seqüência aos trabalhos, na intervenção seguinte apresentamos um texto (Anexo 10) no qual foram discutidas e apresentadas algumas informações sobre os diversos impactos sociais e ambientais decorrentes da produção de energia elétrica em larga escala. Lembramos que, nesta etapa do trabalho, já havíamos apresentado, durante toda a intervenção, diversas informações escritas sobre os aspectos técnicos, sociais, econômicos e históricos relacionados ao processo de produção de energia elétrica em larga escala (Anexos 3, 4, 5 e 6).

Por fim, no último encontro, realizamos, além da projeção de vídeo, uma simulação na forma de debate. O vídeo, produzido pela Rádio e Televisão Cultura (Fundação Padre Anchieta), apresentava um debate sobre alguns aspectos benéficos e prejudiciais relacionados à construção e ao funcionamento da Usina Nuclear Angra II, localizada no município de Angra dos Reis - RJ. Já em relação à simulação, atividade realizada nesta última intervenção, oferecemos uma oportunidade para que os alunos, através de um debate, explicitassem de forma real as idéias que haviam elaborado com o decorrer das atividades.

Para realizar a simulação, organizamos um debate entre dois grupos de alunos, em sala de aula. Cada grupo seria responsável pela escolha e defesa de uma alternativa de produção de energia elétrica em larga escala dentre duas alternativas de produção escolhidas e apresentadas pelo professor. Na seqüência, cada grupo criticaria a alternativa de produção do grupo rival.

A escolha das alternativas de produção de energia elétrica entre UHEs (usinas hidrelétricas) e usinas nucleares deu-se mediante a constatação de que estas são as formas de produção de energia elétrica que têm provocado o maior número de debates nos meios técnicos e acadêmicos brasileiros (Reis; Silveira, 2000, Rosa et al.1984, Rosa et al. 1988, e Malheiros, 1996).

Além disso, Rosa et al.(1988) informam que, para a geração de energia elétrica em larga escala, no caso brasileiro, as duas grandes opções tecnológicas e econômicas são a hidreletricidade e a energia nuclear.

Lembramos que as intervenções nas turmas B e C não foram realizadas simultaneamente, porque havia um certo atraso de uma turma em relação a outra, no que diz respeito ao desenvolvimento dos conteúdos programados para o terceiro ano do Ensino Médio. Logo, optamos por não quebrar a seqüência curricular do trabalho do professor, a fim de evitar grandes transtornos futuros, haja vista que um motivo extra-classe (greve dos professores) havia interrompido os trabalhos em sala de aula por quase um bimestre inteiro.

Para realizar a intervenção nas turmas B e C, realizamos os mesmos procedimentos iniciais já descritos para a turma A, ou seja, informamos aos alunos que estaria sendo realizada uma pesquisa, simultaneamente aos trabalhos em sala de aula.

Observamos, do mesmo modo, que no início das intervenções havia vários alunos incomodados com a filmagem das aulas. Porém, como já dissemos, aproximadamente três encontros após o início das atividades os alunos estavam acostumados com o equipamento. O tempo previsto para a execução do plano de ensino foi de seis semanas, ou onze aulas. Durante as atividades educativas, vários fatores impediram a conclusão do curso no tempo determinado. Dentre estes fatores, destacam-se alguns empecilhos do cotidiano escolar tais como: grande número de alunos que se ausentam das aulas em dias próximos a feriados, tempo gasto para o professor iniciar a aula, dificuldades dos alunos em realizar algumas atividades, falta de verbas para confecção de materiais didáticos, falta de auxílio de colegas, coordenadores pedagógicos e direção escolar, classes com mais de trinta alunos.

De modo geral, com os dados obtidos nas intervenções realizadas, foi possível verificar o que ocorreu em sala de aula em relação aos alunos, quando trabalhamos temas controversos relacionados à ciência e à tecnologia, discutidos normalmente nos níveis técnico e acadêmico.

Além disso, percebemos um grande interesse dos alunos nas atividades propostas, que, segundo eles, eram diferenciadas, em relação às atividades que normalmente eram desenvolvidas em sala de aula.

Enquanto as atividades de ensino previstas no plano estavam sendo desenvolvidas, vários dados foram coletados. De modo geral, os comentários dos alunos e do professor eram gravados pela filmadora, enquanto que todos os materiais produzidos pelos alunos foram recolhidos ao final da aula.

1.2.2.8 – Os instrumentos utilizados para a coleta de dados

Além dos questionários utilizados na fase de diagnóstico (anexo 1), utilizamos, durante a intervenção, vários instrumentos de coleta de dados. São fundamentalmente três os instrumentos de coleta de dados utilizados: caderno de campo, gravação das aulas em fitas de videocassete e todo o tipo de material produzido pelos alunos durante as aulas.

O caderno de campo constitui-se em um instrumento que permite ao pesquisador o registro de algumas atividades, imediatamente após o seu desenvolvimento. Estas observações não estão restritas ao ambiente da sala de aula, pois neste caderno estão registradas algumas sensações, percepções, atitudes dos alunos, dos professores e da administração escolar, frases ouvidas, comentários e avaliações espontâneas feitas por eles.

Outro instrumento que utilizamos para a coleta de dados foi a gravação em fitas de videocassete das atividades desenvolvidas com os alunos. Esta técnica possibilitou a identificação dos “episódios de ensino significativos” para a pesquisa. Além disso, considerando-se os limites técnicos dos equipamentos, este instrumento permite que se recrie, razoavelmente, o ambiente da sala de aula.

Por fim, colhemos todos os tipos de trabalhos que foram produzidos pelos alunos durante as atividades, tais como os registros escritos.

Todos os dados que fomos coletando ao longo da intervenção foram sendo transcritos (fitas de vídeo), copiados e agrupados em equipamentos de processamento digital (*PC-Personal Computer*). Além de coletar, agrupar e processar digitalmente todos estes dados, realizávamos um constante aprofundamento teórico das questões de pesquisa através de acompanhamento de bibliografia pertinente.

1.2.2.9 – O professor

Quando desenvolvemos estas atividades, havíamos iniciado nossas atividades como docente, no mesmo ano em que ocorreu a intervenção desta pesquisa. Dessa forma, podemos ser caracterizados como professor iniciante.

O caminho que nos levou a iniciar as atividades docentes naquele ano deve-se ao concurso público para o magistério paulista de 1998, pois possibilitou nosso ingresso no magistério com cargo efetivo, medida que garantia, no mínimo, vinte aulas em uma unidade escolar.

O fato de estarmos cursando disciplinas da pós-graduação e de realizarmos discussões freqüentes com pesquisadores da área de educação ajudou-nos a amenizar as várias dificuldades normalmente enfrentadas pelos professores iniciantes.

Capítulo I – O tema eletricidade no Ensino Médio

I.1 – O tema eletricidade no Ensino Médio e alguns aspectos da natureza da Ciência

Todos nós que cursamos uma escola de Ensino Médio, o antigo segundo grau, temos na lembrança algumas passagens do ensino de Física com o tema eletricidade. Provavelmente, a grande maioria dessas pessoas relacionam estas lembranças aos aspectos mais conceituais, incluindo várias construções matemáticas (fórmulas) e descrições técnicas de aparelhos e instalações elétricas (desenhos de circuitos elétricos e eletrônicos).

Porém, não desconsiderando a importância de se abordarem os conceitos e as formulações matemáticas na compreensão dos fenômenos sobre eletricidade, existem outras possibilidades de trabalhar estes conteúdos, tendo em vista a compreensão de, pelo menos, alguns aspectos do processo do conhecimento científico.

A partir de um enfoque histórico é possível caracterizar a Ciência como uma atividade humana e, mostrar que as interpretações sobre o fenômeno eletricidade foram se modificando ao longo da história e outras foram se somando para constituírem interpretações mais complexas e poderosas.

Podemos, por exemplo, iniciar o trabalho educativo com o tema eletricidade abordando alguns aspectos que façam o aluno refletir sobre o *status* do conhecimento científico. Esta possibilidade, no entanto, exige partir do enfoque de que teorias e generalizações são conjecturais, de que idéias científicas podem mudar com o tempo, de que a Ciência lida com sistemas simplificados e idealizados e, por fim, de que a Ciência não é a única tentativa de explicar o mundo, mas o faz mediante um modelo racional poderoso.

De acordo com este enfoque, poderíamos iniciar o trabalho educativo com o tema eletricidade a partir do entendimento de que partículas portadoras de cargas elétricas constituem-se em um dos aspectos básicos para o entendimento do tema.

A partir do resgate do conceito de átomo formulado no início do século XX por Ernest Rutherford e Niels Bohr, é possível levar o aluno a compreender que estas construções teóricas são modelos que respondem satisfatoriamente a algumas demandas do trabalho científico.

Como modelo, estas construções teóricas estão sujeitas a aperfeiçoamentos. Neste caso, a idéia de átomo é extremamente abstrata. Não é possível, talvez devido às limitações do nosso conhecimento, dizer que o elétron possa estar em algum lugar definido do átomo com uma velocidade definida, pois de acordo com o princípio da incerteza de Werner Heisenberg não podemos saber onde estão e com que velocidade estão se movendo (FEYNMAN, 1999).

Podemos ainda, a partir do estudo do modelo atômico, exemplificar a noção de que a ciência é uma construção humana. Ela não se reveste de verdades absolutas, pois em muitos casos teorias são refutadas para ceder lugar a construções teóricas mais poderosas. Sobre este assunto Kneller (1980) nos diz que,

A ciência é histórica no sentido de que é uma atividade, uma instituição e um corpo de conhecimentos que mudam no tempo em função da busca de uma completa explicação da ordem da natureza. (KNELLER, 1980, p. 27)

Outros aspectos básicos do conteúdo eletricidade permitem uma abordagem histórica do tema, entres estes o conceito de campo elétrico, formulado por Faraday e descrito matematicamente por Maxwell.

Michael Faraday (1791-1867), nascido na Inglaterra, destaca-se por ter sido um experimentador realmente afortunado (...) *cuja coleção de cadernos de laboratório não contém uma única equação.* (HALLIDAY, RESNICK; KRANE, 1996, p.1)

Faraday trabalhava diariamente, registrando cuidadosamente todos os experimentos que realizava, e foi capaz de provar, a partir de uma série de experimentos (1831), que a movimentação de um ímã dentro de uma bobina de fios metálicos criava corrente elétrica em um circuito fechado. Para explicar este resultado, Faraday fez analogia com uma outra experiência sobre ímãs e imaginou que havia “linhas de força” formando um campo ao redor do ímã e que estas linhas eram as responsáveis pelo surgimento da corrente elétrica. Ele tinha um método de trabalho mais empírico, entretanto Kneller (1978) também chama a atenção para as poderosas idéias metafísicas desse cientista, tais como aquelas em que diz que toda a matéria é fundamentalmente força.

Já o escocês nascido em Edinburg, James Clerk Maxwell (1831-1879) era um verdadeiro lorde, conhecido também por ser um homem extremamente tímido,

religioso, introspectivo, reservado e devoto da família. Entretanto, foi um cientista brilhante que revolucionou o mundo com suas idéias sobre eletromagnetismo, sem as quais seria muito difícil a existência de rádios, televisores, fornos microondas, radares, computadores e toda a tecnologia envolvida com a teoria eletromagnética. Diferente de Faraday, Maxwell era um excelente matemático, tão brilhante que conseguiu entender os fenômenos observados por aquele e interpretá-los diante de construções e cálculos matemáticos. Entretanto, como assinala Kneller (1980) ele usava a Matemática em conjunto com idéias físicas claras, ou seja, criou um elaborado modelo mecânico das linhas de força de Faraday.

Percebe-se claramente a diferença de estilos usados por estes cientistas para entender e interpretar a natureza ao seu redor, já que eles são de algum modo influenciados por suas idéias a respeito de mundo, como no caso de Faraday que acreditava ser a matéria essencialmente força. Já Maxwell acreditava na existência de uma natureza bela e elegante, ao preservar a simetria entre campos magnético e elétrico, e isto faz parte do julgamento estético que tinha em relação ao universo. (SAGAN, 1997)

Fica nítida a diferença de estilos metodológicos utilizados para entender e interpretar a natureza desses dois cientistas. Neste ponto, podemos destacar a possibilidade de incorporar ao trabalho educativo algumas considerações sobre a natureza da metodologia científica, dentre estas, a idéia de que a Ciência não conta com um único método para a construção do conhecimento científico. Porém há, isto sim, diferentes caminhos para problematizar a realidade, coletar evidências e analisar os dados.

A partir deste ponto, podemos abordar as influências do contexto histórico e social, no qual vivem os cientistas, nos trabalhos por eles desenvolvidos. Faraday e Maxwell, a seu modo, eram homens extremamente religiosos. Basta lembrar que ambos viveram na Era Vitoriana, período da história inglesa marcado por grande fanatismo religioso. Faraday acreditava piamente ser um instrumento de Deus para a revelação da verdade.

Consideramos ainda que os dois cientistas viveram em uma época marcada pela nítida influência do paradigma⁴ mecanicista de Newton. A influência do paradigma mecanicista levou Maxwell a considerar o universo preenchido por uma substância

⁴ Paradigma entendido como um conjunto de regras e compromissos dos cientistas que derivavam de modelos dos quais brotam as tradições coerentes e específicas da pesquisa científica (Kuhn, 1997)

misteriosa (éter) que serviria de substrato mecânico para o movimento das ondas eletromagnéticas. Conforme Sagan (1997):

Vivendo numa era mecânica, Maxwell sentiu-se obrigado a oferecer uma espécie de modelo mecânico para a propagação de uma onda eletromagnética através do vácuo perfeito. Assim, ele imaginou o espaço preenchido com uma substância misteriosa a que deu o nome de éter, que sustentava e continha os campos magnéticos e elétricos variando no tempo. (SAGAN, 1997, p. 377)

Apesar das inúmeras influências sociais, éticas, estéticas e religiosas, o cientista possui grande confiança nos modelos racionais que propõe. As construções teóricas propostas devem fazer parte, necessariamente, de um corpo formado por outras teorias já testadas e aceitas diante de uma comunidade científica. Assim, podemos trabalhar com a idéia de ser o conhecimento científico o produto de um esforço coletivo de uma comunidade de pesquisadores e, novamente, abordar a idéia do *status* do conhecimento científico. Ou seja, este conhecimento é inacabado e nele está embutida uma margem de erro, um lembrete sobre sua imperfeição. Para Kneller (1980) a ciência sempre foi motivo para controvérsias, pois segundo o autor,

Como empreendimento humano, a Ciência é falível; ela pode degenerar ou pode responder às supremas aspirações dos homens. Como parte da sociedade, a Ciência também está aberta a influências externas; como qualquer atividade social, pode ser bem ou mal usada. Assim, diversos aspectos da Ciência suscitam diferentes respostas(...) a Ciência é um empreendimento humano e não uma terrível força impessoal. (KNELLER, 1980, p. 9)

Por possuir uma margem de erro, ou imperfeição, muitas das aplicações deste conhecimento tornam-se extremamente perniciosas e destruidoras, sobretudo porque estão sujeitas a influências sociais, políticas, econômicas e religiosas.

Há ainda, na história do desenvolvimento da aplicação do conhecimento sobre energia elétrica, um exemplo bem ilustrativo das diversas influências econômicas e

sociais a que estão sujeitas as aplicações tecnológicas. Trata-se do caso conhecido como “guerra das correntes”.

No final do século XIX, havia no mundo poucos geradores de energia elétrica em larga escala. Conforme Magalhães (2000), grande parte desses geradores eram construídos e comercializados por companhias norte-americanas, como a Edison & Company do inventor Thomas Alva Edison, a Thomson-Houston dos inventores Elihu Thomson e Edwin Houston e a Westinghouse do engenheiro e inventor George Westinghouse.

A companhia dirigida por Thomas Edison fabricava dínamos que geravam energia em corrente contínua. Edison considerava que esta era a forma mais viável de produção de eletricidade e imaginava seus equipamentos espalhados em pouco tempo em várias locais. Porém, a energia elétrica gerada em corrente contínua não pode ser distribuída a grandes distâncias, o que era uma limitação de ordem técnica dos geradores fabricados por Edison.

Ao mesmo tempo em que Edison já fabricava e comercializa seus equipamentos, Nicolas Tesla estudava os benefícios que poderiam advir da produção de eletricidade em corrente alternada. Esta pode ser distribuída por longas distâncias devido às transformações de diferença de potencial que este tipo de corrente pode sofrer, propiciando o envio de cargas elétricas com voltagens elevadas, diminuindo as perdas de energia por efeito Joule (Calor), que se dá através da resistência elétrica dos diferentes materiais condutores.

Tesla, que logo associou-se a Westghouse, outro grande empresário da recém criada indústria elétrica, decidiu investir em sua idéia de corrente alternada e passou a fabricar pioneiramente os dínamos de corrente alternada.

Apesar da comprovada eficiência técnica dos geradores que produziam corrente alternada, o debate técnico e científico, entre Tesla e Edison, cede lugar às disputas econômicas, sociais e até mesmo pessoais.

Essa passagem da história é conhecida como “guerra das correntes”, sobretudo porque foi marcada por confrontos verbais, conspirações e acusações entre Tesla e Edison.

Além destes, outros aspectos podem ser abordados durante o trabalho com o tema eletricidade e dentre estes destacam-se as discussões a respeito das aplicações tecnológicas deste conhecimento. O desenvolvimento tecnológico possibilita o

enfrentamento de inúmeros problemas da humanidade e, ao mesmo tempo, cria problemas inéditos para a sociedade.

Os diferentes produtos do conhecimento sobre a energia elétrica acarretam em mudanças negativas nos meios sociais e ambientais. Um caso bem específico está ligado à fabricação, ao uso e ao destino final dado aos pequenos geradores elétricos conhecidos pelo nome genéricos de pilhas e baterias.

As pilhas e pequenas baterias que utilizamos em nossos aparelhos eletrônicos, dispositivos que propiciam a obtenção de corrente elétrica em baixa tensão, possuem em seu interior metais altamente tóxicos, tais como mercúrio, chumbo, níquel, zinco e cádmio. Considerando que a grande maioria destes equipamentos são descartáveis, temos que muitos destes dispositivos acabam acondicionados e liberados de modo inadequado no meio ambiente.

Conforme Grimberg e Blauth (1998), são liberados anualmente somente no Estado de São Paulo cerca de 450 toneladas de pilhas. Descartados inadequadamente, estes equipamentos acabam liberando no ambiente elementos tóxicos que vão contaminar o solo e os cursos d'água, e posteriormente, após entrar na cadeia alimentar, acabam intoxicando o próprio homem, provocando sérios problemas à saúde, incluindo disfunções pulmonares, renais, estomacais, neurológicas e cerebrais.

A partir deste enfoque é possível não só discutir aspectos benéficos e prejudiciais aos meios social e ambiental, diretamente ligados à fabricação e à utilização das pilhas e baterias, mas também aspectos filosóficos e éticos que incluem a relação do homem com a natureza.

Ainda com referência aos aspectos da aplicação do conhecimento científico, temos que considerar a produção de energia elétrica em larga escala, através de usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares. Empreendimentos desta magnitude contribuem para mudanças significativas na sociedade e no ambiente, pois é na geração de energia elétrica em larga escala, que compreende todo o processo de transformação de uma fonte primária de energia em eletricidade, que encontramos significativos impactos ambientais, socio-econômicos e culturais.

I.2 – A produção de energia elétrica em larga escala e os diversos aspectos que podem ser explorados no ensino de Física

I.2.1 O atual contexto do processo de produção de energia elétrica em larga escala

As literaturas técnica e acadêmica possuem um vasto e diversificado material a respeito das inúmeras modificações nos meios social e ambiental promovidas ao longo do tempo, decorrentes do processo da produção e utilização da energia elétrica em larga escala. Tais mudanças ocorrem mediante influência de vários fatores, tais como filosóficos, éticos, estéticos, econômicos, políticos e históricos.

O atual contexto mundial é marcado por interferências profundas do homem na natureza, o que tem ocasionado mudanças climáticas, desastres ecológicos, distribuição desigual de riquezas naturais e humanas. Como destacam Reis e Silveira (2000), discussões a respeito desses grandes impactos sociais e ambientais e daqueles decorrentes da produção e do uso da energia elétrica em larga escala começam a ocorrer de modo mais sistemático em todo o mundo.

Vivemos atualmente em um contexto marcado pela percepção da necessidade de mudanças radicais nos modelos que orientam a organização e a produção da sociedade humana. Para Reis e Silveira (2000), há indícios que mostram uma maior percepção dos diversos setores da sociedade sobre os impactos irreversíveis que algumas interferências humanas podem provocar nos meios naturais e humanos.

Diante desse cenário, alguns grupos organizados da sociedade reuniram-se em encontros mundiais para discutir e propor mudanças nos modelos de organização e produção da sociedade, visando a rever e talvez a reverter o atual quadro de degradações.

Destacamos a Conferência de Estocolmo em 1972, por ter sido a primeira conferência organizada pelas Nações Unidas, que enfatizava a importância da questão ambiental e a necessidade de rever os processos de exploração do homem. Outros encontros foram organizados e realizados a partir de Estocolmo (1972), com destaque para a UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*), realizada no Rio de Janeiro em 1992. Dentre alguns resultados da UNCED, estão cinco documentos oficiais que se reverteram em acordos internacionais com o objetivo de amenizar, ou até mesmo modificar o atual quadro de degradações.

Esses acordos internacionais também procuram viabilizar um novo modelo de desenvolvimento econômico, muitas vezes denominado de *desenvolvimento sustentável*, termo criado a partir do resultado dos trabalhos da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Os trabalhos desta Comissão Mundial estão documentados no relatório *Nosso Futuro Comum*. Este relatório destaca, entre outros aspectos, que as questões ambientais estão diretamente relacionadas aos problemas sociais de pobreza, alimentação, saúde, moradia e trabalho.

Um dos documentos da UNCED, *Convenção do Clima*, chama a atenção para a questão do aumento do aquecimento da atmosfera terrestre - efeito estufa - e as causas que vêm desencadeando este processo. Nele, foram estabelecidas bases para estabilizar e reduzir as emissões do CO₂ (dióxido de carbono), gás proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis e um dos maiores responsáveis pelos efeitos de aquecimento “anormal” da atmosfera terrestre.

Entretanto, a redução dos níveis mundiais de emissão de CO₂ afetam diretamente o setor de produção de energia elétrica em larga escala. Segundo Reis e Silveira (2000), em termos mundiais, a atual matriz geradora de eletricidade é suprida praticamente por combustíveis fósseis, utilizados para transformar energia primária em energia elétrica. Entre estes combustíveis destacam-se o carvão mineral e o petróleo.

Nota-se, mediante o exemplo do setor de produção de energia elétrica em larga escala, que as medidas sugeridas pela UNCED esbarram em grandes interesses econômicos, ideológicos e políticos.

De acordo com Rosa (Rosa et al., 1988), o sentido ideológico está na percepção de alguns grupos que julgam ser necessária, para ocorrer o desenvolvimento econômico e social de um país, a alocação de vultosos investimentos em grandes matrizes geradoras de eletricidade.

O ponto de vista filosófico está em considerar a tecnologia um mal inevitável. Para Kneller (1980), isto está muito bem expresso nas palavras de Francis Bacon, que considerava que, somente através da tecnologia, o homem poderia alcançar a felicidade e a soberania sobre a natureza que possuía antes da queda (Gênesis). Para Bacon, a natureza existe em benefício do homem e, segundo ele, esta deve obedecer-lhe. Para que isto ocorra, o homem deve, através do conhecimento empírico científico, conhecer as leis que regem e determinam a natureza.

De acordo com Kneller (1980), algumas interpretações das palavras de Bacon levaram alguns homens a proclamar que (...) a *exploração do globo, da natureza*

externa, passa doravante a ser o único objetivo da atividade física do homem. (KNELLER, 1980, p.261)

Além dos aspectos ideológicos e filosóficos descritos acima, a mudança para um modelo de *desenvolvimento sustentável* esbarra em aspectos econômicos e políticos. A matriz energética mundial é caracterizada por um perfil no qual os combustíveis fósseis respondem por mais de 80 % (REIS; SILVEIRA, 2000) do combustível primário utilizado para gerar eletricidade. Esta característica está diretamente ligada aos baixos preços e à grande disponibilidade das fontes primárias fósseis, tais como petróleo, carvão mineral e gás natural.

Porém, de acordo com Reis e Silveira (2000), não se levam em conta neste processo de avaliação econômica da produção de energia elétrica em larga escala, os impactos ao meio-ambiente e às populações humanas, decorrentes da extração, transporte e utilização desses combustíveis. Além disso, o investimento em um macroprojeto de produção de energia elétrica considera interesses de grandes corporações econômicas, que se fazem presente na realização, venda de componentes de reposição, mão-de-obra especializada e comercialização de combustíveis. De acordo com Rosa et al. (1988);

A realização destes macroprojetos depende de grupos industriais e financeiros transnacionais para prover capital, tecnologia, gerência e, algumas vezes, acesso aos mercados (é o caso das exportações de produtos desses projetos). (ROSA et al., 1988, p. 11)

De maneira geral, o aspecto político relaciona-se de perto aos aspectos econômicos, pois a emergência de grandes investimentos muitas vezes faz parte de projetos de desenvolvimentos regionais. No Brasil, podemos citar como exemplo a criação dos PNDs (Planos Nacionais de Desenvolvimento) na década de setenta pelos governos militares. Nesta época, o governo brasileiro incentivou a construção de grandes hidrelétricas e usinas nucleares (Angra I e II).

Outros fatores econômicos e políticos dificultam a redução do uso de combustíveis fósseis na produção de energia elétrica. Na Inglaterra, por exemplo, a geração de energia elétrica esteve por muito tempo diretamente ligada à extração de carvão fóssil, setor que emprega milhares de trabalhadores. Durante a década de 1980, a

pressão política e social deste grupo acabou dificultando o processo de transição para outras matrizes de produção de energia elétrica.

Além das influências econômicas, políticas, filosóficas e ideológicas, destacamos também alguns aspectos históricos que interferem na busca de um modelo de produção de energia elétrica menos prejudicial ao meio-ambiente.

A noção de moderno, modernidade, progresso, avanço científico e aplicação tecnológica se entrelaçaram ao longo da história e, nas palavras de Magalhães (2000), resultaram em um verdadeiro nó górdio a ser desatado. Para o autor, esta confusão tem levado alguns setores da sociedade a acreditar que somente a ciência pode vir a indicar caminhos seguros na resolução dos diversos problemas.

Considerando ainda hoje, a existência de uma tradição histórica na qual vigora a promessa de um mundo mais limpo e organizado que somente pode ser conquistado através do caminho único e seguro da ciência, podemos dizer que algumas tentativas de explicar o mundo e propor outras orientações na busca de resoluções de problemas tendem a ser esvaziadas ou mesmo cerceadas, tais como algumas que possam surgir dentro de outros grupos organizados.

Diante do quadro acima, podemos perceber que vários aspectos dificultam o estabelecimento de um modelo de produção de eletricidade menos prejudicial aos sistemas humanos e ambientais.

Antes de trabalhar algumas considerações a respeito das diferentes formas de obtenção de energia elétrica em larga escala, vamos destacar alguns pontos relevantes do processo sócio-histórico da implantação dos primeiros geradores elétricos no Brasil.

I.2.2 – Alguns aspectos sócio-históricos a respeito do tema produção de energia elétrica em larga escala

I.2.2.1 - Introdução

O contexto sócio-histórico do surgimento dos primeiros geradores de eletricidade em larga escala é marcado pela aplicação mais sistemática da ciência nos processos industriais.

Foi no final do século XIX que surgiram as primeiras indústrias químicas alemãs, empregadoras de vários químicos profissionais. Nesse período, também surgem as primeiras aplicações do petróleo, fonte primária de energia que se tornaria

sustentáculo da sociedade moderna. Modernos processos de metalurgia passaram a ser possíveis graças a descoberta de processos eletrolíticos. Na década de 1880, apareceram os primeiros geradores de eletricidade no mundo, baseados na lei de indução proposta em 1831 pelo inglês Michael Faraday.

Ao contrário de alguns outros artefatos que foram aperfeiçoados a partir da arte de engenheiros e mecânicos, tais como a máquina de impressão de Guttemberg e as primeiras máquinas a vapor inventadas por empresários ingleses, a construção e o aperfeiçoamento dos geradores de eletricidade em larga escala só ocorreram no momento em que o homem passou a entender os conceitos básicos da eletricidade, disponibilizados pelo avanço do conhecimento científico. A corrida econômica passa, neste momento, a depender cada vez mais da possibilidade de desenvolvimento tecnológico.

De acordo com Magalhães (2000), a recente indústria elétrica mundial surge e concentra-se sobretudo nos EUA e na Alemanha, haja vista que os principais inventores também tornaram-se donos de grandes empresas, como, por exemplo; os americanos Thomas Alva Edison, fundador da Edison & Co., que mais tarde se tornaria GE (General Electric), e George Westinghouse, criador da Westinghouse, e os Alemães Werner e Wilhelm Siemens que fundaram a Siemens.

Nesse momento histórico (séc. XIX), início da produção e distribuição de energia elétrica em larga escala, várias indústrias passam a substituir as antigas caldeiras por máquinas movidas a energia elétrica. Nas grandes cidades do mundo, inclusive no Brasil, surgem os primeiros bondes elétricos, ruas e casas começam a ser iluminadas, processos industriais de separação de substâncias por eletricidade se multiplicam.

I.2.2.2 – O contexto sócio-histórico da produção de energia elétrica em larga escala no Brasil

O Brasil, dentro do contexto histórico mundial, vive a partir do final do século XIX uma situação inusitada. A curiosidade de D.Pedro II diante das principais conquistas tecnológicas se reverte em pioneirismo na área, pois ocorrem, por exemplo, fatos como a iluminação elétrica da Estação Central do Rio em 1879, mesmo ano da criação de uma lâmpada comercial por Edison.

Em 1883, conforme Magalhães (2000), ocorre a primeira experiência brasileira de utilização de energia hidroelétrica no Ribeirão do Inferno, que é um afluente do rio

Jequitinhonha em Diamantina (MG). Nesse ano também foi inaugurada a primeira linha de bondes elétricos do país, em Niterói, e ocorre a primeira iluminação pública da América do Sul, em Campos (MG).

No Estado de São Paulo, a primeira cidade a possuir luz elétrica foi a cidade de Rio Claro em 17/08/1884 com a instalação de 10 lâmpadas de arco voltaico de 200 velas cada uma, sobre postes de 10 metros (CESP, 1986).

Mas, diferente dos países industrializados, nosso país não investiu recursos na pesquisa de novas técnicas ou no aperfeiçoamento dos componentes elétricos. A consequência disso é que vários grupos empresariais estrangeiros instalaram-se no país, como por exemplo a Canadense Light e a norte-americana Amfort, que juntas passaram a controlar a maior parte da geração e distribuição de energia elétrica.

Apesar deste atraso tecnológico, o país rapidamente incorpora a nova tecnologia e inicia sua revolução industrial baseada neste novo tipo de energia, chamada por alguns de hulha branca, uma referência à substituição do carvão.

Para exemplificar este surto industrial do país, basta lembrar que grandes projetos de produção de energia elétrica em larga escala são realizados no período conhecido como República Velha (1889-1930). Em São Paulo, grandes mudanças são realizadas no curso do Rio Tietê, tais como a utilização da cachoeira do Inferno (Rio Tietê) em 1900, para a construção da usina Edgard de Souza, e a conclusão da represa do Guarapiranga em 1907.

Com o crescimento das cidades e a expansão da indústria, houve a necessidade da alocação de vultosos recursos para a geração de energia elétrica. Conforme Magalhães (2000), a construção pela Light na década de 1920 da usina de Cubatão (hoje Henri Borden), planejada e construída sob supervisão do engenheiro estadunidense Asa Billings, constituiu-se na maior obra de engenharia do país neste período.

Com o início da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o país passa a viver uma crise no abastecimento de energia. Além disso, se vê impossibilitado de importar vários produtos industriais, que passam então a ser fabricados aqui. Entretanto, o setor elétrico, que dependia dos equipamentos importados, fica impossibilitado de crescer e fornecer a energia elétrica requisitada pelos diversos setores produtivos do país. Esse fato propicia um descontentamento crescente da população e dos setores industriais em relação às empresas privadas de geração e distribuição de eletricidade.

A crise leva o governo a acelerar o processo de intervenção que vinha sendo feito a passos curtos desde 1934, quando foi criado o Código das Águas, projeto

parlamentar que visava à regulamentação da exploração dos recursos hídricos brasileiros.

O Código das Águas foi um instrumento importante para que o governo brasileiro pudesse estabelecer critérios para a fixação tarifária. Essa lei ainda estipulou que seria propriedade pública todos os recursos hídricos brasileiros. Conforme Rosa et al.(1988);

(...) em linhas gerais o Código de Águas incorporou as quedas d'água ao patrimônio da União (art.147), devendo seu aproveitamento industrial ser submetido à concessão por parte do Governo Federal (art.139). Além disso – fonte de radical conflito com a vertente privada – as tarifas das empresas seriam estabelecidas na base de serviços prestados pelo preço de custo (art.180) e o capital das empresas a ser avaliado na base do custo histórico (art.180). (ROSA et al., 1988, p.21)

Adversários da intervenção estatal, as empresas privadas de geração de energia elétrica alegaram, em sua defesa, que existia naquele momento um problema de escassez de material para reposição e modernização dos equipamentos. Além disso, sustentaram que durante o período de reconstrução da Europa havia pouco dinheiro em circulação no mundo, e este não estava disponível para investimentos no setor de infraestrutura dos países sub-desenvolvidos.

Outros autores (CESP, 1986 e Lima, 1995) também indicam que as empresas reclamavam do baixo valor da tarifa fixado pelo governo federal. De acordo com Lima (1995):

Na ótica das empresas concessionárias estrangeiras e dos adversários da intervenção estatal no setor de energia elétrica, a raiz da queda dos investimentos no setor situava-se na política tarifária implantada pelo Código de Águas, que definia a avaliação do capital empregado pelo custo histórico do investimento. O argumento utilizado era que a desvalorização contínua da moeda corroía a base sobre a qual incidia a taxa de remuneração alcançada pelas empresas. A avaliação do custo histórico, núcleo de toda a controvérsia sobre a regulamentação

do Código, continuou assim submetida a ponderações conflitantes de ambas as partes. (LIMA, 1995, p.38)

Diante do quadro complexo de falta de investimento no setor e de seus efeitos na diminuição do ritmo de crescimento do país, o governo federal passou a adquirir os capitais das empresas geradoras e distribuidoras e assumiu a gerência dos rumos do setor.

Depois do Código das Águas, o fato mais significativo na regulamentação do setor foi a criação em julho de 1960 do Ministério das Minas e Energia-MME e da Eletrobrás em abril de 1960, através da Lei nº 3890.

A criação da Eletrobrás marca o início do processo de verticalização e centralização do setor elétrico brasileiro. Ou seja, todo o setor elétrico desde a geração, transmissão e distribuição passara a ser controlado pelo governo.

Outro fato marcante foi a criação da Lei nº 4156, de novembro de 1962, que alterou a base de cálculo do IUEE (porcentagem da tarifa fiscal) e criou o empréstimo compulsório, cobrado em troca de obrigações da Eletrobrás, com rendimento de 12% ao ano e prazo de resgate de 10 anos. Este empréstimo possibilitou que o governo arrecadasse parte do recurso necessário para a construção dos grandes geradores da década de sessenta e setenta.

As décadas de sessenta e setenta foram marcadas, no setor elétrico brasileiro, sobretudo, pelo pesado investimento estatal na construção de grandes obras. Parte significativa da dívida externa brasileira é diretamente relacionada aos recursos que foram necessários para a construção da binacional Itaipu no Rio Paraná, Sobradinho no Rio São Francisco, Furnas no Rio Grande (MG), Itumbiara no Rio Paraíba (GO), Tucuruí no Rio Tocantins (PA), Porto Primavera no Rio Paraná (SP), Marimbondo no Rio Grande (SP), Paulo Afonso e Xingó no Rio São Francisco e várias outras, além do projeto e construção das 02 usinas nucleares de Angra dos Reis (RJ).

Grande parte destas obras foram realizadas pelos governos militares entre os anos de 1964 a 1984. Este período destaca-se, entre outras coisas, pela pequena transparência nas tomadas de decisão em setores estratégicos da sociedade, como por exemplo os investimentos realizados na área termonuclear. Conforme destaca Rosa et al.(1988),

O programa Nuclear Brasileiro foi alvo de críticas de diversos setores da sociedade. Encontram-se entre seus opositores, intelectuais, cientistas, empresários, representantes de classe e políticos das mais diversas conotações ideológicas, cobrindo uma ampla faixa de posições. Critica-se o montante dos investimentos requeridos para a sua implementação, o pequeno espaço nele reservado à indústria nacional, o distanciamento entre o corpo técnico responsável pelo seu planejamento e execução e a comunidade científica nacional e, sobretudo, critica-se sua racionalidade... (ROSA et al., 1988, p. 43)

A partir da década de oitenta, surgem os primeiros indícios de saturação do modelo estatal no setor elétrico brasileiro. As duas crises do petróleo que ocorreram na década de setenta e a moratória mexicana reduziram drasticamente a oferta de financiamento estrangeiro a países subdesenvolvidos.

Além disso, os juros da dívida externa aumentaram drasticamente, motivo que levou diversos governos a diminuir ainda mais os recursos para aplicação em setores de infra-estrutura.

No Brasil e em alguns outros países com dificuldade financeira tais como a Argentina, o setor elétrico ainda sofreu com a forte depreciação sofrida pelas tarifas de energia, que serviam para o governo controlar o processo inflacionário.

A partir de 1994 o governo Fernando Henrique Cardoso propõe e dá início ao processo de privatização do setor de geração e distribuição de energia elétrica. Além disso, a Eletrobrás é extinta e em seu lugar surge a ANEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), responsável, entre outras, pela regularização do setor.

Estas breves discussões históricas auxiliam no entendimento de alguns dados sobre o setor elétrico brasileiro. Podemos dizer que discussões sobre impactos sociais e ambientais, provocadas pela produção de energia elétrica em larga escala, nunca estiveram tão presentes, quanto estão nos dias atuais, apesar de ainda restritas aos meios técnicos e acadêmicos.

A seguir vamos apresentar algumas discussões sobre os principais impactos diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala.

I.2.3 – Produção de energia elétrica em larga escala e a relação com mudanças ambientais, sociais, culturais e econômicas.

I.2.3.1 - Introdução

Como atender à voracidade de energia que as sociedades urbanas modernas requerem para sua sobrevivência sem trazer grandes prejuízos aos sistemas humanos e ambientais?

Esta pergunta, ainda sem respostas definitivas, tem sido objeto de estudos e discussões em meios acadêmicos, políticos, financeiros e em outras organizações sociais, pois o crescimento econômico e social de um país está intimamente ligado à oferta de energia.

Em países onde grandes parcelas da população ainda não possuem acesso à energia é esperado um maior aumento da demanda. Conforme Reis e Silveira (2000), o processo de desenvolvimento econômico implicará um aumento significativo da demanda por energia elétrica. Em países como o Brasil, o aumento de um ponto percentual no PIB significa, geralmente, um aumento de 30% no consumo desta energia.

Porém, o crescimento da demanda por energia elétrica deveria permitir um maior investimento em plantas energéticas menos prejudiciais aos meios sociais e naturais. Mas, ao contrário, observa-se que, na maior parte do mundo, as centrais energéticas que usam combustíveis fósseis ainda prevalecem.

Além do preço convidativo do combustível fóssil (carvão fóssil, petróleo), grandes cifras envolvem inúmeros interesses financeiros e políticos, tais como os de grandes empreiteiras nacionais e transnacionais que dominam a tecnologia de determinada matriz. Observa-se que projetos mais adequados a um modelo de desenvolvimento sustentável permanecem na condição experimental.

Para que possamos compreender quais são os processos de produção de energia elétrica menos prejudiciais aos meios naturais e humanos precisamos identificar os principais processos de transformação de uma fonte de energia primária em elétrica e, dentre estas fontes, quais são as que trazem menores impactos na sua utilização.

Optamos, neste momento, dada à complexidade do tema, por apresentar algumas das diferentes maneiras conhecidas de produção energia elétrica em larga escala. Nesta

apresentação, destacaremos aspectos importantes ligados aos benefícios e prejuízos advindos de cada forma de obtenção de energia elétrica.

Os principais processos de transformação de uma fonte primária de energia em energia elétrica podem ser divididos em três grandes grupos:

- transformação da energia cinética do deslocamento de grandes massas em energia mecânica e desta, por processos eletromagnéticos, em energia elétrica. Este processo faz-se mediante a utilização de turbinas hidráulicas e eólicas;
- transformação direta da energia solar em energia elétrica, através do uso de células fotovoltaicas;
- transformação da energia química liberada na combustão, ou na fissão nuclear, em energia mecânica e desta, por processos eletromagnéticos, em energia elétrica.

As fontes primárias de energia podem ser classificadas em renováveis e não-renováveis. São classificadas como fontes renováveis de energia primária aquelas passíveis de renovação pela natureza em um período de tempo menor que o de sua utilização. São exemplos de fontes renováveis as águas dos rios e mares, a energia solar, eólica e a biomassa – representada pelas florestas energéticas, cana-de-açúcar e resíduos animais e humanos.

Fontes não-renováveis de energia são aquelas passíveis de se esgotarem por serem utilizadas com velocidade maiores que os milhares de anos necessários para a natureza repô-las. Nesta categoria, estão todos os derivados do petróleo, o carvão fóssil, o gás natural e os elementos radioativos (urânio, tório, plutônio e etc.). Na maioria dos casos, utilizam-se tais fontes para gerar energia térmica e esta por sua vez vai ser convertida em energia mecânica em uma turbina. A geração de eletricidade por este processo é conhecida como geração termelétrica.

Para facilitar a descrição das inúmeras mudanças que as diferentes matrizes geradoras de eletricidade podem ocasionar, optamos por apresentar separadamente algumas das principais formas de geração de energia elétrica em larga escala. Estas diversas formas foram divididas em geração de energia elétrica por:

1 – Hidrelétricas; 2 – Termelétricas (Movidas a gás natural, carvão fóssil, derivados de petróleo e biomassa); 3 – Usinas Nucleares; 4 – Fontes alternativas (energia solar e eólica).

Devido à restrição de espaço e ao objetivo deste texto, a apresentação a seguir não será exaustiva. Pelo contrário, vamos abordar algumas das principais características de cada uma das formas de gerar eletricidade em larga escala apresentadas acima.

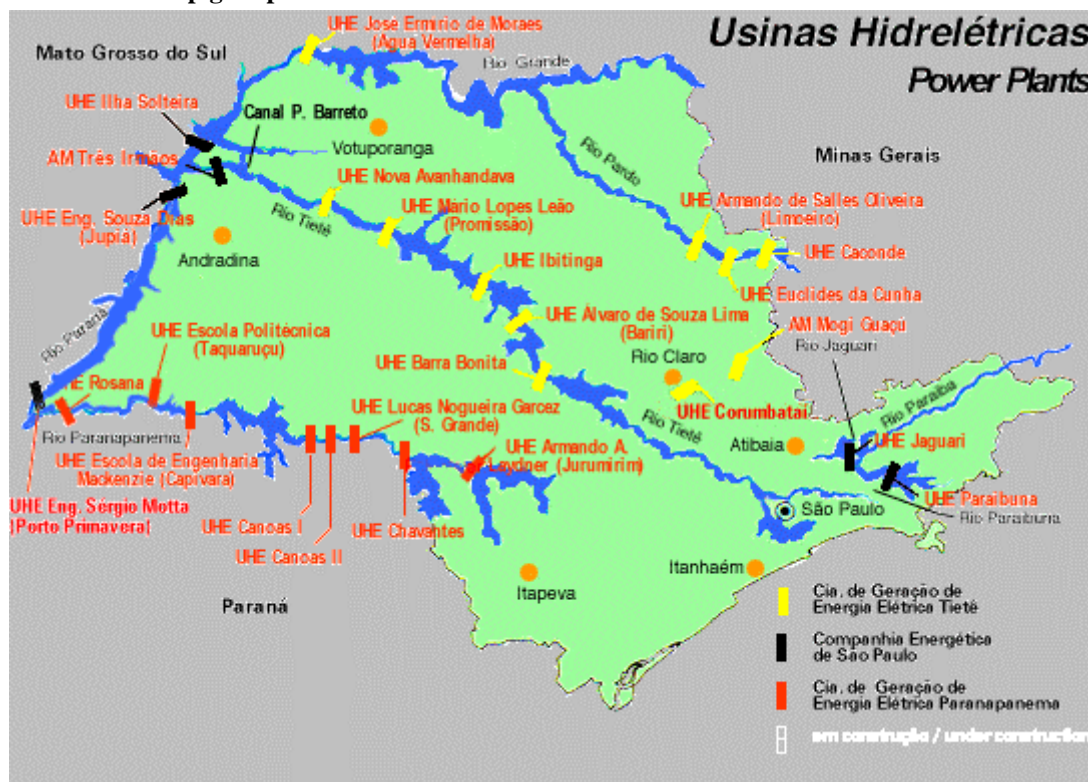
I.2.3.2 – Geração de energia elétrica por hidrelétricas

A energia elétrica produzida em larga escala no Brasil provem quase que exclusivamente de geradores hidrelétricos. Segundo Reis e Silveira (2000), 90% de toda a produção em 1995 foi gerada por hidreletricidade.

No Estado de São Paulo existem inúmeras usinas hidrelétricas espalhadas pelo território. Estas usinas podem ser classificadas como pequenas, médias ou grandes, de acordo com sua capacidade de gerar energia elétrica (potência em megawatt) e com a extensão de sua barragem e reservatório de água. Na região de Araraquara existem algumas pequenas usinas hidrelétricas em funcionamento, como por exemplo a usina localizada no município de Gavião Peixoto. Na figura 3, representada abaixo, estão indicadas as maiores usinas hidrelétricas existentes no território paulista.

Figura 3 : Planta das principais usinas hidrelétricas paulistas

Fonte: www.cesp.gov.br



Esta característica do país deve-se ao grande potencial hídrico existente, e também à carência de outras fontes primárias tais como o petróleo, o gás natural e o carvão fóssil. Em outros países, outras fontes de energia primária têm sido utilizadas de acordo com as características peculiares locais. Segundo Rosa et al.(1998), os dados referentes ao ano de 1994 mostram que na Inglaterra 60,7 % da energia elétrica era produzida a partir de termelétricas movidas a carvão fóssil. Já na França mais de 75% provinha de usinas nucleares e na Argentina 63,5% da energia era gerada em termelétricas movidas à gás natural e óleo.

Apesar do grande tempo necessário para a execução das obras e dos grandes investimentos financeiros, o Brasil, nas décadas de sessenta e setenta, investiu bilhões de dólares em vários macroprojetos de construção de hidrelétricas. Tais macroprojetos possuem em comum imensos reservatórios de água, necessários para a regularização das vazões médias dos rios, cuja finalidade é determinar uma produção estável de energia elétrica durante todo o ano. Além disso, a inexistência de grandes desníveis no território por onde os rios brasileiros seguem, exige o acúmulo de grandes massas de água nos reservatórios. Normalmente, grandes reservatórios possuem barragens acima de 10 metros de altura, aspecto necessário para que exista bom aproveitamento energético.

Apesar destas características, grandes projetos hidrelétricos para geração de eletricidade foram considerados durante muito tempo como uma das formas mais limpas e menos agressoras do meio ambiente, principalmente devido à taxa zero de emissões de gases no processo final de produção.

Atualmente, esta visão tem sido questionada, sobretudo devido aos impactos sociais e ambientais. A construção de uma barragem, do ponto de vista socioambiental traz vantagens e desvantagens, custos e benefícios. Sabemos que grandes reservatórios de água provocam a inundação de uma vasta área terrestre, com nítidos prejuízos na fauna e flora local, deslocamento de populações ribeirinhas, desaparecimento de terras férteis, destruição de tesouros culturais e emissão de gases estufa (metano) provenientes da decomposição de material orgânico.

Nos últimos anos, devido à nova legislação e à pressão de órgãos financiadores externos, Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) estão sendo requeridos para a concessão de qualquer tipo de projeto energético, incluindo-se as matrizes hidrelétricas. Apesar desta melhora significativa no relacionamento com o meio-ambiente, ainda assim estes projetos são causa de

discussões controvertidas, devido às mudanças e interferências humanas no meio natural.

Dentre outras mudanças, decorrentes da construção de uma grande hidrelétrica, estão aquelas provocadas pelos grandes lagos artificiais. Estas construções humanas provocam uma ligeira mudança no micro-clima da região. Além disso, temos:

- o regime de águas estáticas, devido à barragem, proporciona a acumulação de uma grande quantidade de detritos;
- devido à profundidade do lago os raios solares iluminam com menor incidência águas localizadas em níveis mais baixos;
- diversas espécies de organismos vegetais são aniquilados por afogamento ou poda;
- muitos animais são mortos por afogamento. Alguns migram para outras regiões ou são deslocados por técnicos, porém acabam morrendo devido a mudanças na cadeia alimentar ou à incidência maior de predadores;
- várias espécies de peixes não sobrevivem em águas de regime estático ou que sejam profundas, fator que provoca mudanças na temperatura média da água.

Há uma nítida relação entre as mudanças sociais e ambientais, pois a perda de ambientes naturais surtem efeito na qualidade de vida da população, como, por exemplo, o alagamento de terras férteis. Mesmo assim, podemos destacar alguns impactos mais ligados aos aspectos sociais, tais como o deslocamento de grandes contingentes populacionais.

Existem alguns estudos sobre os impactos sociais decorrentes da construção de projetos hidrelétricos brasileiros, entre estes Sigaud (IN ROSA et al., 1988) que destaca os efeitos negativos da barragem Sobradinho.

A barragem Sobradinho está localizada no Rio São Francisco, próxima à cidade de Juazeiro (BA), e foi construída a partir de 1973 pela empresa estatal CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco) e inaugurada em 1978. Durante a construção da barragem, centenas de famílias que viviam às margens do Rio São Francisco foram notificadas sobre a inundação das suas terras, devido ao grandioso empreendimento econômico e social da construção de uma hidrelétrica na região. Notas oficiais propagavam a indenização por parte do governo aos moradores diretamente afetados pela barragem. Porém, dados levantados por Sigaud (IN ROSA et al., 1988), destacam que houve um processo de deslocamento compulsório da população, além da

arbitrariedade das indenizações promovidas, que vieram a prejudicar em muitos aspectos os ribeirinhos.

As terras oferecidas pelo Estado, em troca das que seriam inundadas, eram localizadas a centenas de quilômetros do local onde habitavam. O preço oferecido pelo Estado às terras daqueles proprietários que não aceitavam migrar para grandes distâncias eram bem inferiores ao valor que existia antes do início da construção da barragem. Além disso, dois outros aspectos prejudicaram os moradores da região:

- 1- As terras oferecidas não eram tão férteis como as ricas terras da vazante das margens do rio;
- 2- Muitos camponeses não tinham documentos para provar a propriedade das terras que habitavam.

Além destes aspectos, Sigaud (IN ROSA et al., 1988) ainda destaca que a construção do reservatório modificou em muitos aspectos as condições ambientais do Rio São Francisco, e isto refletiu no desaparecimento da prática da pesca utilizada por pequenos produtores em períodos de entre-safra. Com a construção da barragem, as águas tornaram-se revoltas e profundas, inviáveis para a utilização de pequenas embarcações. Esta modificação do regime do Rio ainda provocou o desaparecimento de algumas espécies de peixes.

Com a construção da Barragem de Sobradinho, houve um processo de descapitalização da população que vivia próxima à área inundada. Parte desta população migrou para grandes cidades brasileiras, aumentando ainda mais o inchaço dos grandes centros. Além disso, muitas famílias que permaneceram nas terras oferecidas pelo governo acabaram desfazendo-se da propriedade e tornaram-se empregados em grandes cooperativas instaladas à margem do lago, possíveis graças ao investimento federal em projetos de irrigação que beneficiavam grandes proprietários exportadores de frutas tropicais.

Segundo Rosa e outros (1988), outros impactos sociais negativos estão relacionados à construção de grandes projetos hidrelétricos no Brasil. A conclusão de uma grande usina hidrelétrica acaba colocando em situação de desemprego milhares de trabalhadores com baixa qualificação. Este grave problema social atinge dimensões maiores a medida que cidades próximas à usina vão sendo ocupadas desordenadamente.

A identificação, a compreensão e a discussão de todos estes fatores ligados aos grandes projetos hidrelétricos, que influem negativamente nos meios sociais e nos processos naturais do meio ambiente, constituem-se em avanços em termos de conhecimento do homem sobre o processo de produção de eletricidade em larga escala.

Alguns setores técnicos e científicos reconhecem que os grandes empreendimentos hidrelétricos não são os mais adequados, dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável. Atualmente, vem se discutindo a possibilidade de se incentivar a execução de usinas hidrelétricas menores e locais, medida que pode possibilitar a descentralização do setor, o aumento da confiabilidade e menores impactos socioambientais.

I.2.3.3 – Geração de energia elétrica por termelétricas

A energia elétrica produzida por termelétricas é a mais utilizada em todo o mundo. Países como a Inglaterra produzem grande parte da energia elétrica consumida no país a partir da queima do carvão fóssil.

Em termos mundiais, as termelétricas são responsáveis pela maior parte da produção de energia elétrica. Nos EUA, por exemplo, Rosa et al.(1998) indicam que 73 % da energia elétrica gerada é procedente de termelétricas.

Talvez, a grande vantagem na utilização de termelétricas no mundo esteja vinculada aos aspectos econômicos. Alguns países possuem enormes jazidas de combustíveis fósseis, característica que reduz muito o custo do MW (Megawatt) de energia produzido.

No Brasil, a geração de eletricidade por termelétricas ainda é incipiente. A maior concentração de usinas que utilizam o óleo combustível e o carvão fóssil encontram-se no sul do país, mas representam apenas 2% do total da energia produzida.

No Estado do Rio Grande do Sul, temos os Complexos Carboelétricos Jacuí I e Candiota. Estes complexos carboelétricos são compostos basicamente de uma mina de carvão mineral e de uma usina termelétrica.

Outros combustíveis também são utilizados no Brasil para gerar eletricidade em termelétricas. Atualmente, tem se falado sobre a utilização do gás natural importado da Bolívia para a geração de eletricidade. A crise energética brasileira e o curto prazo necessário para a construção de termelétricas movidas a gás natural tem feito com que o

governo incentive a construção destas usinas. A construção de usinas termelétricas movidas a gás natural não exige investimentos em sofisticados processos tecnológicos.

O processo básico de funcionamento de uma termelétrica está baseado na conversão de energia térmica em energia mecânica e desta, através de processos eletromagnéticos, em energia elétrica. Uma termelétrica pode utilizar diversas fontes de energia primária para obtenção de calor, dentre estas o gás natural, o carvão fóssil, derivados de petróleo e biomassa. Dependendo do tipo da fonte utilizada, teremos maiores ou menores impactos provocados por este tipo de gerador.

Geradores termelétricos que utilizam fontes não-renováveis de energia primária, tais como o carvão fóssil, o gás natural e os derivados de petróleo são os que causam maiores impactos ambientais. No processo de queima desses combustíveis, grandes quantidades de gases poluidores são lançados à atmosfera. O principal produto da combustão dessas fontes é o CO_2 , que é um dos principais agentes do processo de aquecimento global conhecido como efeito estufa. Além disso, existem emissões de metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), óxido de enxofre (SO_x), óxido de nitrogênio (NO_x) e partículas sólidas (cinzas). As quantidades vão depender das características próprias de cada usina e do tipo de combustível utilizado.

Além do efeito estufa, outros impactos estão diretamente associados às emissões de gases por termelétricas. A chuva ácida, um efeito da poluição causada por gases, ocorre devido ao aumento da concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x) na atmosfera. Devido a algumas reações químicas, estas partículas tornam-se parte de compostos ácidos, tais como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), que precipitam-se juntamente com a chuva.

Estes ácidos acabam oxidando vários materiais formados por metais não-nobres, entre estes vários monumentos públicos. Além disso, a chuva ácida polui rios e lagos e traz grandes prejuízos para as lavouras e para os ecossistemas naturais. Dentre as fontes citadas, o carvão mineral é o principal causador da chuva ácida. Outros eventos estão ainda associados à chuva ácida, tais como o desflorestamento de grandes áreas. Na Alemanha, grande parte da famosa Floresta Negra desapareceu devido a chuva ácida, tão comum em países europeus.

Além de todos os compostos gasosos emitidos por centrais termelétricas, cujo combustível utilizado é o carvão mineral, ressalta-se ainda a importância negativa das emissões de cinzas. As cinzas geradas e emitidas pelas termelétricas, são espalhadas pela ação dos ventos em uma grande área territorial. Essas cinzas precipitam-se sobre o

solo, rios e lagos, provocando degradações ambientais. Isto ocorre sobretudo devido ao alto índice de metais pesados presente nestas partículas.

Em termos de impactos ambientais tanto o carvão mineral como os derivados do petróleo constituem-se nas principais fontes energéticas de que se origina a poluição. Dentre as fontes não-renováveis de energia utilizadas em termelétricas, o gás natural é a que apresenta menores taxas de poluição atmosférica, sendo seu principal produto o CO₂ (dióxido de carbono).

No trabalho de Reis e Silveira (2000), o gás natural é apresentado como uma fonte transitória entre os derivados de petróleo, o carvão e as tecnologias menos agressoras do meio ambiente.

As termelétricas podem também usar como combustível a biomassa, ou seja, bagaço de cana-de-açúcar, madeira de florestas energéticas, etanol, carvão vegetal e outros. O uso da biomassa como combustível em termelétricas é hoje considerado uma das principais alternativas de fonte renovável para produção de eletricidade em larga escala no futuro. Esforços têm sido realizados no sentido de se incentivar o maior uso de biomassa no mundo. Um ponto extremamente favorável a sua utilização está ligado aos pequenos índices de emissões de CO₂; em certos casos, bem próximos de zero. Segundo Reis e Silveira (2000), se a biomassa for produzida de forma sustentável, praticamente todo o CO₂ liberado na queima do material será extraído da atmosfera durante a fotossíntese realizada pelo cultivo de material de reposição.

Porém, uma grande preocupação quanto à difusão do uso da biomassa está na perda da biodiversidade, de solos para agricultura de alimentos e do uso de defensivos agrícolas em grandes quantidades. Na maioria das vezes, florestas são substituídas para dar lugar a plantações de monocultura, fato que ocasiona um grande impacto ambiental devido à perda da biodiversidade.

Além disso, a sustentação de uma monocultura exige a utilização intensiva de defensivos agrícolas que poluem o solo e a água. Por fim, devido ao aspecto econômico, parte da terra que antes poderia produzir lavouras de alimentos passa a cultivar monoculturas energéticas.

No Brasil, devido à crise do petróleo na década de setenta, foi criado o Plano Nacional do Álcool, visando à substituição de derivados do petróleo. A extensa produção de álcool combustível propiciou que grandes usinas de moagem utilizassem o bagaço de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica. Parte desta energia elétrica é

consumida pela própria usina e o excedente é comercializado com as concessionárias distribuidoras.

Na região sudeste, encontra-se a maior parte da produção de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana de açúcar. Porém, o crescimento deste setor ainda é limitado, devido aos baixos preços do MW de energia pago pelas distribuidoras.

Quanto aos impactos sociais, além daqueles diretamente ligados aos impactos ambientais, verifica-se no Brasil que um grande contingente da população que trabalha no corte de cana na época da safra fica sem emprego no período da entre-safra. Em certas regiões dos estados produtores, há um verdadeiro inchaço populacional na época da safra, principalmente devido ao grande deslocamento de pessoas vindas de outros estados, tais como os da região nordeste do país.

As usinas nucleares também seguem o perfil fundamental do funcionamento das termelétricas. Ou seja, baseiam-se na conversão de energia térmica em energia elétrica. Porém, algumas particularidades técnicas, sociais e ambientais, diretamente relacionadas a este tipo de geração elétrica nos permitem um tratamento mais elaborado desta questão.

I.2.3.4 – Geração de energia elétrica através de usinas nucleares

A produção de energia elétrica mediante utilização de elementos radioativos (plutônio, urânio e outros) em usinas nucleares constitui-se numa das mais importantes fontes primárias de conversão de energia do mundo.

Malheiros (1996) aponta até 1996 a existência de 437 usinas nucleares em operação e 39 em construção, em todo o mundo. Países como Japão, EUA, Alemanha, França, Inglaterra e os da CEI (Comunidade de Estados Independentes – ex-União Soviética), concentram a maior parte dos geradores movidos a energia nuclear. Os EUA, têm a maior concentração de usinas nucleares do planeta, com aproximadamente 109 reatores. Porém eles respondem por apenas 19% de toda a energia gerada naquele país. A Alemanha possui 19 usinas nucleares, e, segundo Rosa et al. (1998), a França possui 56 reatores, responsáveis por mais de 75% da energia elétrica gerada no país.

Na América Latina, somente três países possuem reatores nucleares, México, Brasil e Argentina, com dois reatores cada um. No Brasil, as usinas nucleares estão localizadas em Angra dos Reis – RJ e respondem por menos de 3 % de toda a energia elétrica gerada no país.

Os materiais radioativos, utilizados como combustíveis nessas usinas, estão classificados em fontes de energia não-renovável. No entanto, do ponto de vista de impactos ambientais mais imediatos, como por exemplo, emissões diretas de gases e cinzas, entende-se que estas usinas provocam um impacto relativamente menor do que outras plantas energéticas, tais como as que utilizam derivados de petróleo ou carvão fóssil.

Para Reis e Silveira (2000), a energia nuclear, embora não seja renovável, constitui-se numa das principais alternativas futuras de geração de energia elétrica. O maiores problemas relacionados a este tipo de produção, como segurança e descarte de resíduos radioativos, tendem a uma solução aceitável. Sofisticados processos tecnológicos devem resolver em parte o problema dos resíduos radioativos.

Quanto à segurança, ocorrências de acidentes em usinas nucleares são extremamente pequenas, cerca de 10^{-4} por reator/ano. Porém, as consequências de um acidente desta natureza são extremamente graves. Acidentes com materiais radioativos geram emissões de radiação que permanecem afetando o meio ambiente e a população por centenas de anos. Pessoas que estiveram em contato direto com altos níveis de radiação estão sujeitas a inúmeros problemas de saúde. Além disso, a exposição a radiação pode provocar modificações genéticas nos organismos vivos, e, essas podem ser transferidas aos seus descendentes.

Devido ao temor de um grande acidente, nenhuma outra forma de produção de energia elétrica enfrenta tantas pressões mundiais quanto as usinas nucleares. Segundo Rosa e Shaeffer (IN ROSA et al., 1988), isto se deve, principalmente, ao forte impacto na percepção mundial causada pelos acidentes de Three Miles Island (EUA - 1979) e Chernobyl (Ucrânia - 1986). Para os autores, no Brasil, os riscos de acidentes com hidroprojetos são bem maiores se comparados à mesma probabilidade das usinas de Angra I e II.

Algumas possíveis razões para a resistência popular a projetos de plantas nucleares foram levantadas no início da década de setenta pelo pesquisador Gast (1973) (IN ROSA et al., 1988). Entre estas destacam-se:

- *Em hidroprojetos é freqüente o caso em que a maior parte dos beneficiários das obras moram e trabalham em áreas geograficamente distantes, onde o risco é praticamente nulo;*

- *É fácil entender o princípio de funcionamento de uma hidrelétrica. Dessa maneira, é mais simples admitir que os técnicos responsáveis pela mesma “sabem” o que estão fazendo;*
- *O público aceita o pequeno risco de uma barragem, uma vez que ele está calculado em uma experiência histórica, ao contrário de usinas nucleares para as quais esta experiência inexistente. (GAST, IN ROSA et al., 1988p. 182-183)*

Ainda segundo Rosa et al.(1988), diferente dos técnicos, o grande público avalia e aceita de modo negativo os diferentes riscos inerentes a projetos de plantas nucleares. Devido a estas diferentes percepções entre os técnicos e a população, o processo de investimento em usinas nucleares acaba sendo muito mais político do que técnico. Os acordos realizados, no período da ditadura militar, entre Brasil-EUA e Brasil-Alemanha na área nuclear só foram possíveis devido ao sigilo absoluto sobre a questão.

Vários autores (Malheiros, 1996 e Rosa et al. 1988) analisam que os investimentos brasileiros na área nuclear foram realizados sobretudo devido à lógica da transferência da tecnologia. Para o governo, o domínio da tecnologia nuclear poderia desempenhar um papel chave nos planos de desenvolvimento do país. Além do mais, na época, a energia nuclear representava a energia do futuro em substituição aos derivados do petróleo. Não é demais ressaltar que o domínio da tecnologia nuclear possibilitaria ao país, caso tivesse interesse, a produção de armamentos bélicos.

Esta lógica da transferência de tecnologia pode explicar os altos investimentos realizados pelo governo em projetos de plantas nucleares. Isto porque os custos finais na produção de energia elétrica em uma usina nuclear, no caso brasileiro, são bem maiores do que os custos finais de uma grande hidrelétrica. Além disso, existem os problemas relacionados à dependência externa, bem nítidos quanto à questão da produção e manutenção dos equipamentos e da utilização do urânio. Este material tem que passar por diversos processos industriais antes de ser utilizado nos reatores das usinas, processo conhecido como enriquecimento do urânio. Porém, poucos países possuem esta tecnologia, entre estes destacamos os EUA, Japão, Rússia e Alemanha.

Quanto à questão dos resíduos radioativos, talvez este hoje seja o maior desafio deste tipo de tecnologia. Anualmente, milhares de toneladas de resíduos são dispostos em grandes depósitos, devido ao alto índice de radiação residual. Atualmente, estão

sendo pesquisadas várias maneiras de estocar estes materiais com segurança e de minimizar a radiação residual nos dejetos das usinas.

Uma das formas atualmente em estudo para diminuir a quantidade de resíduos está em desenvolver reatores que aproveitem os combustíveis com radiação residual. Caso este estudo demonstre que esta alternativa seja viável técnica e economicamente, existe a possibilidade de um novo “boom” de procura por esta tecnologia.

Por último, destacamos que o tipo de reator utilizado no Brasil, um PWR (Pressurized Water Reactor), utiliza no seu sistema de refrigeração a água captada de fontes externas. O principal problema ambiental decorrente da utilização desta água está no aumento da temperatura que ela sofre. No caso brasileiro, não existem estudos que destaquem os impactos que a micro-flora e micro-fauna da região costeira de Angra dos Reis sofre devido a este aumento sensível na temperatura da água.

I.2.3.5 – Geração de energia elétrica através de fontes alternativas de energia (solar e eólica)

Tecnologias que permitem a conversão da energia solar e da eólica em energia elétrica são as mais adequadas para um modelo de desenvolvimento sustentável. Além das taxas nulas de emissões de gases no processo final da produção, estes geradores utilizam energia renovável e abundante.

O maior número de geradores eólicos e fotovoltaicos está concentrado nos EUA e na Europa. Segundo Reis e Silveira (2000), os EUA possuem grandes fazendas de geração de energia eólica no Estado da Califórnia. Ainda segundo os autores mencionados, há uma razoável produção de energia elétrica através de geradores eólicos na Suécia, Reino Unido e Dinamarca, sendo que este último também se destaca na produção deste tipo de equipamento. Dentre os países em desenvolvimento é a Índia que desenvolve uma indústria moderna de produção de energia eólica.

No Brasil, existem registros de experiências realizadas em pontos isolados do território. Segundo Reis e Silveira (2000), no Estado do Ceará já foram identificadas diversas áreas adequadas para a instalação de usinas eólicas. Entretanto, o país possui apenas quatro projetos-piloto iniciados nos últimos anos. O primeiro com 75 KW em Fernando de Noronha, o segundo em Minas Gerais com 1 MW, outro no Ceará com 1,2 MW e o último no Recife com 22 KW.

Quanto aos geradores fotovoltaicos, podemos destacar que a produção mundial subiu de 4 MW, em 1980, para mais de 60 MW em 1991 (PEREIRA; COLLE, 1997). Apesar de inexpressiva, a longo prazo, esta tecnologia passará a ser uma das principais fontes de energia do mundo.

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos ainda se resumem praticamente a pequenos sistemas isolados que fornecem energia para apenas poucas casas.

O grande ponto positivo diretamente ligado a estes tipos de tecnologias, fotovoltaica e eólica, está nas pequenas taxas de produção de poluentes. Para Reis e Silveira (2000),

A geração solar-fotovoltaica pode ser considerada como a forma não-convencional de geração de eletricidade mais atraente para o Brasil e para o mundo a médio e longo prazo. (REIS; SILVEIRA, 2000, p. 61)

Esta atração de que fala Reis e Silveira deve-se, sobretudo, ao modo limpo de gerar eletricidade por sistemas fotovoltaicos. Nas palavras de Chambouleyron (1989),

A eletricidade solar fotovoltaica é considerada a tecnologia energética ótima. As células solares convertem diretamente a energia solar (a mais abundante fonte renovável) em eletricidade (energia de mais alta qualidade termodinâmica). O processo de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos e, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Na verdade, se assemelha mais à fotossíntese que aos processos convencionais de produção de energia. Como não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa. (CHAMBOULEYRON, 1989, p.38)

Porém, a utilização em larga escala destas tecnologias ainda depende de um maior aperfeiçoamento técnico, pois o rendimento destes equipamentos ainda são relativamente baixos. Outro fator de restrição na utilização destes geradores está

diretamente relacionada ao alto custo financeiro deste equipamento. Isto ocorre devido a pelo menos dois fatores:

- 1- a tecnologia utilizada neste equipamento é sofisticada;
- 2- a produção destes equipamentos ainda não é feita em larga escala.

Por enquanto, estas tecnologias são particularmente adequadas em regiões distantes dos grandes centros consumidores, onde os investimentos na extensão da rede de transmissão e distribuição não são economicamente viáveis. Tais equipamentos podem ser utilizados em conjunto com geradores movidos a óleo, devido a algumas incertezas na produção decorrente da dependência de fatores atmosféricos favoráveis.

Os principais impactos ligados à produção de energia elétrica em larga escala utilizando estas tecnologias estão vinculados à extração dos materiais necessários para a fabricação das estruturas, caso dos sistemas fotovoltaicos que utilizam, na maioria das vezes, o silício. Além disso, geradores elétricos que utilizam a energia solar e eólica, devido a algumas características técnicas, podem armazenar energia na forma de corrente contínua em baterias, para depois convertê-la em corrente-alternada. Cuidados com a deposição dos equipamentos após sua vida útil são necessários devido ao alto índice de materiais tóxicos (metais pesados) presentes nas baterias. Além disso, há o impacto na paisagem, assuntos como o uso da terra, proteção de aves e poluição sonora, estes últimos ligados aos sistemas eólicos.

Entretanto, os pequenos impactos ambientais do uso da tecnologia solar-fotovoltaica são, sem dúvida, um dos maiores benefícios que este tipo de geração de eletricidade pode oferecer.

I.3 – Implicações do debate sobre produção de energia elétrica em larga escala para o ensino de Física

De acordo com a análise bibliográfica que realizamos, discussões em sala de aula que abordem a produção de energia elétrica em larga escala e a temática ambiental devem considerar as principais formas técnicas de gerar energia elétrica em larga escala e sua comparação em termos de custos financeiros, políticos, sociais e ambientais. A principal vantagem desta abordagem múltipla do tema está na oportunidade de

reconhecer os inúmeros e complexos condicionantes presentes no setor de geração de energia elétrica e as oportunidades que existem para o seu desenvolvimento.

Durante a abordagem educativa do conteúdo “produção de energia elétrica em larga escala”, é importante reconhecer e explorar as diversas controvérsias ou polêmicas relacionadas ao tema, tais como a necessidade histórica de produção crescente de energia elétrica e os seus diferentes impactos sociais e ambientais. Neste sentido, cabe considerar nestes trabalhos os diferentes conceitos de “desenvolvimento” e “progresso”, sobretudo o modelo de crescimento “insustentável” vigentes em diversas sociedades.

Algumas sociedades são marcadas por um consumismo insustentável, enquanto grandes parcelas da população encontram-se à margem de qualquer possibilidade de usufruírem dos benefícios que o uso racional da energia elétrica oferece.

Parece-nos pertinente considerar questões relacionadas aos atuais modelos de produção econômica, com o significado e pertinência desta demanda atual de energia, com o perfil de gasto energético de diferentes países, com as possibilidades de alteração neste quadro etc.

É importante salientarmos que diferentes degradações ambientais têm sido realizadas em nome do “progresso” e do “desenvolvimento”. Porém, nem sempre estes estão associados à melhoria da qualidade de vida da maioria da população. Para a autora Brügger (1994) estes conceitos não passam de (...) *eufemismo para designar crescimento desordenado, traduzido em “modernização” da pobreza.* (BRÜGGER, 1994, p. 66)

Os valores que sustentam o padrão de desenvolvimento ainda vigente em nossa sociedade dão exagerada ênfase ao aspecto do crescimento econômico, sem considerar que a exploração descontrolada dos recursos naturais implicam grandes prejuízos ambientais e humanos. Neste sentido, podemos questionar a grande voracidade de energia que as sociedades urbanas modernas requerem para sua sobrevivência e isto também implica em revertermos nosso padrão de consumo.

No caso específico de países “emergentes”, como o Brasil, alguns dados mostram que a retomada do crescimento econômico significa, geralmente, um aumento vertiginoso no consumo de energia (Reis;Silveira, 2000) e esta, por sua vez, vai pressionar o setor de geração. Neste caso é importante que se considere, durante a análise do aumento da demanda por energia, duas questões específicas: de um lado temos mais pessoas sendo incluídas como consumidoras de energia, mas de outro

existem aquelas que passam a utilizar a energia em demasia, muitas vezes atendendo aos apelos de consumo do mercado.

De qualquer forma, em países com taxas positivas de crescimento populacional, é previsto um aumento da produção de energia elétrica. Neste caso, devem-se analisar as melhores alternativas em termos de custos sociais, ambientais, econômicos e políticos. O exemplo da parque de geração brasileiro expressa bem esta análise, pois, para crescer, necessita da produção de valores crescentes de energia elétrica. Porém, os recursos naturais (rios) ainda não utilizados encontram-se na região norte do país, ou seja, em pleno território da Floresta Amazônica.

Neste caso, o aluno deve ser incentivado a compreender as possíveis conseqüências decorrentes da destruição de parte da floresta, mas também deve ser levado a pensar em soluções ou alternativas para a produção de energia elétrica. Mas, de qualquer forma, uma vez que a produção de energia elétrica provoca algum impacto na natureza, cabe considerar quais são as concessões que estamos dispostos a fazer.

Dentre as alternativas de produção em larga escala de energia elétrica, muito tem se falado nas termelétricas movidas a gás natural. Porém, esta é, sem dúvida, uma opção pouco favorável aos sistemas naturais, a começar pelos altos índices de CO₂ emitidos pela queima deste combustível fóssil. Além disso, o Brasil não possui reservas de gás natural e, portanto, deve importar a matéria-prima de países vizinhos, como a Argentina e a Bolívia, o que, no momento, significa um alto custo financeiro devido às flutuações dos preços praticados no mercado exterior.

Termelétricas movidas a carvão fóssil ou derivados de petróleo constituem-se, dentre as principais alternativas de produção de energia elétrica em larga escala, nas menos favoráveis aos meios naturais. A queima destes combustíveis pode ocasionar grandes prejuízos aos sistemas naturais e humanos, como, por exemplo, a liberação de grandes quantidades de gases tóxicos, com especial destaque aos altos níveis de CO₂, além de cinzas carregadas de metais pesados. Ademais, a extração e o transporte destes combustíveis podem ocasionar grandes desastres ambientais, tais como o vazamento de petróleo e a devastação das áreas naturais onde é feita a retirada do carvão fóssil.

Porém, alternativas aos combustíveis fósseis ainda esbarram em análises estritamente econômicas, tais como aquelas que consideram exclusivamente o baixo preço do combustível.

No caso específico das usinas nucleares, opção utilizada por inúmeros países, existe o grave problema do destino do lixo nuclear. Esta opção, apesar de atraente para

vários técnicos, sofre a objeção de grandes parcelas da população, sobretudo pelo movimento ambientalista organizado.

Enquanto vários técnicos procuram apontar para os possíveis benefícios relacionados à produção de energia por usinas nucleares, assistimos em alguns países, sobretudo europeus, a discussões que nos levam a crer que esta alternativa de produção de energia possui poucas possibilidades de crescimento a médio e longo prazo.

Por fim, as modalidades de geração fotovoltaica e eólica, apesar de menos prejudiciais ao meio-ambiente, ainda sofrem com o *status* de fontes alternativas. É importante ressaltar que atualmente não se consideram os prejuízos ambientais nos custos da energia final. A partir do momento em que estes impactos forem considerados, as chamadas “tecnologias alternativas” deverão se tornar fontes atrativas de investimento, com a tendência de redução de seus preços com o aumento da sua demanda.

Entretanto, além dos custos econômicos, devemos considerar as inúmeras deficiências técnicas desses sistemas. No caso específico dos sistemas fotovoltaicos, devemos considerar a grande quantidade de painéis necessários para uma grande produção de energia elétrica, além do complexo sistema de coleta integrada, muito difícil de ser obtido atualmente.

Em relação aos sistemas eólicos, devemos levar em conta que somente poucos locais do território brasileiro são adequados tecnicamente para um aproveitamento economicamente viável da “força” dos ventos. Este item torna difícil um aproveitamento em larga escala desta tecnologia.

Para finalizar, devemos considerar que não existem dúvidas sobre os diferentes potenciais disponíveis no Brasil em termos de “energia limpa” (solar, eólica e hídrica), talvez um dos maiores do planeta. A opção por formas de aproveitamento de combustíveis fósseis (gás natural) como solução para o problema de escassez vai em direção oposta à visão de um futuro com desenvolvimento sustentável.

O Brasil, que deveria aspirar à posição de liderança mundial no desenvolvimento de energias limpas - eólica, solar, e pequenas centrais hidrelétricas - decidiu por investir em termoelétricas movidas a gás natural. Neste caso, uma opção bastante questionável, considerando-se os custos financeiros e ambientais e outros aspectos que têm sido levantados por técnicos e cientistas da área.

Capítulo II - A COMPREENSÃO DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA DA DIRETORIA DE ENSINO DE ARARAQUARA QUANTO AO TEMA “PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM LARGA ESCALA”

II. 1 – Introdução:

Nos últimos duzentos anos, tem se observado no mundo um crescimento sem precedentes na demanda por energia. E, a partir do final do século XIX com a Segunda Revolução Industrial, foram introduzidas novas fontes de obtenção de energia, notadamente o petróleo e a eletricidade.

Nesse contexto, a produção de energia elétrica em larga escala tem se tornado, juntamente com a utilização do petróleo, um dos sustentáculos da moderna sociedade. A grande transmissibilidade e flexibilidade da energia elétrica permite que ela seja enviada a grandes distâncias com baixas perdas, transformada e utilizada nos mais diversos processos industriais, na iluminação artificial noturna e nos diversos equipamentos domésticos. Os benefícios mais imediatos da energia elétrica podem ser facilmente observados ao nosso redor, como, por exemplo, equipamentos eletrodomésticos, banho aquecido por chuveiros elétricos ou iluminação artificial. Porém, poucas vezes podemos observar e vivenciar os prejuízos advindos da produção desta energia.

Conforme já exploramos no Capítulo 1, a produção de energia elétrica em larga escala pode se dar mediante algumas possibilidades de transformação de uma fonte primária de energia (água, petróleo, carvão mineral, gás natural, elementos radioativos etc). No cenário mundial, verifica-se uma grande utilização do carvão mineral (fóssil) e do petróleo para a produção de energia elétrica em larga escala.

No Brasil, conforme Reis e Silveira (2000), diferente do que ocorre na grande maioria dos países, 90 % da produção de energia elétrica em larga escala provém quase que exclusivamente de geradores hidrelétricos. Ou seja, são utilizados recursos hídricos acumulados em grandes reservatórios de regularização de vazão para a movimentação de turbinas acopladas a geradores elétricos. Esta característica peculiar do parque energético brasileiro se dá frente à grande quantidade de recursos hídricos existentes no país e às escassas reservas de outras fontes primárias de energia, tais como o carvão mineral e o petróleo.

Nos últimos anos, foram pesquisadas e implementadas novas técnicas de geração de energia elétrica em larga escala; muitas delas, sem dúvida com menores taxas de

impactos ambientais, culturais e sociais. Atualmente, vem se discutindo a possibilidade de, a médio e longo prazo, serem substituídas as atuais matrizes de produção dessa energia, notadamente aquelas relacionadas aos maiores impactos sociais e ambientais. Dentre as opções de produção de energia elétrica em larga escala menos prejudiciais aos meios social e ambiental estão os sistemas fotovoltaicos, eólicos e as usinas hidrelétricas de pequeno porte.

Tendo este quadro como referência, procuramos identificar, inicialmente a partir de intervenções de ensino, os conhecimentos que os alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da Diretoria Regional de Ensino de Araraquara já haviam elaborado sobre produção de energia elétrica em larga escala.

Em outra etapa, a partir do desenvolvimento de atividades de ensino, foram colhidos dados que nos permitiram avaliar em que medida os alunos, ao entrarem em contato com aspectos controversos relacionados diretamente à produção de energia elétrica em larga escala, eram capazes de identificar os problemas e a partir daí se posicionar frente às controvérsias.

É importante ressaltar que esta intervenção ocorreu a partir de um planejamento mais amplo, ou seja, de atividades de ensino relacionadas ao tema eletricidade e que não estavam diretamente ligadas com a intervenção da pesquisa. De modo geral, antes da intervenção da pesquisa, foram trabalhados os diferentes conteúdos normalmente seriados no currículo de Física para o terceiro ano do Ensino Médio, inclusive os diferentes modelos de representações matemáticas dos conceitos, as quais são ferramentas indispensáveis para a compreensão de fenômenos físicos.

No caso do tema desta pesquisa, foi fundamental o desenvolvimento do conceito de gerador elétrico e, a partir dessas discussões, fazer-se uma exploração de representações matemáticas, tais como a função do gerador que possibilita calcular a potência (total, útil e dissipada) e o rendimento de um gerador elétrico.

II. 2 – Os conhecimentos iniciais dos alunos sobre a geração de energia elétrica em larga escala

As atividades iniciais junto aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio foram planejadas visando a procurar identificar os conhecimentos elaborados até aquele momento em relação à produção de energia elétrica em larga escala. Para isso, planejamos e construímos um questionário (anexo 01) que foi apresentado aos alunos nesta etapa inicial, designada por nós por “fase diagnóstica”.

Noventa e cinco alunos, nas três turmas pesquisadas, responderam às questões propostas, sendo trinta e seis da turma A, vinte e nove da turma B e trinta da turma C.

Neste questionário, solicitamos a eles indicações sobre o seu entendimento a respeito da produção em larga escala de energia elétrica. A primeira pergunta deste questionário foi,

Você poderia dizer, de modo geral, como é produzida a eletricidade que utilizamos em nossas residências?

A tabela 01 sistematiza os dados fornecidos pelas respostas dos alunos a esta questão.

Analisando os dados apresentados na tabela 1 percebemos que a maioria dos alunos (78%) aponta que a energia elétrica em larga escala é produzida através de geradores hidrelétricos ou usinas hidrelétricas, em processos que envolvem a “força da água”. Este dado é compreensível pois a experiência brasileira em termos de geração de energia elétrica está bastante voltada para o uso de recursos hídricos. Conforme já salientamos no Capítulo I, o país tinha até 1995 mais de 90% da energia elétrica produzida por hidrelétricas, situação que não mudou muito até então. Segundo Reis e Silveira (2000), (...) *em 1995, a energia hidrelétrica compreendia mais do que 90% da potência elétrica instalada no país.* (REIS; SILVEIRA, 1995, p.56)

Tabela 1 – Respostas dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP sobre como é produzida a energia elétrica que utilizamos em nossas residências

| Grupo de respostas | Nº de alunos | | | % em relação ao total de 95 alunos | Exemplos |
|---|--------------|---------|---------|------------------------------------|--|
| | Turma A | Turma B | Turma C | | |
| Hidrelétricas | 23 | 26 | 25 | 78% | Aluno 11 C <i>A eletricidade é produzida nas hidrelétricas.</i> |
| Produzida através da água ou de sua “força” | 13 | - | 3 | 17% | Aluno 45 A <i>É produzida através da água</i> Aluno 6C <i>Através da força da água...</i> |
| Outros | - | 03 | 1 | 4% | Aluno 20 B <i>Ela é produzida por corpos carregados que exercem entre si.</i> |
| Não sabe | - | - | 1 | 1% | Aluno 7 C <i>Prof para ser sincera eu não tenho a mínima idéia, mas já ouvi falar mas não me lembro muito bem.</i> |
| Total | 36 | 29 | 30 | 100% | |

Além disso, 16 % dos alunos, embora não tenham feito referência explícita ao termo “hidrelétricas”, deixam muito clara a associação que fazem entre produção de energia e a “força da água”. Esses dois grupos (“Hidrelétricas” e “Produzida através da água ou de sua força”) somam 94 % dos alunos.

É interessante observar que os alunos da turma A, do período noturno, são aqueles que, quando comparados com outras turmas, têm um menor número de alunos que se referem claramente às usinas hidrelétricas e um maior número que fazem associação entre a água e o processo de produção de energia elétrica, sem, no entanto, explicitar o processo de forma clara.

Conforme já relatado no Capítulo 1, outro dado importante a se destacar diz respeito ao grande número de usinas hidrelétricas espalhadas pelo Estado de São Paulo.

Possivelmente essa experiência tão pequena com outros meios de produção explique também o fato de que apenas três alunos, ou 3 % do total, terem feito referência a outras possibilidades de geração de energia elétrica. Transcrevemos abaixo estas respostas:

A energia elétrica é produzida nas turbinas das usinas hidrelétricas, ou usinas nucleares etc. (Aluno 23 B)

Através das Usinas Hidrelétricas, gerada pela força da água. Obs: Tendo também outras fontes de energia, assim, energia solar e outras. (Aluno 34 C)

A energia elétrica é produzida de várias formas uma delas é através das hidrelétricas, as das usinas Termoeletricas e etc. Que passam por um processo de geração, transmissão e distribuição que fazem com que a energia chegue em nossas residências. (Aluno 28 C)

No grupo denominado “Outros” da tabela 1, estão as respostas nas quais os alunos não faziam menção a qualquer tipo de gerador elétrico conhecido na literatura técnica. Neste agrupamento, encontram-se respostas que mencionam grandes tanques que contêm água e que ficam girando, ou um gerador (sem maiores especificações) que produz energia, como pode se ver no exemplo que segue,

Vem de um gerador produzindo energia para os bairros pela companhia de luz. (Aluno 24 C)

Na segunda pergunta, solicitamos aos alunos que indicassem os meios pelos quais haviam obtido as informações ou seus conhecimentos sobre geração de eletricidade.

A pergunta apresentada foi:

A respeito da última questão, responda:

(A-) Onde foi que você soube desta informação? (jornal/ revista/ escola/ pais etc.)

(B-) Você lembra quando ouviu ou leu sobre isto?

Nas respostas do item A, observamos que vários alunos citaram mais de uma fonte.

Na tabela 02, estão representadas as fontes indicadas pelos alunos e a frequência com que aparecem em suas respostas.

Tabela 02 – Indicações dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, sobre as fontes de onde obtiveram as informações sobre geradores elétricos em larga escala

| Grupos de Respostas | Número de Citações | | | Frequência (%) em relação ao total de 95 alunos |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | Turma A 36 alunos | Turma B 29 alunos | Turma C 30 alunos | |
| Escola | 25 | 19 | 20 | 67 |
| Meios de comunicação (televisão, jornal, rádio e revistas) | 25 | 13 | 24 | 65 |
| Pais | 4 | 4 | 2 | 11 |
| Amigos | 4 | 4 | 2 | 11 |
| Livros didáticos | - | 2 | - | 02 |

Notamos pelos dados apresentados na tabela 2 que a grande maioria dos alunos diz ter se apropriado da informação sobre geradores elétricos na escola ou através dos meios de comunicação em massa. Exemplos:

No Jornal Nacional, no Globo Ecologia, na escola (Ensino Fundamental); em feiras de Ciências (Colégio Objetivo). (Aluno 7 A)

Neste caso, a instituição escolar não é a principal fonte de obtenção de informações, mas talvez seja aquela em que se possa explorar melhor o tema, com condições de aprofundar a abordagem, oferecendo aos alunos a possibilidade de construção de conhecimentos consistentes sobre este assunto.

Quanto ao item B, que solicitava uma referência quanto ao lugar no tempo em que os alunos haviam adquirido a informação sobre geradores elétricos, os dados encontram-se sumariados na tabela 3.

Tabela 3: Indicações dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, quanto as suas experiências em termos de conteúdo com informações sobre geração de energia elétrica

| Grupos de respostas | Número de Citações | | | Frequência em relação a 95 alunos |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| | Turma A 36 alunos | Turma B 29 alunos | Turma C 30 alunos | |
| Durante os anos que freqüentaram o Ensino Fundamental | 21 | 13 | 14 | 50 |
| Não recorda | 07 | 14 | 14 | 37 |
| No primeiro semestre de 2000 | 08 | 02 | 02 | 13 |
| Total | 36 | 29 | 30 | 100 |

No grupo “No primeiro semestre de 2000”, estão as respostas dos alunos que indicaram ter se apropriado dessa informação durante nossas aulas, ainda no primeiro semestre de 2000. No entanto, não tínhamos trabalhado, até aquele momento, com informações que abordassem o conteúdo “geradores elétricos em larga escala”. Para exemplificar respostas deste grupo destacamos,

Sim, isto vem ocorrendo dentre os anos inclusive estes meses vem em formas de explicações das matérias relacionadas ao assunto. (Aluno 6 A)

Sim; neste mesmo ano; o professor explicou. (Aluno 40 A)

Sim. Durante este ano o professor está falando sobre eletricidade. (Aluno 2 C)

Estas respostas talvez resultem de uma inadequada interpretação da pergunta, ou mesmo de uma confusão conceitual em relação aos conteúdos trabalhados na disciplina.

É interessante observar que alguns alunos explicitaram com detalhes algumas experiências escolares, quando lhes foi solicitado indicar uma referência temporal sobre a assimilação de informações sobre geradores elétricos em larga escala,

Sim, eu ouvi isso na 5ª série, e também na TV. (Aluno 5 C)

Foi na 8ª série. (Aluno 26 A)

Na 5ª série no trabalho de geografia. (Aluno 8 B)

Sim, na EEPSG “Luiza Rolfsen Petrilli” Cecap III – eu cursava a 6ª série – Profª Ana Paula – Geografia. (Aluno 30 A)

Com a intenção de explorar de forma mais detalhada as experiências escolares desses alunos em relação a esta temática, apresentamos aos alunos a seguinte questão:

Você recebeu alguma informação sobre este assunto na escola? Quando isto ocorreu e de que forma?

De modo geral, os alunos que na pergunta anterior indicaram a escola como fonte de informações sobre geradores elétricos voltaram a fazer a mesma afirmação ao responder a esta questão.

A frequência dos alunos que afirmaram ter sido a escola fonte de informações sobre geradores elétricos foi de 67 %, a mesma que aparece na tabela 02 para o item “escola”. Ficou mais claro a partir dos dados obtidos com esta pergunta que muitos alunos provavelmente receberam algumas informações sobre produção de eletricidade em larga escala no Ensino Fundamental, o antigo Primeiro Grau.

Destaca-se, nas respostas escritas pelos alunos, a menção a um instrumento pedagógico que era utilizado por técnicos da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), em visitas realizadas às escolas de Ensino Fundamental : uma revista em quadrinhos da *Turma da Mônica*.

Muito provavelmente, esses técnicos estiveram realizando palestras nas escolas de Ensino Fundamental devido a um programa do Ministério de Minas e Energia, denominado PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Essa iniciativa do Ministério continua sendo implementada nas escolas – “Programa PROCEL nas escolas”. Porém, atualmente essas palestras estão direcionadas ao público docente. No ano em que realizamos esta intervenção, participamos de algumas palestras ministradas por pessoas ligadas a este programa governamental.

A seguir apresentamos alguns exemplos das respostas dos alunos para esta pergunta.

Na escola, quando estava na Sexta série, algumas pessoas da CPFL foram lá, para nos mostrar como economizar energia para que ela dure para sempre. (Aluno 12 C)

Sim, na 5ª ou 6ª série, através de professores. (Aluno 16 C)

Sim, eles levaram na escola um gibi da turma da Mônica, onde ensinavam de uma maneira bem educativa os desperdícios e o bom uso da energia elétrica. (Aluno 23 C)

Sim, quando estava na 5ª série. A Companhia de Força e Luz, esteve na escola explicando sobre este assunto, juntamente com um gibi de histórias e quadrinhos explicando tudo. (Aluno 29 C)

Sim, tive a informação na 5ª série pelo professor Sindão como se produzia energia elétrica. (Aluno 1 A)

Sim, através de livros de Geografia, creio eu, que +- na 5ª série. (Aluno 23 A)

De modo geral, percebemos através dos dados coletados com este instrumento que a maior parte dos alunos identificam que a energia elétrica utilizada nas residências é produzida em usinas hidrelétricas, ou por algum processo que utilize a água como fonte de energia primária. Essa informação geralmente é adquirida nas escolas ou através dos meios de comunicação de massa.

Após a realização do procedimento de diagnóstico, iniciamos a intervenção, conforme planejamento (Anexo 2), em sala de aula.

II. 3 – De que maneira os alunos identificam os aspectos controversos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala

II. 3.1 - Introdução

Apresentamos a seguir um breve resumo da seqüência dos trabalhos, com o intuito de situar o leitor em relação às aulas que se seguiram após a realização do questionário diagnóstico. A seqüência das atividades que foram desenvolvidas com os

alunos estão descritas de forma mais detalhada na introdução deste trabalho no item “A Intervenção”.

A primeira atividade desenvolvida na intervenção consistiu em um estudo dirigido que tinha por objetivo problematizar o tema “produção de energia elétrica em larga escala”. Utilizamos como material didático um caderno preparado para esta atividade que agrupava sete textos retirados do jornal *Folha de São Paulo* (Anexo 3) e um roteiro para leitura e exploração destes textos. Ainda nesta aula, projetamos um vídeo que abordava o mesmo assunto trabalhado nos textos dos jornais (possível escassez de energia elétrica), retirado de reportagens veiculadas em noticiário da Rádio e Televisão Cultura – Fundação Padre Anchieta.

Na intervenção seguinte, realizamos uma exposição sobre os principais aspectos técnicos de algumas formas de geração de energia elétrica em larga escala.

No terceiro encontro da intervenção, realizamos um trabalho dirigido com dois textos, sendo que o primeiro (Anexo 4) apresentava informações técnicas sobre algumas formas de gerar energia elétrica em larga escala, o segundo texto (Anexo 5) trazia algumas informações históricas sobre as primeiras usinas de geração de energia elétrica implantadas no Brasil.

Na quarta aula da intervenção, desenvolvemos uma atividade de ensino dirigido (Anexo 6) com textos que apresentavam aos alunos alguns dados sociais, políticos e econômicos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala.

Dando seqüência aos nossos trabalhos e conforme previsto no plano de ação (Anexo 2), na atividade seguinte realizamos um trabalho de campo (visita a uma usina hidrelétrica), do qual participaram efetivamente somente os alunos da turma B.

No sexto encontro da intervenção, realizamos um trabalho dirigido com um texto (Anexo 10) que apresentava aos alunos algumas informações sobre os diversos impactos sociais e ambientais decorrentes da produção de energia elétrica em larga escala.

Por fim, na última atividade, realizamos uma projeção de vídeo que apresentava aos alunos algumas informações sobre a geração de energia elétrica através de usinas nucleares e, na seqüência, realizamos uma simulação na forma de debate.

II. 3.2 – Apresentação e discussão de alguns dados

Através da sistematização e análise dos dados obtidos na fase diagnóstica e na intervenção (atividades desenvolvidas em sala de aula), procuramos verificar em que medida os alunos eram capazes de explicitar problemas diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala e os seus posicionamentos em relação a alguns aspectos controversos deste processo.

Na atividade em que apresentamos algumas informações históricas a respeito da implantação das primeiras usinas de geração elétrica (anexo 4), perguntamos aos alunos no roteiro para exploração e discussão do texto,

Na sua opinião, existe problema em produzir energia elétrica por algumas das formas citadas no texto? Explique a sua resposta.

Quando do desenvolvimento dessa atividade, tivemos a presença de cento e seis alunos e, destes, quatro não responderam à última pergunta. Os dados obtidos apontam que muitos alunos não reconhecem problemas relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Outros reconhecem, porém minimizam-nos mediante a necessidade de se obter energia elétrica. Finalmente, parte dos alunos reconhecem alguns desses problemas sem procurar minimizá-los.

A tabela 4 permite que verifiquemos a quantidade de alunos que reconhecem ou não problemas relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Podemos verificar nos dados agrupados nesta tabela (Tabela 4) que a maioria dos alunos reconhecem algum problema associado à produção de energia elétrica em larga escala.

Dentre as respostas daqueles que não reconhecem tais problemas, encontramos, na maioria dos argumentos justificativas que apontam para uma “certa fé” nos avanços científicos e tecnológicos,

Não, pois eu acho que nos dias de hoje ninguém vive sem energia e eles estão tentando de várias formas continuar produzindo a energia elétrica para o nosso conforto.
(Aluno 10 C)

Não porque algumas são produzidas, e os problemas são controlados. (Aluno 3 A)

Para Kneller (1980), algumas pessoas possuem uma atitude extremamente favorável em relação à tecnologia, fomentando a crença de que os aparatos tecnológicos possuem o poder de resolver quase todos os problemas do homem e não causar nenhum.

Para Brügger (1994), muitas pessoas relacionam tecnologia a uma forma de poder que permite a “solução” para todos os males que afligem a humanidade.

Tabela 4: Reconhecimento dos problemas associados à produção de energia elétrica em larga escala, segundo alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP

| Agrupamentos | Turmas | | | | | | Exemplos |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | A | | B | | C | | |
| | N ^o | % em 33 alunos | N ^o | % em 37 alunos | N ^o | % em 32 alunos | |
| Reconhecem | 29 | 88% | 31 | 84% | 24 | 75% | Aluno 29 C <i>Sim, principalmente quando a energia termelétrica utiliza o gás natural é queimado, isso prejudica o ar.</i> |
| Não reconhecem | 04 | 12% | 02 | 06% | 08 | 15% | Aluno 4 B <i>Acredito que não. Todas as formas exigem estudos específicos. Acredito também que os estudiosos encarregados nessa produção tomarão cuidado necessário para produzirem somente até o ponto de não haver nenhum impacto com a humanidade. Irão expandir essa produção em relação ao tempo, Quando encontrarem formas para se produzirem sem prejudicar o ambiente.</i> |

Destacamos ainda que quatro alunos da turma B possivelmente não responderam ao questionário com a devida seriedade e atenção, pois suas respostas, além de vagas, são também parecidas. Exemplo:

Porque o país deve ter mais recursos. (Aluno 22 B)

Ainda em relação aos dados da tabela 4, verificamos que, no agrupamento denominado como aqueles que “reconhecem” problemas relacionados à produção de energia elétrica em larga escala, existem alunos que procuram argumentar que não

consideram relevantes tais problemas. Muitos deles procuram argumentar que tais problemas são pouco significativos em vista dos benefícios e da nossa dependência da energia elétrica. Seguem alguns exemplos dessas respostas, que no total constituem-se em seis (duas de cada turma) e correspondem a 6% do total de alunos:

Sim existe, mas como não há nenhuma maneira de viver sem energia temos que conviver com esses problemas “futeis” (+) que um dia se tornara pior que a falta de energia.

(Aluno 2 B)

Na minha opinião não existe nenhum problema grave, pois há apenas um problema que eu considero pequeno na geração da energia hidreletrica que é quando um rio é represado para formar um lago artificial que ha uma alteração nas características da natureza local, mas que depois de algum tempo a propria natureza se adapta... (Aluno 8 C)

Não, apesar de agredir o “meio ambiente” por exemplo mudando margens de rios. Mas isso não é um caso tão importante. Pois precisamos de energia para o nosso consumo. E para a sociedade em geral. E para funcionamento de indústrias que gera emprego para a sociedade. (Aluno 27 C)

Podemos fazer um paralelo entre estes argumentos dos alunos e os discursos do poder constituído em diferentes momentos da nossa história. Segundo Sigaud (IN ROSA et al. 1988), no início da década de 70, iniciou-se a construção da barragem da Hidrelétrica Sobradinho no Rio São Francisco. Durante este empreendimento vários setores organizados da sociedade chamaram a atenção para os impactos negativos que deveriam ocorrer na sociedade local e no meio ambiente. Porém, segundo a autora,

A prioridade dada à produção de energia havia sido estabelecida intramuros, a nível do Poder Executivo, sem qualquer consulta nem à sociedade nacional, nem à sociedade local, em nome de supostos interesses do país, também definidos de forma autoritária. Tratava-se de uma prioridade inquestionável... (SIGAUD, IN ROSA et al., 1988, p. 96)

Ainda hoje estes argumentos nos parecem presentes no discurso de setores governamentais e de outros setores organizados da sociedade. Notícias recentes, veiculadas em jornais de grande circulação, dão conta de que, frente à atual crise energética, estão sendo amenizadas algumas exigências para a construção de hidrelétricas, tais como aquelas diretamente relacionadas aos impactos diretos no meio ambiente.

Dentre os alunos que reconhecem problemas associados à produção de energia elétrica em larga escala, podemos organizar os dados em três grupos especiais: respostas que salientam problemas ambientais, respostas que enfatizam problemas econômicos e, finalmente, respostas que fazem menção a problemas técnicos.

Apresentamos na tabela 5 estes dados sistematizados.

Tabela 5: Principais problemas associados à produção de energia elétrica em larga escala, segundo alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara

| Agrupamentos | Turmas* | | | | | | Exemplos |
|----------------------|---------|----------------|------|----------------|------|----------------|--|
| | A | | B | | C | | |
| | Qtde | % em 33 alunos | Qtde | % em 37 alunos | Qtde | % em 32 alunos | |
| Problemas Ambientais | 29 | 88% | 23 | 62% | 21 | 66% | Aluno 4 C <i>É necessário se produzir eletricidade para o bem de todos. Mas é evidente que as formas de produção de energia citada pelo texto, prejudica o meio ambiente. Seria importantíssimo se preocupar um pouco mais com o meio – ambiente, ao construir uma hidrelétrica ou termelétrica.</i> |
| Problemas econômicos | 03 | 9% | 03 | 8% | 03 | 9% | Aluno 15 B <i>Na minha opinião existe problema em produzir a energia termelétrica o Brasil tem que importar o gás natural da Bolívia.</i> |
| Problemas técnicos | 02 | 6% | 05 | 14% | 01 | 3% | Aluno 21 B <i>O problema seria a segurança nas usinas termoeletricas, pois se alguns desses reatores nucleares vasarem ou explodirem podem ocorrer um oloclastro nuclear.</i> |

* Alguns alunos possuem suas respostas classificadas em mais de um agrupamento

Observando a tabela 5, podemos perceber que o grupo de respostas que indica problemas ambientais é, sem dúvida, o maior. Percebemos que a assimilação por parte dos alunos de alguns aspectos técnicos envolvendo a produção de energia elétrica em larga escala, tais como a de queima de carvão em termelétricas, possibilitou que alguns deles realizassem uma associação direta com alguns impactos ambientais.

Além disso, podemos destacar que a compreensão básica do funcionamento desses equipamentos contribuiu para que os alunos associassem ou fizessem uma analogia entre o funcionamento de certos geradores com outros equipamentos de seu conhecimento mais próximo. No exemplo abaixo, queremos destacar a tentativa do aluno na busca por relacionar os efeitos da queima de um combustível fóssil em um automóvel com a queima de combustíveis fósseis em termelétricas,

Sim. Nos combustíveis não – renováveis quanto a combustão interna, onde a combustão é de dentro para fora como exemplo: os automóveis que utilizam os gases expelidos da queima do combustível para movimentar as engrenagens do motor, sendo assim esse gás expelido polui a atmosfera destruindo a camada de ozônio, fazendo com que a população fique com problemas de saúde como ex: rinite, sinusite, bronquite e outros.
(Aluno 5 C)

Os dados levantados a partir desta questão permitem ainda que apresentemos quais os geradores que os alunos associaram aos impactos ambientais. Na tabela 6, apresentamos as respostas dos alunos que indicam explicitamente algumas das formas conhecidas de gerar eletricidade ou o tipo de equipamento utilizado para este fim que poderiam provocar impactos ambientais.

De acordo com os dados obtidos, os alunos procuram destacar:

- Turma A – Hidrelétricas 48%;
- Turma B – Termelétricas 32%;
- Turma C – Termelétricas 19% e Hidrelétricas 19%.

Tabela 6: Relação entre produção de energia elétrica, geradores elétricos e problemas ambientais estabelecida por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP

| Tipo de gerador | N ^o de indicações* | | | | | | | Exemplos |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|----|----------------------|---|----------------------|-----------------------------|--|
| | Turmas | | | | | | | |
| | A | % em 33 alunos | B | % em 37 alunos | C | % em 32 alunos | % ** em 102 alunos | |
| Usinas Termelétricas | 7 | 21% | 12 | 32% | 6 | 19% | 25% | Aluno 3 B <i>Sim, porque em uma termelétrica a energia depende da natureza como uma termelétrica a gás natural, onde o gás natural é queimado. Ou seja poluindo o ar.</i> |
| Usinas Hidrelétricas | 16 | 48% | 1 | 3% | 6 | 19% | 23% | Aluno 9C <i>Sim. Bom na usina hidrelétrica causa um problema ambiental...</i> |
| Usinas Nucleares | 6 | 18% | 7 | 19% | 3 | 9% | 16% | Aluno 9 A <i>...As usinas nucleares têm o problema do lixo atômico, da radiação e da água usada p/ resfriar a água do que volta ao mar, causando impactos à vida marinha ...</i> |
| Todos os tipos de geradores | 2 | 15% | 3 | 8% | 4 | 12% | 9% | Aluno 34 B <i>Sim, cada usina tem seu problema, por isso não devemos depender de uma só.</i> |

* Alguns alunos indicaram mais de um tipo de gerador

** Porcentagem em relação ao número de alunos

A partir destes dados é interessante observar que até o momento em que esta questão foi apresentada aos alunos, durante a intervenção, as únicas informações que haviam sido fornecidas estavam relacionadas a aspectos técnicos de geração de energia elétrica. Sendo assim, parece-nos possível levantar a hipótese de que este tipo de conhecimento pode permitir a alguns alunos reconhecer alguns problemas que podem ser causados por estes geradores. No entanto, é importante, ao mesmo tempo, ressaltar que, no caso dos dados levantados neste trabalho, este reconhecimento é insuficiente para que os alunos compreendam as complexas causas dos problemas ambientais relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Tanto assim que muitos alunos indicam a hidrelétrica como sendo uma das principais causadoras de impactos ambientais, o que, segundo Reis e Silveira (2000), não ocorre efetivamente. Para estes

autores, as matrizes termelétricas que utilizam combustíveis fósseis, principalmente carvão mineral e petróleo, são as que trazem maiores prejuízos aos sistemas naturais.

Na seqüência dos trabalhos, durante as intervenções, apresentamos outros aspectos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala, tais como os históricos, sociais e econômicos. Na penúltima intervenção, oferecemos um texto (anexo 10) que explicitava alguns problemas diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Após a leitura e discussão do texto, os alunos deveriam responder a um roteiro de atividades. Neste roteiro perguntamos:

Se você tivesse que escolher um modo de produzir eletricidade, qual usaria? Por quê?

Os dados coletados com esta pergunta estão organizados na tabela 07, na qual podemos observar que a maioria dos alunos escolheram a hidrelétrica como melhor forma de produzir energia elétrica.

Tabela 07: Indicações dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP sobre a possibilidade de poder escolher uma modalidade de geração de energia elétrica

| Agrupamento | % | | | | Exemplos |
|------------------------------------|---------|---------|---------|-------|---|
| | Turma A | Turma B | Turma C | Total | |
| Hidrelétricas | 48% | 41% | 48% | 46% | Aluno 8 C <i>Eu escolheria a geração de energia elétrica por hidrelétricas pois eu acho que é um dos meios que menos causam impactos ambientais e sociais.</i> |
| Sistema fotovoltaicos | 12% | 22% | 17% | 17% | Aluno 7 B <i>Energia Solar, porque é um meio mais fácil de não agredir o meio ambiente.</i> |
| Termelétricas movida a gás natural | 15% | 9% | 7% | 10% | Aluno 2 C <i>Os que são movidas por gás natural, porque além de ser a menos perigosas no termo de radiação, e também por termos o gás natural disponível graças ao gasoduto Brasil – Bolívia.</i> |

É interessante lembrar que a maioria dos alunos da turma B estiveram em contato com uma UHE de grande porte, conforme já informamos no item “A Intervenção”, deste trabalho. Apesar dos riscos de grandes impactos ambientais e sociais, a maioria dos alunos acredita que as UHEs sejam ainda a melhor forma, dentre as mais conhecidas, de gerar eletricidade. Isto ocorre, devido a dois fatores, um técnico e o outro histórico.

O fator técnico está diretamente ligado ao processo de funcionamento de uma hidrelétrica. Conforme já apontamos no Capítulo 1 deste trabalho, hidrelétricas, de um modo geral, são relativamente fáceis de entender em comparação às outras formas conhecidas de gerar eletricidade em larga escala. Conforme Rosa et al.(1988), a compreensão de que as UHEs sejam relativamente fáceis de entender, no que diz respeito ao seu processo de funcionamento, leva a maioria da população a admitir que um técnico possa controlar os riscos de uma usina hidrelétrica. Além do mais, usinas hidrelétricas geralmente estão bem distantes dos grandes centros populacionais.

O fator histórico está diretamente relacionado à opção do país em investir neste tipo de tecnologia. Conforme Magalhães (2000), o Brasil tem investido em usinas hidrelétricas desde o final do século XIX, quando da construção de uma pequena usina em Minas Gerais. Nos anos posteriores, várias usinas hidrelétricas foram sendo construídas no território brasileiro, culminando com a situação da década de 1990, durante a qual mais de 90% da nossa energia era gerada por hidreletricidade (REIS; SILVEIRA, 2000).

Alguns exemplos de respostas dos alunos reforçam o argumento destes autores,

Caso tivesse que escolher um modo de obter energia elétrica para a sociedade, continuaria fazendo uso das usinas hidrelétricas, que já são bem conhecidas em nosso meio. (Aluno 25 C)

Na minha opinião eu usaria a geração hidrelétrica porque como ela é produzida em nosso país, podemos com o tempo aprender a utilizá-la de uma forma que não prejudique tanto o meio ambiente. (Aluno 39 C)

A hidrelétrica, apesar de causar prejuízos e mais confiável de se obter a energia. (Aluno 12 B)

Nos dois primeiros exemplos, verificamos que os alunos optam pela produção de energia elétrica em larga escala por hidrelétricas devido a uma experiência do país para com este tipo de geração. O aluno 25 C diz que as usinas hidrelétricas são bem conhecidas em nosso meio. Para o aluno 39 C, que reconhece problemas associados a este tipo de geração de eletricidade, a experiência acumulada com este tipo de equipamento pode ser significativa em termos de aprendizagem.

Quanto ao segundo tipo de gerador mais indicado (Tab. 7), sistema fotovoltaico, podemos observar na literatura técnica que este talvez seja, em um futuro ainda distante, a melhor opção de geração de eletricidade em larga escala. Conforme Reis e Silveira (2000),

A geração solar-fotovoltaica pode ser considerada como a forma não-convencional de geração de eletricidade mais atraente para o Brasil e para o mundo a médio e longo prazo. (REIS; SILVEIRA, 2000, p. 61)

Para Chambouleyron (1989),

A descoberta de novos materiais e tecnologias e adoção de escalas maciças de produção farão, sem dúvida, da conversão fotovoltaica uma das fontes energéticas mais convenientes que a humanidade já conheceu. (CHAMBOULEYRON, 1989, p. 38)

Por fim, na última atividade prevista, realizamos a simulação através de um debate. Dividimos cada turma em dois grupos, e cada um deles, através de sorteio, deveria defender a produção de energia elétrica por uma das formas mais utilizadas até então no Brasil: um grupo defendia a produção de energia elétrica por hidrelétricas e outro, a produção de energia elétrica através de usinas nucleares. Neste debate, pudemos observar que alguns dos dados coletados durante toda a intervenção estiveram em evidência nesta atividade.

Como exemplo, destacamos que vários alunos (turmas A, B e C) apontaram a possível relação entre a produção de energia elétrica através de usinas nucleares e a possibilidade do país produzir a bomba nuclear. A insistência em discutir esta questão na simulação tomou o espaço de outras, tais como as possibilidades de trazer para a

discussão problemas políticos, sociais, econômicos e ambientais. Para exemplificar destacamos,

[Aluno 25 C] *O Brasil está passando um grave problema econômico e precisamos nos defender do ataque dos outros países...As usinas nucleares vão permitir que construamos bombas atômicas...*

[Aluno 4 C] - *A bomba atômica vai permitir que o país se defenda..*

Percebemos que os alunos que defenderam a produção de energia elétrica através de hidrelétricas usavam como argumento alguns dos principais elementos trabalhados a intervenção, presentes nos textos e nas nossas explicações. Os argumentos dos alunos do grupo de defesa das UHE basearam-se principalmente em:

- 1 - O custo financeiro do KWh da produção de energia é menor nas hidrelétricas;
- 2 – O país possui muitos recursos hídricos;
- 3 – A construção das usinas hidrelétricas é mais rápida e barata, se comparado às usinas nucleares;
- 4 – Os riscos ambientais e sociais são menores do que os das usinas nucleares;
- 5 – O país domina a tecnologia das usinas hidrelétricas.

Alguns exemplos, quanto aos posicionamentos dos alunos que argumentaram a favor da produção das hidrelétricas são apresentados:

[Aluno 9 B] *A relação de risco existente entre hidrelétricas e usinas nucleares...é bem maior na usina nuclear, né...porque cê tá lidando com material radioativo que é uma coisa bem mais arriscada...tudo bem que a tecnologia que pode garantir mais ou menos a segurança...mas é uma coisa ainda muito arriscada....além disso é bem mais rápido e fácil construir uma hidrelétrica....outro problema é que o Brasil não possui o urânio próprio para a produção nas usinas nucleares e acaba importando...e um dos problemas mais graves é o lixo .*

[Aluno 21 B] *...a hidrelétrica não tem esse lixo....a energia que vem da água e não forma lixo.*

[Aluno 32 B] *Tem também o caso da Inglaterra....lá eles estão tão contente com este tipo de energia que nem vão produzir mais usando energia nuclear! ...*

[Aluno 7 A] *...a energia é mais barata...a gente tem mais bacia hidrográfica...*

[Aluno 23 A] *O aproveitamento hidráulico...os materiais pra construir a usina são mais baratos...*

[Aluno 7 A] *Pra construir a usina é mais rápido...e ela produz 100% da energia no país...não todo os 100% que o país precisa...mas a nuclear só fabrica 2%...*

[Aluno 23 A] *Ela é mais segura...*

[Aluno 7 A] *Não tem esse problema de câncer...*

Em relação aos grupos que argumentaram a favor da produção de energia elétrica através de usinas nucleares, observamos alguns pontos interessantes. Alguns alunos utilizaram a argumentação da produção bélica para defenderem as usinas nucleares. Em outros momentos, falaram da necessidade do desenvolvimento de tecnologias sofisticadas (presente no texto do anexo 10) e dos menores riscos de impactos ambientais. Neste caso, tal idéia pode ter sido elaborada pelos próprios alunos a partir do material a eles fornecidos ou, até mesmo, pela necessidade de construir argumentos para serem apresentados no debate proposto. Os principais pontos argumentados pelos alunos na defesa da produção de energia elétrica por usinas nucleares foram,

- 1 – Os riscos da degradação ambiental de rios e lagos é menor, se comparado à UHEs;
- 2 - Precisamos desenvolver tecnologias sofisticadas;
- 3 – O país poderá desenvolver a bomba nuclear.

Vejamos alguns exemplos de argumentos apresentados pelos alunos desse grupo,

[Aluno 40 B] *....a energia é cara porque tem poucas usinas no Brasil é preciso investir nesta tecnologia para ela ficar barata....a chance de acontecer algum vazamento na usina é pequeno...pra produzir energia por hidrelétricas tem que ter barragens e isto é ruim porque inunda áreas....*

[Aluno 20 A] *A tecnologia é avançada porque tem que construir uma base de concreto, colocar o reator no meio, não precisa deslocar pessoas, não polui lagos, e se por acaso faltar água não vai faltar energia....futuramente tudo vai ter que ser feito através de tecnologias avançadas...*

[Aluno 29 A] *Não precisa mudar a natureza para fazer lago...porque pra fazer hidrelétricas precisa de um lago bem grande e isto causa impacto ambiental...*

Além disso, foi interessante perceber que alguns alunos das turmas C e A afirmaram que todos os meios de produção de energia elétrica causam impactos negativos que afetam os processos naturais do meio ambiente e a sociedade. Os exemplos a seguir ilustram este tipo de posicionamento apresentado pelos alunos:

[Aluno 7 C] *Todos os meios que produzem energia elétrica causam problemas ao meio ambiente ...essas coisas...mas a gente tem que partir pra um meio que traga mais benefícios pra gente...todos os outros meios de produzir energia prejudicam o meio ambiente.*

[Aluno 10 A] *A nuclear não é uma forma positiva....mas agora, a hidrelétrica é uma forma positiva?...nenhuma é positiva...todas são positivas, é ou não é....nós da usina nuclear iremos estragar muito o meio ambiente, mas a hidrelétrica também vai estragar a mesma coisa...nem nós estamos certos e nem vocês...*

[Aluno 25 A] *A usina nuclear só produz 40 % da energia no Rio de Janeiro e são muito mais caro do que a energia produzida numa usina hidrelétrica...outra coisa nenhuma forma de produção de energia é totalmente segura, mas o que a gente tá debatendo aqui qual que é mais segura e esta é a hidrelétrica...*

Tal como já apontamos, alguns dos dados observados durante outros momentos da intervenção estiveram em evidência no debate.

Para finalizar este momento do trabalho, podemos apontar que durante a realização da intervenção percebemos que:

- A apresentação de diferentes modelos de geração de eletricidade, de forma mais sistematizada pelo professor, facilitou o reconhecimento de alguns problemas decorrentes do uso destas tecnologias, em especial os relacionados aos impactos ambientais;
- A opção dos alunos, quanto à escolha das usinas hidrelétricas como forma de produção de energia elétrica, pode ter sido influenciada pela maior facilidade de compreensão dos aspectos técnicos deste gerador e por uma maior familiaridade em termos de experiências nacionais;
- Algumas modalidades mais complexas de gerar energia elétrica em larga escala, tais como fotovoltaicas e nuclear, poderiam ser melhor compreendidas pelos alunos, caso fossem precedidas de atividades de ensino nas quais fosse possível ao professor apresentar alguns conceitos básicos da Física moderna;
- Muitos alunos relacionam a possibilidade de gerar energia elétrica em larga escala através de usinas nucleares com a construção de equipamentos bélicos;
- As respostas que os alunos oferecem, quando solicitamos que identifiquem problemas relacionados à produção de energia elétrica em larga escala, podem ser agrupadas da seguinte maneira: um grupo de alunos não reconhece problemas relacionados à produção de energia elétrica em larga escala; um grupo reconhece alguns problemas, mas procuram atenuar suas implicações; por fim, um grupo de alunos reconhece estes problemas e não utilizam recursos para atenuar suas implicações nos meios sociais e ambientais.

Capítulo III – REFLEXÕES DOS ALUNOS SOBRE ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS RELACIONADOS DIRETAMENTE À PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM LARGA ESCALA

III.1 - Introdução:

Conforme já explicitado no Capítulo 01 deste trabalho, a produção de energia elétrica em larga escala implica conseqüências que podem ser avaliadas como positivas e negativas em relação a diferentes dimensões da vida humana.

Os aspectos positivos estão diariamente presentes em nossa vida através dos mais variados aparelhos que amenizam o esforço humano e indicam hoje, de forma consensual, índices de qualidade de vida. A comodidade que a utilização desta energia oferece é tamanha que fica difícil imaginar que possamos abdicar de alguma forma de sua utilização. Outros aspectos positivos podem ser relacionados a esta energia, tais como a geração de empregos, a utilização de modernos equipamentos hospitalares e o desenvolvimento econômico da sociedade. Segundo Magalhães (2000), a introdução da energia elétrica no país foi o fator primordial para a industrialização do Brasil meridional durante boa parte do século XX.

Entretanto, além destes aspectos classificados como “positivos”, existem inúmeros outros aspectos que podem ser classificados como “negativos”, mediante análise dos inúmeros problemas que a geração de energia elétrica em larga escala pode ocasionar, como impactos ambientais, sociais, econômicos e culturais.

Neste capítulo, pretendemos verificar se os alunos eram capazes de identificar e relacionar aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala, em especial, quando pedimos explicitamente para identificarem estes diferentes aspectos, e a partir daí analisaremos seus posicionamentos.

III. 2 - Considerações iniciais dos alunos sobre os diferentes aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala

No questionário diagnóstico número 2 (anexo 1), colocamos um grupo de perguntas aos alunos, fazendo referências a problemas relacionados a impactos ou degradações ambientais. O objetivo destas questões era o de procurar identificar algumas idéias ou posicionamentos dos alunos quanto a esta questão.

No questionário que foi apresentado aos alunos em seguida (questionário 3 – anexo 1), após algumas questões relacionadas com o próprio processo de produção de energia elétrica, solicitou-se ao aluno indicar aspectos positivos ou negativos na produção e uso desta energia (questão 4). O interesse ao se propor esta questão era o de primeiro identificar se os alunos eram capazes de explicitar esses aspectos positivos ou negativos, e o de também identificar se, entre os aspectos listados, os alunos faziam referência ou não a problemas ambientais decorrentes do processo de produção de energia elétrica.

Participaram desta atividade noventa e seis alunos, sendo trinta e seis da turma A, vinte e nove da turma B e trinta e um da turma C. Abaixo descrevemos a pergunta oferecida aos alunos neste questionário,

Você pode indicar aspectos positivos ou negativos na produção e no uso de energia elétrica?

Os dados organizados a partir da resposta dos alunos a esta pergunta estão sumariados na tabela 08.

Chama-nos a atenção na tabela 08 a comparação entre os dados fornecidos pelas três turmas. Se verificarmos o agrupamento da tabela denominado “somente aspectos positivos”, podemos notar uma razoável diferença percentual de indicações que ocorre entre os alunos das turmas B e C e alunos da turma A. Mais da metade dos alunos da turma A (61 %) consideram somente aspectos positivos na produção de energia elétrica em larga escala, sendo que o mesmo não ocorre nas turmas B e C.

Outro dado interessante da tabela é notar que 47% do total de alunos indicaram somente aspectos positivos diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala; enquanto 32%, aspectos positivos e negativos e 6%, somente aspectos negativos. 15% não responderam à questão.

Dentre os setenta e cinco alunos que indicaram aspectos positivos na produção e no uso de energia elétrica, 96% apontaram exemplos relacionados ao conforto humano. Por “conforto humano”, mencionamos todos os alunos que disseram que a energia elétrica traz aspectos positivos por causa dos inúmeros aparelhos elétricos e eletrônicos que podem ser utilizados, da iluminação noturna às comunicações.

Tabela 08: Conhecimento dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, sobre aspectos positivos e negativos referentes à produção de energia elétrica em larga escala

| O aluno indicou... | Nº de indicações | | | (%) | | | Exemplos |
|--------------------------------|------------------|----|----|-------|-----|-----|---|
| | Turma | | | Turma | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Somente aspectos positivos | 22 | 8 | 15 | 61% | 28% | 48% | Aluno 14 B <i>Acho que só tem benefícios pois hoje a energia elétrica está totalmente nas nossas vidas, como exemplos os aparelhos domésticos.</i> |
| Aspectos positivos e negativos | 7 | 9 | 15 | 20% | 31% | 48% | Aluno 23 C <i>Existem os dois aspectos, (positivo e o negativo) o aspecto positivo é que a gente não precisa de lampião, ou de qualquer maneira p/ poder fazer as coisas do dia a dia; O negativo é que toda hora, todo minuto, tem desperdícios.</i> |
| Somente aspectos negativos | 3 | 3 | - | 8% | 10% | - | Aluno 10 B <i>Um aspecto negativo pode ser a diminuição da reprodução dos peixes.</i> |
| Não sabe/ Não respondeu | 4 | 9 | 1 | 11% | 31% | 4% | Aluno 24 B <i>Não sei.</i> |
| Total | 36 | 29 | 31 | 100 | 100 | 100 | |

Percebemos que muitos alunos mencionaram aparelhos domésticos, numa clara menção à diminuição do esforço humano nos afazeres domésticos, possível graças à existência destes instrumentos.

As citações a seguir exemplificam os posicionamentos dos alunos,

O aspectos positivos são, claridade a noite, água do chuveiro aquecido, os alimentos duram mais, pois temos o refrigeração das geladeiras... (Aluno 6 C)

Acho que só tem benefícios pois hoje a energia elétrica está totalmente nas nossas vidas, como exemplos os aparelhos domésticos. (Aluno 14 B)

A enérgia é muito útil para minha vida, acho muito importante pois podemos refrigerar, passar, lavar, e em todos os momentos nos iluminar. (Aluno 4 A)

Sim, os aspectos positivos é que à noite não precisamos acender velas ou uma fogueira, ou ter que esquentar água, para tomar banho e muita outras coisas... (Aluno 17 C)

Este dado, associar os benefícios da energia elétrica com o “conforto humano”, parece-nos bem coerente, uma vez que a aplicação da energia elétrica em equipamentos domésticos é a mais próxima e a mais evidente para a maioria dos alunos.

Chama a atenção o número de respostas de alunos da turma A que relacionam os aspectos positivos da energia elétrica às inúmeras atividades econômicas. Neste caso, é interessante salientar que a maior parte dos alunos desta turma possui uma atividade remunerada. Vejamos alguns exemplos das respostas destes alunos,

A produção do uso de energia elétrica, beneficia industrias, firmas, empresas, enfim beneficia a todos nós. Pois é através dessa energia fazemos uso de diversos aparelhos, desde doméstico até aparelhos e máquinas industriais, máquinas da qual trás benefícios à cidade. Ex : as máquinas da Cutrale, Lupo, Jackes, Inepar¹, que são comercializados para diversos regiões trazendo lucros a cidade. Porem não deixa de trazer problemas. (Aluno 5 A)

Aspectos positivos, principalmente, pois a energia eletrica e muito importante no nosso dia-a-dia, gerando forças para “movimenta” um pais inteiro, através da eletricidade que chega as nossas casas, e movimenta as Industrias e varios outros fatores, atravez da eletricidade. (Aluno 24 A)

aspecto positivo com a eletricidade ela nos ajuda na industria que a produção o muito mais e menos arterando e mais tecnologia. (Aluno 10 A)

A energia elétrica tem um aspecto muito positivo porque imaginem nós sem energia, as firmas, as ruas de noite, em fim sem energia iria ser muito difícil... (Aluno 33 A)

¹ Cutrale, Lupo, Jackes e Inepar são indústrias de médio e grande porte localizadas no município de Araraquara.

Dentre as indicações dos diferentes aspectos positivos, também encontramos referências à relação entre produção de energia elétrica e as diferentes possibilidades de comunicação através dos meios de comunicação social. Neste caso, a TV é valorizada por ser um poderoso meio de comunicação moderno e uma fonte importante de informações. Exemplos:

Os aspectos positivos – se não fosse a energia elétrica como nós poderíamos assistir TV receber novas informações, ouvir rádio etc... (Aluno 12 B)

positivos por que sem a energia eletrica nos não tinhamos TV e não ia estar funcionando.” (Aluno 27 B)

Sem a eletricidade, nós não teríamos a TV, rádio, meio de comunicação, de transporte que facilita o nosso dia – a – dia, sem eletricidade estamos perdidos. (Aluno 17 A)

Positivo – Por transmitir coisas muito importante em nossa vida. Sabemos mais coisas pela televisão as coisas que nos interessas e as outras que ã interessam muito. (Aluno 18 A)

Eu considero positivos pois graças à energia elétrica eu posso assistir a televisão que me ajuda a aprender algumas coisas importantes para a vida, como eu disse, eu aprendi sobre a enérgia eletrica na Televisão. (Aluno 32 A)

Ainda em relação aos dados apresentados pela tabela 08, podemos perceber que a maioria dos alunos (54 %) não fez menção simultaneamente a aspectos negativos e positivos da produção e uso da energia elétrica, mesmo tendo sido indicada na pergunta a possível existência destes diferentes aspectos.

Verifica-se que alguns alunos indicam aspectos positivos e fazem na seqüência uma pequena ressalva para a existência de aspectos negativos como, por exemplo, o aluno 5 A,

A produção do uso de energia elétrica, beneficia industrias, firmas, empresas, enfim beneficia a todos nós... Porem não deixa de trazer problemas. (Aluno 5 A)

Finalmente, podemos observar (tabela 8) que trinta e sete alunos, ou 39 % de um total de noventa e cinco, indicaram aspectos negativos relacionados à produção de energia elétrica. Destes trinta e sete alunos, dezessete ou 18 % do total geral (noventa e cinco) dos alunos indicaram aspectos diretamente relacionados à degradação ambiental.

A tabela 09 fornece uma visão geral da natureza e frequência dos aspectos negativos indicados pelos alunos das turmas A, B e C.

Tabela 09: Apontamentos dos aspectos negativos da produção e uso da energia elétrica, feito por alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara – SP.

| Grupo | Frequência * | | | | | | Exemplos |
|-----------------------------------|------------------|----|----|--------|-----|-----|--|
| | Nº de indicações | | | (%) | | | |
| | Turmas | | | Turmas | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Degradações ambientais | 6 | 6 | 5 | 60% | 46% | 29% | Aluno 15 C <i>Aspecto negativo para a construção de hidrelétricas são alagados grandes porções de terras, destruindo vegetação local e matando muitos animais...</i> |
| Alto custo das tarifas de energia | 4 | - | 4 | 40% | - | 24% | Aluno 18 A <i>...Negativo – Porque a conta de energia elétrica no fim do mês é muito caro.</i> |
| Choques elétricos | - | 4 | 3 | - | 31% | 17% | Aluno 4 B <i>...lado negativo: choques intensos são extremamente perigosos.</i> |
| Curto-circuito | - | 3 | 2 | - | 23% | 12% | Aluno 37 B <i>O aspecto negativo é quando dá algum curto circuito e pega fogo...</i> |
| Desperdício de energia | - | - | 3 | - | - | 18% | Aluno 23 C <i>...O negativo é que toda hora, todo minuto, tem desperdícios.</i> |
| Total | 10 | 13 | 15 | 100 | 100 | 100 | |

* Consideramos somente o grupo de aspectos negativos. O mesmo aluno pode ter sua resposta classificada em mais de um grupo.

Aqueles alunos que indicaram aspectos negativos relacionados às degradações ambientais chamam a atenção para a construção de hidrelétricas. Os exemplos que se seguem ilustram esta análise,

..também existe algumas coisas ruins como quando é construída a hidrelétrica e as vezes muda o curso dos rios ou o represamento há uma alteração no meio ambiente.

(Aluno 8 C)

...o negativo é que com cada rede hidrelétrica implantada no núcleo da sociedade milhares de espécies existentes na localidade são exterminadas com as inundações.

(Aluno 25 C)

Negativamente posso citar o alagamento de extensão de áreas para a criação das represas que acaba, matando algumas espécies de animais, “degradando” assim o equilíbrio ecologico, além de prejudicar a migração dos peixes para o rio assim pra epoca da reprodução (piracema). **(Aluno 24 B)**

Aspectos negativos: uma grande área para a criação da usina é necessária o que as vezes destroi um ecossistema formado, prejudica a fauna e a flora. **(Aluno 40 B)**

Negativos – Acabam criando represas que invadem áreas protegidas pelo Ibama. **(Aluno 44 A)**

Podemos indicar ao final deste questionário diagnóstico que a maior parte dos alunos (68 % do total) não indicam aspectos controversos ou polêmicos relacionados ao uso e à geração de energia elétrica. Observamos que 47 % dos alunos indicaram somente aspectos positivos; 32%, aspectos positivos e negativos; 6 %, apenas aspectos negativos e 15 % não indicaram nenhum aspecto positivo ou negativo. Além do fato de os temas controversos da ciência estarem, de certa forma, distantes da sala de aula, consideramos que normalmente as usinas geradoras de eletricidade, como as hidrelétricas, no caso do Brasil, estão bem distantes dos grandes centros urbanos (ROSA, et al. 1988). Além do mais, a circulação de informações sobre impactos negativos provocados por grandes projetos de produção de energia elétrica são escassos e normalmente reservados aos círculos técnico e científico.

III. 3 – Alguns reconhecimentos que os alunos tinham em relação a aspectos positivos e negativos relacionados à produção da energia elétrica em larga escala

Dentre as atividades que realizamos em sala de aula, destaca-se o estudo dirigido. Trabalhamos cinco textos em diferentes momentos das intervenções (anexo 2) e cada um deles possuía um roteiro de trabalho que deveria ser respondido pelo aluno ao final da leitura. Neste caso, solicitamos que as respostas deveriam ser de cunho pessoal e expressar a verdadeira opinião do aluno.

Em alguns destes roteiros, nós apresentamos perguntas que solicitavam dos alunos indicações sobre aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Neste caso, vamos verificar se eles foram capazes de reconhecer estes diferentes aspectos durante a realização da intervenção.

Durante a intervenção procuramos ter uma conduta coerente, buscando trabalhar aspectos ou indícios que levassem os alunos a refletir sobre os aspectos controversos associados ao tema “produção de energia elétrica em larga escala”. Uma das alternativas que encontramos foi estimular os alunos a perceberem, através dos textos oferecidos para o estudo dirigido, aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala.

Para Rosa et al.(1988), questionar o papel dos projetos energéticos, implica analisar as bases nas quais se alicerçaram nossa sociedade, com grandes centros consumidores vorazes de energia concentrada e todos os benefícios oferecidos pelo uso da energia. Porém, a inserção de grandes projetos energéticos traz, em medidas diferentes, grandes prejuízos aos sistemas social e natural. Para o autor, uma análise dos benefícios e prejuízos advindos dos projetos energéticos deverá apontar caminhos para um equilíbrio entre a necessidade do homem em obter energia em larga escala e a reversão ou eliminação dos impactos nos meios social e ambiental.

No decorrer das atividades, fomos percebendo que a maioria dos alunos passou a reconhecer e explicitar de forma mais clara os diferentes aspectos positivos e negativos da intervenção do homem na natureza através da produção de energia elétrica em larga escala.

No terceiro encontro, após trabalharmos algumas informações técnicas e históricas (anexo 4 e 5) sobre a geração de energia elétrica em larga escala, procuramos mais uma vez explicitar a controvérsia em relação à produção de energia elétrica em larga escala e, a partir da questão a eles colocada, tentamos identificar até que ponto os

alunos reconheciam conseqüências positivas e negativas da implantação das primeiras usinas geradoras de energia elétrica em larga escala no Brasil (anexo 5),

Indique alguns aspectos que você considera positivos e outros que sejam negativos da implantação das primeiras usinas geradoras de energia elétrica em larga escala no Brasil.

Oitenta e quatro alunos no total responderam a esta pergunta, sendo vinte e três da turma A, trinta e dois da turma B e vinte e nove da turma C. Os dados obtidos estão agrupados na tabela 10.

Tabela 10 : Indicações dos alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, a respeito de possíveis aspectos positivos e negativos na geração e no uso de energia elétrica

| O aluno indicou... | Nº de indicações | | | (%) | | | Exemplos |
|--------------------------------|------------------|----|----|--------|-----|-----|---|
| | TURMAS | | | TURMAS | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Aspectos positivos e negativos | 21 | 20 | 21 | 91% | 63% | 72% | Aluno 9 C <i>Aspectos positivos – trouxe o avanço da tecnologia do país. Aspectos negativos – tiveram que fazer empréstimos de outros países.</i> |
| Somente aspectos positivos | 2 | 12 | 2 | 18% | 37% | 7% | Aluno 35 B <i>Na minha opinião não tiveram aspectos negativos. O Brasil cresceu com essas empresas. Apenas vejo como um grande salto para a tecnologia de nosso país...</i> |
| Não respondeu | - | - | 6 | - | - | 21% | |
| Total | 23 | 32 | 29 | 100 | 100 | 100 | |

Comparando os dados das diferentes turmas, percebemos que a turma A possui um maior número de alunos que indicam aspectos positivos e negativos relacionados à implantação dos primeiros geradores elétricos no Brasil.

Entretanto, o texto que a turma A recebeu possuía um trecho no qual explicitávamos um possível aspecto negativo da produção de energia elétrica em larga escala. Observe o trecho,

Porém, destacamos um dos aspectos possivelmente negativos da utilização da energia elétrica nas fábricas. Ocorreu neste período a extensão da jornada de trabalho, já que com a iluminação elétrica, invenção do norte americano Thomas Edison, era possível trabalhar também a noite.

Este trecho influenciou decisivamente nas indicações sobre aspectos negativos oferecidos pelos alunos da turma A.

Para as turmas B e C, houve uma modificação do parágrafo (anexo 5), e observamos poucas respostas que indicassem que a jornada de trabalho noturna fosse um aspecto negativo da implantação dos primeiros geradores elétricos no Brasil. De modo geral, podemos observar nestas turmas (B e C) uma diminuição da frequência de respostas que indicam aspectos positivos e negativos. Verificamos que vários alunos não conseguiram apontar aspectos positivos e negativos mesmo colocando a questão de forma a indicar a existência de diferentes aspectos relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Exemplo:

Eu considero apenas aspectos positivos, pois nunca se divulgou contrariedades na produção de energia elétrica

_ praticidade (facilidade)

_ conforto

_ ônibus elétricos; (Aluno 11 B)

É interessante notar que todos os alunos que responderam a esta pergunta indicaram, de alguma forma, algum aspecto positivo relacionado à implantação das primeiras usinas de geração de eletricidade no país.

Neste sentido, é interessante olharmos mais de perto estes dados para obtermos uma análise destes diferentes aspectos declarados “positivos”. A tabela 11 sumaria os principais resultados desta análise.

Neste caso, as frequências das indicações dos diferentes aspectos positivos estão bem próximas entre as turmas A e B. No caso da turma C, tivemos 21% dos alunos que

não responderam a esta pergunta, medida que influenciou decisivamente no resultado geral dos dados.

Tabela 11: Principais indicações apresentadas por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, sobre os aspectos positivos da implantação dos primeiros geradores elétricos instalados no Brasil

| Agrupamento | Frequência* | | | | | | Exemplos |
|--------------------------|------------------------------|----|----|--------|-----|-----|--|
| | N ^o de indicações | | | % | | | |
| | TURMAS | | | TURMAS | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Conforto | 13 | 19 | 7 | 57% | 59% | 24% | Aluno 5 C <i>Positivos - ...muitas coisas mudaram na vida das pessoas comuns, muitas casas foram iluminadas, além disto, vários utensílios domésticos foram inventados, o que trouxe uma mudança significativa nos hábitos das pessoas em geral...</i> |
| Modernização e progresso | 11 | 16 | 19 | 48% | 50% | 66% | Aluno 17 B <i>Importante para levar crescimento tecnológicos do país e na sua industrialização...</i> |
| Não indicou | - | - | 6 | - | - | 21% | |

* Frequência percentual em relação ao número total de alunos por turma

É importante ressaltar que na turma C encontramos algumas dificuldades em envolvê-los em nossas atividades. Talvez isto seja decorrência de alguns incidentes que ocorreram nesta turma, mas que procuramos a todo o momento contornar e superar.

Muitos alunos consideraram como aspecto positivo o processo histórico de acesso às tecnologias de geração de energia elétrica que o país havia conquistado nos últimos anos. Talvez isto possa ser explicado pela percepção e relação que os alunos estabelecem entre o acesso a essas tecnologias e a modernização e o chamado progresso. As citações a seguir exemplificam o que acabamos de relatar,

Se não existisse energia elétrica não haveria usina, fábrica e assim muitas pessoas ficariam sem “trabalho” ou trabalhando na roça e ganhariam pouco. Não haveria energia elétrica e assim não haveria luz e nem tecnologia. (Aluno 27 A)

Eu acho que foi bom porque deu conforto, gerou bastante empregos e as empresas e indústrias que utilizam bastante a energia e também trouxe empregos noturnos. (Aluno 16 B)

Eu acho que foi bom por que as empresas passaram também no período da noite e isso fez com que gerasse mais empregos. A energia também trouxe conforto para a sociedade.

(Aluno 26 B)

A energia elétrica no Brasil para mim foi muito bom por que o que mais ajudou foi que as empresas podiam ficar até a noite funcionando e as pessoas também podiam trabalhar de noite, porque tinha iluminação e eles não ficavam no escuro. (Aluno 27 B)

Por um lado foi bom pelo avanço da tecnologia, modernização e empregos.... (Aluno 4 B)

Trouxe energia elétrica para as cidades trazendo assim o progresso para o país.... (Aluno 28 B)

É interessante notar, tal qual afirma Brügger (1994), que muitas vezes o termo “progresso” não está associado à melhoria da qualidade de vida para a maioria da população, sendo utilizado na maioria das vezes como uma espécie de eufemismo para designar crescimento desordenado e depredação de ambientes naturais. Para a autora existe, no senso comum, a idéia de que o crescimento sempre se traduz em benefícios para a sociedade, escamoteando os inúmeros aspectos negativos relacionados a qualquer forma de intervenção do homem na natureza.

Em outro momento da intervenção, o penúltimo encontro, trabalhamos o texto (anexo 10) que apresentava, de modo mais sistematizado, informações sobre os principais impactos ambientais diretamente relacionados aos diferentes modelos de

geração de eletricidade em larga escala. Foi proposta ao final do texto, novamente a seguinte questão,

Você pode indicar aspectos positivos ou negativos na produção e no uso da energia elétrica.

Nota-se que esta é a mesma pergunta oferecida na etapa diagnóstica (tabela 08). Nossa intenção era a de, no final da intervenção, após termos oferecido aos alunos elementos a partir de textos e discussões sobre benefícios e prejuízos advindos da produção de energia elétrica, identificar o repertório dos alunos em relação ao reconhecimento e as suas argumentações sobre estes benefícios e prejuízos.

Para esta atividade, estiveram presentes noventa e quatro alunos, sendo trinta e três da turma A, trinta e dois da turma B e vinte e nove da turma C.

Os dados que obtivemos com as respostas dos alunos às questões propostas (anexo 10) estão apresentados na tabela 12.

Podemos notar pela tabela 12 que o item que relaciona aspectos positivos e negativos possui um alto nível de frequência nas três turmas, notadamente na turma B com 97% dos alunos apresentando este tipo de resposta.

Uma simples comparação entre as tabelas 08 e 12 aponta para um aumento no número de alunos das turmas B e C que indicam aspectos positivos e negativos diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala. Ficam bastante claros, nesta etapa do trabalho, a capacidade e o reconhecimento dos alunos quanto à identificação de aspectos controversos decorrentes do uso desta tecnologia.

É bastante interessante observar, no entanto, que muitos alunos que indicam nas suas respostas aspectos positivos e negativos da produção de energia elétrica o fazem citando rapidamente os aspectos negativos ou não assumem a mesma dimensão que o fazem quando da citação dos aspectos positivos. Neste caso, podemos perceber uma maior ênfase nos aspectos positivos do que nos aspectos negativos do processo. Exemplos:

Aspectos positivos: crescimento econômico, social, industrial, técnico e científico e melhor qualidade de vida a população.

Aspectos negativos: impactos ambientais. (Aluno 6B)

Positivos é que sem a energia nós não podíamos usar o computador e nenhum eletro domestico, etc. Por isto é muito bom ter energia em casa.

Negativo é que prejudica o meio ambiente. (Aluno 27 B)

Tabela 12: Frequência das indicações de aspectos negativos e/ou positivos da geração e uso da energia elétrica apresentadas por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP.

| Aspectos | N ^o de indicações | | | (%) | | | Exemplos |
|----------------------------|------------------------------|----|----|--------|-----|-----|---|
| | TURMAS | | | TURMAS | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Positivos e negativos | 28 | 31 | 24 | 85% | 97% | 83% | <p>Aluno 20 A</p> <p><i>Aspectos Negativos: Destruição de áreas com cobertura vegetal nativa, a perda da biodiversidade e a emissão de gases. Deslocamento das pessoas ou cidades inteiras dos seus locais de origem, perda de patrimônios históricos etc...</i></p> <p><i>Aspecto Positivo: Iluminação pública, aparelhos eletrônicos, contribui para o desenvolvimento técnico e científico e para as projeções de crescimento econômico e social dos países; Melhora a qualidade de vida das pessoas que dela usufruam.</i></p> |
| Somente aspectos positivos | 4 | 1 | 2 | 12% | 3% | 7% | <p>Aluno 11 A</p> <p><i>Somente beneficio que são tudo que nos temos de bom na nossa casa como televisão e outros aparelhos e a comparação de alguns anos atras e de agora.</i></p> |
| Não respondeu | 1 | - | 3 | 3% | - | 10% | |
| Total | 33 | 32 | 29 | 100 | 100 | 100 | |

Embora, como já explicitado, em cada um destes exercícios enfatizava-se a importância de que cada aluno respondesse às questões a partir de seu entendimento e de que não havia *a priori* respostas “certas” ou “erradas”, não se pode deixar de considerar a possibilidade de que muitos destes aspectos negativos tenham sido citados pelos alunos não pela convicção, mas pelo fato de terem sido mencionados nos textos. Vejamos alguns exemplos,

Aspectos positivos – como eu disse em cima o desenvolvimento, industriais e ainda o bem estar das populações, que com a energia elétrica veio os ar condicionado, computador e muitas outras coisas.

Aspectos negativo – perto do conforto que a energia elétrica nos dá, o aspecto negativo são muito poucas, como desvios dos rios desmatamentos, mais o que é isso perto do que o homem faz atoa. (Aluno 2 A)

Apesar dos problemas que as usinas nos proporcionam, na minha opinião é super legal, pois graças à energia podemos usufruir de varias coisas como: televisão, o rádio, vários meios de comunicação, vários utensílios domésticos para facilitar nossas vidas e fazer nosso serviços mais rápido e precisos, meios de transporte, etc... (Aluno 32 A)

Em outras respostas, podemos encontrar comentários que mostram o reconhecimento da controvérsia e implicitamente a necessidade de administrar o conflito,

Para o homem, no geral, acho que só existem aspectos positivos no uso da energia. Banho quente, luminosidade à noite, computadores, eletrodomésticos, todas essas coisas são positivas para o homem e não saberíamos viver sem isso. E tudo isso existe graças à energia elétrica.

Mas a produção dessa energia, deixa bem claro os aspectos negativos como a destruição de áreas c/ mata nativa, a perda de biodiversidade, a emissão de gases, o deslocamento de cidades inteiras, a perda de patrimônios históricos, etc. (Aluno 11C)

Para verificar o que os alunos apresentavam neste momento como aspectos positivos, relacionados à geração e ao uso da energia elétrica, vamos apresentar os dados sumariados na tabela 13.

De modo geral, os alunos relacionam aspectos positivos com os diversos objetos de uso diário que estão ao seu redor, tais como chuveiros elétricos, ferro de passar roupa, luz elétrica e etc.

Tabela 13 : Principais aspectos positivos da geração e uso da energia elétrica apresentados por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara

| Agrupamento | n ^o de indicações | | | %* | | | Exemplos |
|---------------------|------------------------------|----|----|--------|-----|-----|---|
| | Turmas | | | Turmas | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Conforto | 26 | 22 | 19 | 79% | 69% | 66% | Aluno 2 B <i>positivos – praticidade (computador, maquinários e etc) conforto (aquecedores, lazeres e etc)...</i> |
| Avanço tecnológico | 5 | 9 | 7 | 15% | 28% | 24% | Aluno 8 C <i>...os aspectos positivos são os avanços tecnológicos...</i> |
| Geração de empregos | 2 | 3 | 3 | 6% | 9% | 10% | Aluno 12 A <i>...positivo com mais usina gera mais empregos a nossa cidade e pessoas da nossa cidade arruma mais emprego e para as pessoas de fora.</i> |

* Mais de um aluno pode ter sua resposta classificada em diferentes grupos. A frequência percentual é em relação ao número total de alunos por turma.

Veja o exemplo de outras respostas apresentadas pelos alunos no trabalho com este texto (Anexo 10),

Toda a produção de energia elétrica têm aspectos positivos e negativos. Os aspectos positivos são: o conforto para a população, a geração de empregos, seja em uma indústria que utiliza energia elétrica ou na própria construção de usinas geradora de eletricidade.

(Aluno 4C)

...já os aspectos positivos acredito que sejam os benefícios que a eletricidade traz no nosso dia a dia, através dos aparelhos elétricos que auxiliam em nossa vida cotidiana.

(Aluno 9B)

Através dos dados apresentados e analisados neste capítulo podemos observar que

- Os dados obtidos na fase diagnóstica apontam que naquele momento um significativo número de alunos não indicam, mesmo quando estimulados, aspectos positivos e negativos diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala;
- Durante a intervenção, a grande parte dos alunos apontam aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica, porém suas respostas ficam restritas a citações muito genéricas. Em alguns casos, os alunos buscam no próprio texto indicações mais diretas destes diferentes aspectos;
- Algumas respostas melhor elaboradas reconhecem os diferentes aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia elétrica, porém a indicação dos aspectos negativos é amenizada diante dos benefícios oferecidos pela produção e o uso direto da energia elétrica;
- Finalmente, encontramos em algumas respostas a indicação do reconhecimento dos aspectos positivos e negativos relacionados à produção de energia, porém o aluno procura, de certa forma, admitir a necessidade de administração do conflito.

Capítulo IV - A COMPREENSÃO DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO EM RELAÇÃO AOS DIFERENTES IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM LARGA ESCALA

IV.1 – Introdução:

De acordo com Kneller (1978), a tecnologia é um empreendimento humano, historicamente em desenvolvimento, que consiste em construir artefatos e organizar o trabalho para satisfazer algumas das necessidades humanas.

A tecnologia é essencial e desejável, e, em várias oportunidades, está relacionada ao processo de modernização dos meios de produção industrial e à melhoria de vida de grandes parcelas da população humana. Porém, associados aos benefícios advindos do produto tecnológico, existem inúmeros prejuízos, tantos aos sistemas humanos como aos sistemas naturais. Estes prejuízos devem ser avaliados diante dos benefícios proporcionados.

Os modernos processos tecnológicos de produção de energia elétrica em larga escala permitem que o homem obtenha a energia necessária para sustentar algumas das suas diversas atividades. Além disso, existem indicadores (REIS; SILVEIRA, 2000) que apontam que o desenvolvimento do bem-estar de uma sociedade aumenta com a oferta adequada de energia.

Porém, para a produção de energia elétrica em larga escala é necessário que o homem faça uma intervenção nos sistemas naturais. Isto interfere de modo significativo num ambiente imensamente complexo, que possui uma vasta e intrincada teia de causas e efeitos físicos, químicos e biológicos, sendo que sua maioria não é entendida pelo homem.

Além disso, muitos dos projetos de geração de energia elétrica são, sem dúvida, relacionados a impactos sociais concretos, tais como o deslocamento de populações em áreas afetadas pela formação de um lago artificial pela barragem de uma grande hidrelétrica.

Nesta parte do trabalho, propomos analisar de forma mais específica a compreensão dos alunos em relação aos impactos ambientais diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala.

IV-2 - Algumas considerações iniciais de como os alunos entendiam as degradações ambientais decorrentes da interferência do homem na natureza

Para iniciar o trabalho de intervenção, consideramos pertinente fazer um levantamento quanto à compreensão dos alunos em relação aos problemas ambientais decorrentes do processo de interferência do homem na natureza. De modo mais específico, o nosso interesse era o de avaliar se os alunos eram capazes de estabelecer uma relação entre impactos ambientais e produção de energia elétrica em larga escala

IV.2.1 – Principais problemas presentes na sociedade

Iniciamos nosso trabalho diagnóstico com um questionário (anexo 1) no qual o aluno deveria responder a uma pergunta sobre os principais problemas existentes na sociedade,

Cite os principais problemas que estão presentes na nossa sociedade.

Nosso interesse era o de avaliar se os alunos indicavam os problemas ambientais como um dos principais existentes na sociedade. Solicitamos inicialmente que os alunos da turma A (período noturno) respondessem a essa questão e, diante das respostas satisfatórias, a mesma pergunta foi proposta aos alunos das turmas B e C.

Participaram desta atividade, que foi a primeira desenvolvida, trinta e dois alunos da turma A, trinta e quatro da turma B e trinta da turma C.

Na tabela 14, agrupamos e apresentamos os dados obtidos com esta pergunta. Para facilitar a comparação e a análise entre as três turmas, vamos apresentar os dados em uma única tabela.

A comparação entre as três turmas indica que, de maneira geral, as preocupações sociais (desemprego, violência urbana, governantes corruptos, escolaridade precária e miséria) são apontadas com níveis parecidos de preocupação e em maior frequência.

Tabela 14 : Principais problemas presentes na sociedade, segundo os alunos do 3^o ano de uma escola pública de Ensino Médio, da Diretoria de Ensino de Araraquara-SP

| <i>Problema apontado</i> | <i>Frequência</i> | | | | | |
|---|--|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | <i>Frequência (%) em relação ao total de citações*</i> | | | <i>Absoluta</i> | | |
| | <i>Turma A</i> | <i>Turma B</i> | <i>Turma C</i> | <i>Turma A</i> | <i>Turma B</i> | <i>Turma C</i> |
| Desemprego | 15% | 16% | 21% | 14 | 19 | 18 |
| Violência urbana | 12% | 14% | 17% | 11 | 17 | 15 |
| Governantes corruptos | 15% | 13% | 11% | 14 | 16 | 10 |
| Escolaridade pública precária | 9% | 15% | 9% | 8 | 18 | 8 |
| Parte da população que vive na miséria | 8% | 10% | 15% | 7 | 12 | 13 |
| Desnível social | 3% | 8% | 2% | 3 | 10 | 2 |
| Tráfico e consumo de drogas | 15% | 5% | 3% | 14 | 6 | 3 |
| Preconceitos sociais e raciais | 9% | 7% | 8% | 8 | 8 | 7 |
| Sistema de saúde precário | 3% | 6% | 9% | 3 | 7 | 8 |
| Falta de solidariedade entre as pessoas | 9% | 5% | 3% | 8 | 6 | 3 |
| Problemas Ambientais | 1% | 1% | 1% | 1 | 1 | 1 |
| Total de citações | | | | 91 | 120 | 88 |

* Uma vez que alguns alunos citaram mais de um dos problemas apontados, o mesmo aluno pode ter sua resposta classificada em mais de um grupo de problemas apresentados na tabela.

Na turma A o item “tráfico e consumo de drogas”, citado por 14 alunos, destoa um pouco das demais turmas. A análise das respostas destes alunos (turma A) nos indica que a maioria deles fazem referências a experiências familiares e escolares em relação ao uso de drogas. As respostas que seguem exemplificam as indicações dos alunos da turma A em relação a esta questão. Exemplos:

Para o problema mais importante para mim é as drogas.

As droga, para quem vive com uma pessoa drogada é a pior que existe, essa pessoa drogada rouba as coisas de sua propria familia para vender, para comprar mais droga essa pessoa matam por dinheiro e roubam as pessoas, a pessoa drogada quando fica sem droga se torna uma pessoa muito selvagem e ninguem pode controlar ela só a droga que acalma essa pessoa.

Mas para esse problema existe a clinica de recuperação de drogados que são muito caras pouca pessoa tem condições de frequentar essa clinica.

Mas se uma pessoa vai para essa clinica, sai de la e mesmo assim conhece amigo que se drogam o próprio amigo fazem essa pessoa voltar para o caminho das drogas. Mas com amigo desse tipo quem precisa de inimigo. (Aluno 27 A)

Primeiramente, existem problemas que nos decepcionam, como na escola que estudo, pessoas saem da classe, tem algumas que nem entram na sala de aula, vão até o banheiro, atras da escola, até mesmo no pátio e se drogueiam, principalmente no banheiro. Isso me decepciona, vendo pessoa da escola que eu estudo, chegam até oferecer droga para mim, principalmente no banheiro. (Aluno 36 A)

Chamou nossa atenção a pouca frequência de citações que estivessem diretamente ligadas à problemática ambiental. Apenas um aluno em cada uma das turmas fez referência a questões ambientais,

O problema mais sério que existe em nossa sociedade é a falta de consciência. Somos seres inconscientes, que, por seus próprios atos, se autodestroem. Estamos nos destruindo quando “ofendemos” a natureza (com queimadas, agentes poluidores, desmatamentos, etc)... (Aluno 9 A)

Além de um aluno da turma A, apenas um aluno na turma B e outro na turma C indicaram aspectos da problemática ambiental,

É a falta de emprego, injustiça, corrupção na politica, crescimento exagerado da população, poluição no ar, nos mares, na terra... (Aluno 12 C)

A fome, a miséria, as drogas, a máfia dos políticos, a maioria dos rios que estão cada vez mais poluídos com a caída de esgotos, os caras que matam a sangue frio a troco de nada. (Aluno 15 B)

Notamos, de modo geral, que os problemas sociais que trazem conseqüências muito imediatas ao dia-a-dia dos alunos são os mais lembrados. Dentre estes, a questão do trabalho e dos altos índices de desemprego, aspecto vital para essa faixa etária, são os mais citados pelos alunos. Violência urbana, corrupção e qualidade da educação, problemas que os atingem também de forma muito direta, estão bastante presentes em suas respostas.

Por outro lado, os problemas ambientais, provavelmente por não apresentarem conseqüências tão imediatas e possíveis de serem percebidas pelos alunos no seu dia-a-dia, são lembrados e espontaneamente identificados como problemas importantes por apenas um aluno em cada turma.

Os dados aqui obtidos fornecem indicações importantes sobre o papel da escola em esclarecer a nossa população quanto ao significado e à relevância dos problemas ambientais com os quais nos deparamos.

Embora espontaneamente essa questão tenha sido apontada por apenas três alunos, temos hoje conhecimentos já acumulados que nos indicam as conseqüências dos impactos ambientais não só em termos de saúde e de qualidade de vida para a população humana, mas também em termos de agravos, de maneira geral, a outras formas de vida.

Além disso, a compreensão por parte dos alunos quanto à estreita relação entre as causas dos problemas ambientais e os problemas de ordem social, política e econômica parece bastante significativa em termos de leitura do mundo. Torna-se necessária, portanto, uma reflexão sobre os modelos de desenvolvimento que têm sido adotados pelos países subdesenvolvidos nas últimas décadas e que são responsáveis pela geração da miséria, pelos índices de desemprego e também pela devastação de ambientes naturais. Não é tão difícil fazer a associação, por exemplo, entre estes modelos e a poluição dos rios em diferentes regiões do Brasil, incluindo a região de Araraquara, por diversos resíduos industriais, agropecuários e residenciais.

Somam-se a estas possibilidades as discussões que possam levar os alunos a compreender que o modelo atual de apropriação dos recursos naturais (florestas, rios, solos) exclui a grande maioria da população. Por esta razão, até mesmo uma melhor equidade social se faz mediante a distribuição dos recursos naturais, sua conservação e sustentabilidade.

IV.2.2 – Problemas Ambientais

Uma semana após aplicarmos o primeiro questionário, propusemos aos alunos o segundo questionário (anexo 01). Composto por quatro perguntas, nele explicitamos a palavra “problema ambiental” de modo que esta informação viesse a chamar a atenção dos alunos.

Solicitamos aos alunos que indicassem o que lembravam quando se falava em problemas ambientais. Além de solicitar que indicassem a existência ou não de problemas ambientais no Brasil, os alunos foram questionados sobre a existência de problemas ambientais na região onde vivem, identificando-os.

Com as respostas fornecidas por este segundo questionário, procuramos identificar algumas idéias que os alunos traziam a respeito de problemas ambientais. Tínhamos ainda o interesse de verificar se, espontaneamente, os alunos faziam referências à relação entre os processos de obtenção de energia e problemas ambientais.

IV.2.2.1 – Indicações de Problemas Ambientais

Noventa alunos das turmas A, B e C responderam ao questionário diagnóstico número dois (anexo 1), sendo trinta e seis da turma A, trinta e quatro da turma B e vinte da turma C.

A primeira pergunta que fizemos neste questionário foi:

Do que você lembra quando falamos de problemas ambientais?

Sumariamos, na tabela 15, as repostas dos alunos a esta questão. As frases, ou partes delas, que utilizamos nas tabelas para exemplificar os agrupamentos, foram retirados das respostas fornecidas pelos alunos.

Notamos, de maneira geral, que muitos alunos citaram vários itens identificados com degradações ambientais, tais como o lixo, os desmatamentos, a poluição da água e do ar e a extinção de animais e plantas.

No agrupamento denominado poluição (genérico), estão as respostas dos alunos que indicaram a palavra poluição, sem no entanto associá-la à degradação de um meio específico. Outro dado relevante diz respeito ao item “Outros: Não citou nenhuma degradação ambiental em específico”. Neste agrupamento, reunimos as respostas de vários alunos que não identificaram problemas ambientais com degradações dos meios

naturais. Um número expressivo em relação ao total de alunos fez este tipo de associação (44% do total geral).

Tabela 15 – Aspectos relacionados por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, quando perguntado sobre o que se lembram quando falamos em problemas ambientais

| Agrupamento | Exemplos | Frequência* | | | | | |
|--|---|-------------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Turma A | | Turma B | | Turma C | |
| | | qtde | % | qtde | % | qtde | % |
| Poluição da água: | Aluno 17 B <i>...poluição dos rios e diversos outros problemas.</i> | 14 | 39% | 18 | 53% | 9 | 45% |
| Desmatamento: | Aluno 15 B <i>Da poluição, do desmatamento...</i> | 13 | 36% | 17 | 50% | 10 | 50% |
| Outros: Não citou nenhuma degradação ambiental em específico | Aluno 1 A <i>Quando falamos em problemas ambientais, lembro muito em problemas familiares, mas...bem não existe só problemas familiares mas sim existem outros tipos de problemas como escolares e no trabalho e etc.</i> | 18 | 50% | 14 | 41% | 8 | 40% |
| Poluição do ar: | Aluno 35 A <i>Lembramos da poluição do ar, dos lixos...</i> | 06 | 17% | 12 | 35% | 6 | 30% |
| Poluição (genérica): | Aluno 12 C <i>Poluição, destruição da natureza.</i> | 10 | 28% | 8 | 24% | 6 | 30% |
| Extinção de animais e plantas: | Aluno 15 C <i>...Extinção de alguns animais ou plantas...</i> | 10 | 28% | 4 | 12% | 1 | 5% |
| Queimadas: | Aluno 10 A <i>Logo lembramos em poluição de rios, queimadas em matas...</i> | 5 | 14% | 6 | 18% | 3 | 15% |
| Lixo e esgoto: | Aluno 11 C <i>Eu me lembro...de lixos e esgotos a céu aberto, etc.</i> | 3 | 8% | 1 | 3% | 3 | 15% |
| Exploração da Floresta Amazônica | Aluno 21 B <i>A exploração das nossas florestas principalmente a floresta amazonica.</i> | 2 | 6% | 2 | 6% | 1 | 5% |

* A coluna denominada “frequência” fornece a frequência percentual (%) em relação ao total de alunos em cada turma e a quantidade (qtde) absoluta de alunos que indicou o aspecto relacionado. Mais de um aluno possui sua resposta classificada em diferentes grupos.

Ainda de acordo com os dados da tabela 15, podemos verificar que os itens “poluição da água e desmatamento”, dentre os diferentes tipos de degradação ambiental, aparecem com maior frequência nas três turmas. Além de uma maior exposição destes temas na mídia. Talvez o grande número de indicações destes itens se deva a uma maior exploração destes recursos em todo o país.

Conforme relatório da CIMA - Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), o acelerado crescimento econômico e demográfico brasileiro trouxe o agravamento de questões relacionadas aos recursos hídricos. Frequentemente, os resíduos industriais e domésticos são lançados sem tratamento prévio em rios e riachos próximos aos centros urbanos.

Quanto ao item “Desmatamento” encontramos em Pádua (1999) menções de que a ocupação colonial do território brasileiro foi, na grande maioria das vezes, predatória. Práticas ambientalmente destrutivas, tais como a queima de florestas para a plantação de lavouras, foram constantes entre os “senhores das terras”.

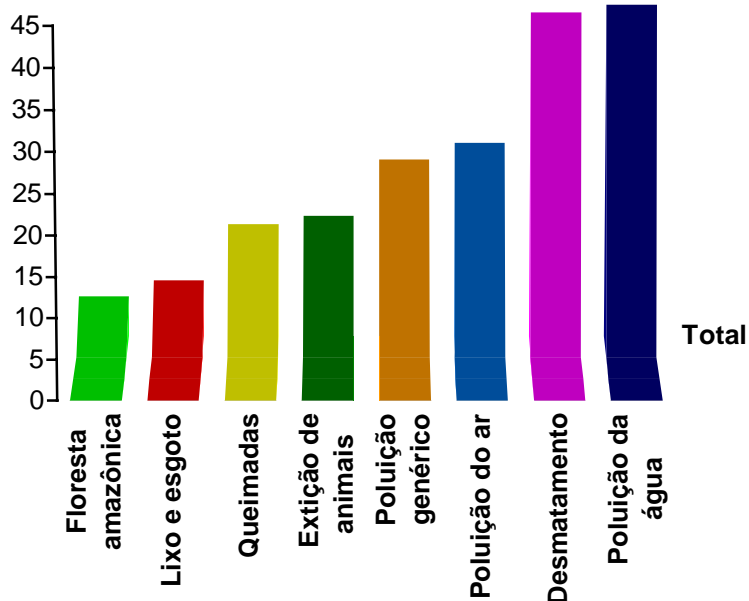
Todas estas degradações ao meio ambiente podem ser facilmente observadas na região tanto em relação aos recursos hídricos, como à flora e à fauna. Vários rios e riachos que cruzam a área urbana da cidade de Araraquara estão poluídos por resíduos orgânicos e químicos, industriais e residenciais. Outros recursos hídricos, como a lagoa localizada no conhecido Parque do Pinheirinho, estão contaminados por detritos orgânicos.

Terras da região, antes cobertas pela vegetação nativa, foram devastadas durante vários anos e ocupadas por lavouras de monocultura, como cana-de-açúcar e laranja, que são típicas desta região do Estado de São Paulo e que abastecem indústrias que produzem álcool, açúcar e sucos concentrados de laranja.

Mesmo na mídia, podemos perceber, de modo geral, que é mais comum a exploração de temas relacionados ao desmatamento e à degradação de recursos hídricos. Diariamente entramos em contato com notícias sobre a devastação de áreas da Floresta Amazônica, da Floresta Atlântica e do Pantanal Mato-grossense; além de documentários e manchetes sobre a poluição do Rio Tietê e seus afluentes; da contaminação por detritos industriais e orgânicos das represas Guarapiranga e Billings no Município de São Paulo.

O gráfico representado a seguir (gráfico 1) permite visualizar de outra forma os dados já apresentados na tabela 15. Neste gráfico reunimos os dados das três turmas em um único conjunto.

Gráfico 1- Indicações de problemas ambientais - turmas A, B e C



Dando seqüência à exploração dos dados, destacamos a próxima pergunta a que os alunos responderam,

Você considera que existam problemas ambientais no Brasil?

Nenhum dos noventa alunos das três turmas pesquisadas deixaram de responder à pergunta, mas muitos afirmaram a existência destes problemas no Brasil, usando frases curtas do tipo: “Sim; Sim e muitos; Vários; Muitos; Lógico”; que certamente foram provocadas pela forma com que a pergunta foi apresentada aos alunos, não solicitando justificativa à resposta inicial.

No entanto, alguns alunos retomaram os problemas ambientais indicados na resposta anterior, ou apresentaram comentários sobre possíveis causas desses problemas.

Para uma melhor visualização dos tipos de respostas a esta pergunta, sistematizamos os dados das três turmas pesquisadas (A, B e C) na tabela 16.

Tabela 16 – Respostas dos alunos do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, quando questionados sobre a existência de problemas ambientais no Brasil.

| Agrupamento | % | | | Exemplos de respostas |
|---|---------|---------|---------|--|
| | Turma A | Turma B | Turma C | |
| Afirmativa simples | 47% | 74% | 55% | Aluno 5 A <i>Sim muitos problemas.</i> |
| Resposta afirmativa c/ exemplos de problemas ambientais | 47% | 6% | 15% | Aluno 12 B <i>Sim, no Brasil temos vários problemas ambientais, os desmatamentos, poluição de rios, do ar e a extinção de animais.</i> |
| Resposta afirmativa e uma tentativa de explicar a causa do problema | 6% | 20% | 30% | Aluno 15 C <i>Sim. Apesar da maior floresta do mundo, o Brasil talvez por esse motivo seja também o país que mais desmatamento faz, claro que não é só na amazonia, mas ele é seu principal alvo. As indústrias internacionais vem aqui que acabam poluindo solo, rio, mar e principalmente o ar que respiramos um exemplo disso é a grande São Paulo. Sem contar com o tráfico de animais que acaba aumentando cada vez mais o número de animais em extinção.</i> |
| Total | 100 % | | | |

O agrupamento “Resposta afirmativa c/ exemplos de problemas ambientais” foi pouco destacado pelas turmas B e C, ao contrário da turma A. Ocorre o inverso com o agrupamento “Resposta afirmativa e uma tentativa de explicar a causa do problema”, que foi melhor destacado pelas turmas B e C e muito pouco pela turma A.

Mas de qualquer maneira sobressaem respostas mais simples, do tipo “Sim”, tendo esta sido provavelmente motivada pelo modo como foi formulada a pergunta.

Os dados revelam ainda que poucos alunos indicaram possíveis causas para os problemas ambientais. Entre estes, apenas seis alunos (7 % do total) mencionaram a interferência do homem através de artefatos técnicos e tecnológicos, como, por exemplo, fábricas. Exemplo:

Claro que sim, esse processo ocorre no nosso dia à dia, com industrialização e tecnologia... (Aluno 30 A)

Destacamos ainda que, quando a pergunta fazia claramente referência a problemas ambientais, todos os alunos indicaram acreditar na existência destes problemas no Brasil.

A pergunta seguinte do questionário solicitava dos alunos uma hierarquização, em termos de importância, dos problemas ambientais no nosso país,

Caso você considere a existência de problemas ambientais no Brasil, qual deles você supõe mais importante? Por quê?

As respostas a esta pergunta permitem uma visualização mais clara de como os alunos entendem os problemas ambientais. De modo geral, as respostas apresentadas para a primeira pergunta deste questionário – *Do que você lembra quando falamos sobre problemas ambientais?* – são novamente apontadas nesta terceira questão.

A tabela 17 sumaria os dados obtidos nas três turmas pesquisadas. Agrupamos nesta tabela os problemas ambientais considerados mais importantes por estes alunos.

Comparando os dados da tabela 17 com os da tabela 15, verificamos que, apesar de algumas pequenas mudanças na frequência, as indicações dos problemas ambientais diretamente ligados ao desmatamento e à poluição da água continuam prevalecendo.

Tabela 17– Aspectos priorizados pelos alunos quando perguntados sobre os principais problemas ambientais brasileiros

| Agrupamento | N ^o de alunos que citou | | | % * | | | Exemplos |
|-------------------------------|------------------------------------|----|----|--------|-----|-----|--|
| | Turmas | | | Turmas | | | |
| | A | B | C | A | B | C | |
| Desmatamento | 12 | 11 | 6 | 21% | 27% | 15% | Aluno 4 A <i>Destruição das matas, pois sem árvores; não tem como o ar se tornar próprio e bom para a nossa respiração, assim destruindo nós mesmos.</i> |
| Poluição da água | 11 | 9 | 5 | 19% | 22% | 13% | Aluno 38 C <i>Poluição de rios, porque pode causar várias doenças...</i> |
| Poluição do ar. | 5 | 7 | 8 | 9% | 17% | 20% | Aluno 18 B <i>Poluição do ar, porque podem prejudicar várias doenças, para o ser humano e também para os animais.</i> |
| Extinção de animais e plantas | 9 | - | 2 | 16% | - | 5% | Aluno 40 A <i>...os animais: eles estão, cada vez mais, desaparecendo do nosso planeta.</i> |
| Poluição (genérico) | 1 | 6 | 4 | 2% | 15% | 10% | Aluno 3 B <i>A poluição, porque ela está em todo lugar.</i> |
| Não há um mais importante | 5 | 1 | 7 | 9% | 2% | 18% | Aluno 9 A <i>Todos os problemas ambientais são extremamente graves. Deveríamos nos preocupar com o ambiente em que vivemos, cuidando bem dele. Todos os problemas ambientais interferem na saúde humana e saúde do planeta como um todo.</i> |
| Rio Tietê | 6 | - | 3 | 10% | - | 8% | Aluno 31 C <i>Demais, principalmente o TIETÊ, a podridão de São Paulo...</i> |
| Floresta amazônica | 4 | 2 | 3 | 7% | 5% | 6% | Aluno 4 C <i>O desmatamento da floresta amazônica, juntamente com o descaso do “mundo” com a mesma, pois ela é o pulmão do mundo!</i> |
| Queimadas | 2 | 4 | - | 4% | 10% | - | Aluno 23 B <i>Sim. As queimadas porque acaba com a fauna brasileira e a flora...</i> |
| Lixo e esgoto | 2 | 1 | 2 | 3% | 2% | 5% | Aluno 31 A <i>O lixo. Porque o lixo nos trazem doença que muitas vezes nós desconhecemos e que se tornam sérias em certas ocasiões.</i> |
| Total | 57 | 41 | 40 | 100 | 100 | 100 | |

* A coluna denominada “frequência %” refere-se à frequência percentual que um determinado item apareceu nas respostas dos diferentes alunos.

Interessante notar que quando questionados sobre o que entendem por problema ambiental, alguns alunos não indicaram degradações ambientais (tabela 15). Na tabela

15, no item “Outros: Não citou nenhuma degradação ambiental em específico”, reunimos as respostas de vários alunos que não identificaram problemas ambientais com degradações dos meios naturais, e tentam, em quase todos os exemplos, expressar algum sentimento ou idéia geral. Exemplos:

O homem destruindo o mundo. (Aluno 7 B)

Lembro-me , de que uma das situações que muitos ainda não se conscientizaram de que é um problema que pode e deve ser resolvido. Porque num país como o nosso não deveria ter esse tipo de problema. (Aluno 15 C)

Neste momento, verificamos que a maioria dos alunos identifica os problemas ambientais com algum tipo de degradação ao meio-ambiente.

Olhando ainda para as tabelas 17 e 15, verificamos também a inclusão do item “Rio Tietê” nesta última. Neste agrupamento, encontram-se as respostas dos alunos que indicaram problemas relacionados diretamente com a poluição das águas do Rio Tietê, principalmente o trecho do rio que corta a faixa metropolitana da cidade de São Paulo. Exemplo:

...a poluição das águas (veja o estado em que se encontra o rio Tietê)... (Aluno 9 A)

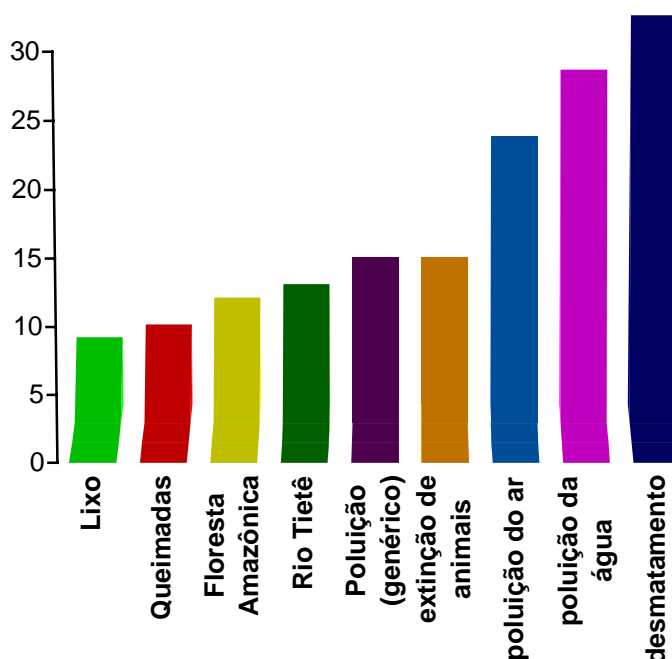
Em sua dissertação de mestrado, Gomes (1998) destaca alguns conhecimentos dos alunos sobre poluição. O trabalho foi desenvolvido junto a alunos de oitava série da cidade de Presidente Prudente – SP. A autora obteve vários dados que destacavam o interesse dos alunos por problemas como a poluição das águas do Rio Tietê. Para ela, uma possível explicação para esta ocorrência é o fato de que estes são os problemas mais comentados nos meios de comunicação de massa (rádio, TV, jornais e revistas). A influência dos meios de comunicação é até mesmo expressa nas respostas de alguns alunos, como por exemplo:

Com certeza, não é preciso eu citar exemplos de um problema desses pois basta ver televisão ou ouvir rádio e você vera e ouvirá OK. (Aluno 24 A)

Destaca-se também na tabela 17 o baixo número de indicações para o problema do lixo/esgoto e das queimadas, que neste caso são os que atingem mais de perto a população.

O gráfico 02 permite ao leitor observar de outro modo os dados colhidos a partir das respostas dos alunos, que neste caso foram reunidas em um único grupo com as três turmas.

Gráfico 2 - Principais problemas ambientais brasileiros apontados pelos alunos (turmas A, B e C)



A maioria dos alunos respondeu a uma segunda parte desta questão, na qual solicitávamos que justificassem a indicação anterior : vinte e dois da turma A (61%), vinte e nove da turma B (85%) e vinte da turma C (100%).

Alguns relataram que os problemas ambientais apontados são importantes porque estão diretamente relacionados à sobrevivência da espécie humana na Terra. Outros disseram que eles estão diretamente relacionados a doenças contagiosas (vetores de doenças, como o lixo e a água contaminada) e uma pequena parte citou fatores estéticos. Na tabela 18, podemos verificar os principais argumentos dos alunos para indicar a importância dos problemas ambientais por eles relacionados.

Tabela 18 – Principais razões que os alunos indicaram para a importância dos problemas ambientais

| Grupo | Número de citações | | | Frequência %* | | |
|--|--------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| | Turma A | Turma B | Turma C | Turma A | Turma B | Turma C |
| Importante para a sobrevivência humana | 8 | 10 | 03 | 35% | 35% | 15% |
| O meio ambiente poluído é vetor de doenças | 3 | 10 | 08 | 14% | 35% | 40% |
| Floresta Amazônica é o pulmão do mundo | 3 | - | 02 | 14% | - | 10% |
| Fatores estéticos | 1 | 1 | 02 | 5% | 3% | 10% |

* Frequência percentual em relação ao número de alunos que indicaram a importância dos problemas ambientais.

É interessante observar a idéia de Floresta Amazônica diretamente relacionada à de pulmão do mundo, encontrada nas repostas de cinco alunos. A transcrição a seguir, exemplifica esse tipo de resposta,

Eu vi um tempo atras no jornal que a Floresta Amazonica estava sendo devastada, mas se a Floresta Amazonica for devastada o Brasil acaba, porque como disseram ela é o pulmão do Brasil.” (Aluno 27 A)

Respostas como esta novamente chamam nossa atenção para o fato de que existe uma grande influência dos meios de comunicação sobre as idéias que são elaboradas pelos alunos. Estes veículos a par de sua importância na construção de uma sociedade democrática, muitas vezes fornecem dados escassos, simplificados e aligeirados sobre a realidade que nos cerca. Porém, as informações veiculadas por estes órgãos possuem um alto grau de confiabilidade entre grandes parcelas da população.

Um outro aspecto que chamou nossa atenção está relacionado às considerações de alguns alunos de aspectos estéticos relacionados ao meio ambiente. Alguns alunos explicitaram valores estéticos, tais como bonito e horrível, para expressar seus sentimentos para com a natureza degradada,

A destruição da floresta amazônica, favelas com lixão e esgotos criando um ambiente horrível... (Aluno 11 C)

Segundo Bonotto (1999), que analisa as possibilidades de se considerar a dimensão estética em atividades de educação ambiental com alunos do Ensino Médio,

A estética é um dos ramos da Filosofia e “estuda tradicionalmente o belo e o sentimento que este suscita nos homens” (Aranha e Martins, 1987, p.379). Ela está, assim, ligada à noção de beleza. (BONOTTO, 1999, p. 36)

É interessante notar ainda que, dentre todas as respostas dadas à pergunta *Caso você considere a existência de problemas ambientais no Brasil, qual deles você supõe mais importante? Por quê?*, somente em uma delas encontramos uma referência direta aos geradores elétricos que produzem energia em larga escala.

“Sim, a construção daquelas usinas nucleares de Angra dos Reis servem para nada só para poluir o ar e causar um grande desastre ecológico. (Aluno 28 B)

A última pergunta deste questionário diagnóstico solicitava aos alunos considerações sobre problemas ambientais da região:

Você acha que existem problemas ambientais na região onde você vive? Quais são estes problemas?

Dos noventa alunos que responderam a este questionário (trinta e seis da turma A, trinta e quatro da turma B e vinte da turma C), dois disseram que Araraquara não possui problemas ambientais, se comparada a cidades de grande porte, como São Paulo. Três alunos disseram desconhecer este tipo de problema na cidade,

Em relação a São Paulo por exemplo, eu acho que a nossa região não tem tantos problemas assim, pois o ar não é tão poluído, não tem enchentes na grande maioria da cidade, e não tem quase nenhuma favela. (Aluno 11 C)

Não que eu me lembre no momento. (Aluno 32 A)

Outros pontos relevantes das respostas fornecidas pelos alunos estão agrupados na tabela 19, em cujos dados podemos verificar uma mudança quanto àqueles apresentados com mais frequência nas tabelas 15 e 17.

Tabela 19 – Principais problemas ambientais da região de Araraquara-SP apontados por alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública

| Agrupamentos | Nº de indicações | | | (%)* | | | Exemplos |
|---------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| | Turma A | Turma B | Turma C | Turma A | Turma B | Turma C | |
| Queimadas | 8 | 19 | 6 | 17% | 33% | 22% | Aluno 3 B <i>Sim, fogos em terrenos e queimadas de cana.</i> |
| Lixo | 9 | 8 | 2 | 20% | 14% | 7% | Aluno 12 A <i>Tem muito lixo nos terrenos...</i> |
| Poluição da água | 6 | 10 | 5 | 13% | 18% | 19% | Aluno 12 C <i>...a poluição que existe na água porque em muitos rios que temos aqui na cidade não podemos nadar porque são poluídos, e até mesmo os reservatórios de água da cidade já foram afetados...</i> |
| Poluição do ar | 10 | 5 | 3 | 22% | 9% | 11% | Aluno 28 B <i>...a poluição do ar que está grande por causa das fabricas, carros e de pessoas que queimam lixo em seus quintais.</i> |
| Desmatamento | 2 | 7 | 3 | 4% | 12% | 11% | Aluno 36 A <i>...os problemas do desmatamento...</i> |
| Poluição (genérico) | 7 | 3 | 2 | 15% | 5% | 7% | Aluno 15 B <i>Sim, a poluição...</i> |
| Parque Ecológico do Pinheirinho | 4 | - | 5 | 9% | - | 19% | Aluno 7 A <i>Sim a Represa do Parque 'Octaviano de Arruda Campo' Pinheirinho, que por causa da população Araraquarense conseguiu poluir a água com coliformes fecais humanos.</i> |
| Esgoto a céu aberto | - | 5 | 1 | - | 9% | 4% | Aluno 11 B <i>Sim, alguns lugares com esgoto a céu aberto...</i> |
| Total | 46 | 57 | 27 | 100 | 100 | 100 | |

*Frequência em relação ao número total de indicações por turma

Podemos observar que os itens “Queimadas” e “Lixo”, diferente do que ocorreu anteriormente, foram os mais indicados nas respostas dos alunos das três turmas. Este item é seguido por indicações sobre poluição da água, do ar e desmatamento.

Quanto à grande frequência do item “queimadas”, deve-se levar em conta que no mês de abril, quando apresentamos o questionário, havia na região um típico clima quente e seco. Este clima, associado às queimadas em lavouras de cana-de-açúcar e terrenos baldios, prática comum na região, leva-nos a entender que grande parte das respostas tenham sido influenciadas por esta situação

O item “Lixo”, também muito indicado, é algo bem visível a todos os moradores das periferias das grandes cidades. Em Araraquara ocorre, com frequência, a utilização de vários terrenos baldios para a dissipação de entulhos e restos orgânicos, além de outros lixos domésticos.

Ainda com respeito aos dados da tabela 19, podemos verificar a indicação de um problema ambiental que ocorre em um local bem específico da cidade. Trata-se de um grande parque denominado popularmente por “Pinheirinho”. O parque atende à população araraquarense, sendo utilizado há muitos anos como um local para a realização de atividades de lazer. Porém, as águas do parque tornaram-se poluídas, sobretudo devido às inúmeras descargas de esgotos domésticos sem tratamento.

Foi interessante perceber que muitos alunos tiveram a sensibilidade de perceber alguns dos problemas ambientais mais próximos.

IV.3 – Quatro pontos a respeito dos dados coletados na fase diagnóstica

A partir das respostas dos alunos às questões propostas, acreditamos ter obtido dados relevantes. Podemos identificar que, quando questionados, os alunos reconhecem algumas degradações ambientais, tais como aquelas decorrentes do processo de interferência do homem na natureza.

De modo geral, nosso interesse foi verificar se os alunos eram capazes de indicar espontaneamente alguma relação entre produção de energia elétrica em larga escala e impactos ambientais. De acordo com os resultados apresentados, podemos dizer que:

1 – Problemas ambientais, de maneira geral, não são citados pelos alunos quando solicitados a indicar os principais problemas da sociedade. Não há, espontaneamente, por parte dos alunos, uma ligação direta entre os inúmeros problemas sociais e as

degradações ambientais praticadas pelos homens. Os alunos não incluem, espontaneamente, problemas de degradação ambiental, dentre os principais problemas de nossa sociedade;

2 – Quando solicitados, a maioria dos alunos acredita que há problemas ambientais e cita exemplos ligados às inúmeras degradações das águas de rios, lagos e mares, e às devastações de áreas verdes, como florestas e matas;

3 – As relações que os alunos fazem entre o tema “problemas ambientais” e as inúmeras degradações do meio ambiente tendem a mudar quando o foco é direcionado para a região na qual habitam. Para grande parte dos alunos, o maior problema ambiental brasileiro é o desmatamento, seguido de perto pela degradação da água de rios e mares. Porém na região na qual habitam, eles apontam que o maior problema ambiental está diretamente ligado às queimadas em terrenos e em lavouras de cana-de-açúcar;

4 – Os alunos não indicam, espontaneamente, problemas ambientais diretamente relacionados à produção de energia elétrica em larga escala.

IV.4 – A compreensão dos alunos em relação aos diferentes impactos ambientais decorrentes da produção de energia elétrica em larga escala

Conforme melhor informado no item “Procedimentos de pesquisa” deste trabalho, após a realização de um procedimento de diagnóstico, realizamos uma intervenção nas classes de terceiro ano do Ensino Médio às quais já nos referimos.

Na seqüência, iremos apresentar e discutir alguns dados obtidos durante as intervenções realizadas, destacando neste momento alguns argumentos que os alunos utilizam quando se posicionam sobre o tema “custos ambientais x benefícios proporcionados pela produção de energia elétrica”.

Durante nossas intervenções procuramos, conforme já salientado, trabalhar com os alunos alguns aspectos do tema “produção de energia elétrica em larga escala” de tal forma que pudessem reconhecer e compreender algumas características polêmicas associadas, tais como: de um lado a comodidade em se ter energia elétrica e, de outro, a existência de diferentes custos ambientais e sociais decorrentes da produção desta energia.

No primeiro encontro da intervenção, oferecemos alguns textos publicados em jornais de grande circulação do Estado de São Paulo que davam conta do iminente problema de racionamento que o país poderia viver, tendo em vista a escassez do produto “eletricidade”. Nossa intenção, neste encontro, foi sensibilizá-los sobre a possível falta do produto e, na seqüência, procurar reconhecer em suas respostas quais os possíveis “custos” que estavam dispostos a pagar e quais argumentos utilizavam para defender suas posições.

Com a intenção de que os alunos expressassem os seus posicionamentos em relação à necessidade de produção de energia elétrica e aos custos sociais e ambientais que esta produção implica, solicitamos a eles que, depois da leitura dos primeiros textos que lhes foram apresentados, respondessem à seguinte questão:

Você acha que diante da situação o país deveria produzir energia elétrica a qualquer custo (ambiental ou social)? Explique.

Alguns alunos da turma A sentiram dificuldades em compreender o texto desta pergunta. Abaixo temos a descrição de um aluno da turma A destacando sua dificuldade em interpretar a questão do roteiro de trabalho:

[Aluno 20 A] - *Explica a três ...[aluna pede explicação sobre pergunta número três]*

[Professor] - *Você acha que diante da situação o país deveria produzir energia a qualquer custo ambiental?...Exatamente...Você acha que diante da situação... esta que eles estão falando que o país tá passando...você viu a reportagem?...você acha que se deve produzir energia elétrica a qualquer custo ambiental, social.... por exemplo...vale tudo para produzir energia elétrica?...O que você acha?...Dê a sua opinião e explique!...*

Já para as turmas B e C, mudamos a redação desta pergunta para:

De acordo com alguns dos textos jornalísticos, de que você fez a leitura, a energia elétrica poderá faltar no Brasil. Diante da situação descrita pelas reportagens, você acha que nosso país deveria produzir energia elétrica a qualquer custo, nem que para isso viesse a prejudicar o meio ambiente e o modo como algumas pessoas vivem? Explique.

Os dados obtidos com esta pergunta possibilitaram a sistematização na tabela 20 das principais posições e justificativas dos alunos em relação à possibilidade de se produzir energia elétrica diante de custos e prejuízos sociais e ambientais.

Tabela 20 : – Argumentos utilizados pelos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara nos seus posicionamentos diante da possibilidade de a produção de energia elétrica causar impactos sociais e ambientais.

| Principais agrupamentos | TURMAS | | | TURMAS | | | Exemplos |
|------------------------------|--------|----|----|--------|-----|-----|--|
| | A | B | C | A | B | C | |
| Alarmista / Catastrófico | 15 | 16 | 10 | 50% | 46% | 31% | Aluno 25 B <i>Pode ser que sim, pois sem energia o mundo para. A terra para sem energia elétrica com suas grandes indústrias, horários de pico.</i> <i>Eu não ia querer ficar sem energia no futuro tudo escuro, água fria (banho), podemos tentar qualquer coisa...</i> |
| Simple alusão a riscos | 2 | 7 | 5 | 7% | 20% | 16% | Aluno 9 B <i>Não. Porque com tudo isso ele poderia acarretando outros problemas.</i> |
| Alternativa mais sustentável | 4 | 8 | 5 | 13% | 23% | 16% | Aluno 7 B <i>Não, pois o que temos deve ser o suficiente, basta administrar-mos corretamente.</i> |
| Econômico/Social | 1 | 3 | 5 | 3% | 8% | 16% | Aluno 23 C <i>O nosso país tem condições de produzir outro tipo de energia, só que não é todas a população que vai estar de acordo um pagar um pouco mais caro e nem deixar que o nosso meio ambiente acabe mais do que já está acabando.</i> |
| Político | 2 | 1 | 1 | 7% | 3% | 3% | Aluno 37 A <i>...eu acho que não pode tirar energia de qualquer lugar, pois estaremos ganhando energia, mais estaremos perdendo com a devastação ambiental. O governo devia parar e pensar sobre uma solução, afinal são bem pagos para isso, por que sempre tem uma maneira de solucionar os problemas.</i> |

Noventa e sete alunos estavam presentes nesta atividade, sendo trinta da turma A, trinta e cinco da turma B e trinta e dois da turma C. Desde total, setenta e um alunos (73 %) indicam aspectos desfavoráveis à produção de energia elétrica mediante grandes custos sociais e ambientais, dezessete (18%) são favoráveis e nove (9%) não responderam à questão (cinco da turma A e quatro da turma C).

Vários alunos utilizaram argumentos que classificamos por alarmistas e, neste caso, esta opção foi utilizada tanto pelos que posicionaram-se a favor de gerar energia elétrica a qualquer custo como pelos que são contrários. Veja outros exemplos:

Não, produzir energia a qualquer custo não será a solução mais correta para esta situação, pois se tentarmos solucionar o problema sem pensar no reflexo ambiental ou social da atitude tomada, poderemos ao solucionar este problema estar gerando um ou mais problemas de mesma gravidade ou até de gravidade maior, como por exemplo as catastrofes ligadas as usinas Nucleares, que podem ser responsaveis por um grande prejuízo ambiental no caso de um vazamento. (Aluno 9 B)

Não. Por quê se destruímos nosso meio ambiental não teremos como sobreviver. É melhor racionar do que destruir. Isto não é necessário a muitos outros meios de produzir energia. Se os nossos governantes estivessem investido na infra-estrutura certamente não estaríamos correndo rico de ficar sem energia. (Aluno 20 A)

Não. De nada adiantaria a produção de energia, se p/ tanto, fosse necessário prejudicar o meio ambiente. A construção de hidrelétricas, por exemplo, causa grandes impactos ambientais : destrói florestas, ameaça a vida animal no local e desloca pessoas.

A construção de usinas nucleares, por exemplo, é um risco social, pois coloca a população diante da ameaça de acidentes nucleares, que são terríveis.... (Aluna 9 A)

Sim, eu acho que eles devem produzir energia elétrica a qualquer custo, porque se não nós vamos ficar numa situação difícil sem energia, porque as vezes acaba a força alguns minutos agente já fica sem sabe o que fazer, de dia tudo bem mas já é ruim porque não poderemos assistir, ouvir musica e outras coisas que nos dependemos da energia o que ia acontecer com gente ficaríamos desesperados sem poder fazer nada,

imagine de noite, a noite já é escura imagine sem luz, por isso eles devem produzir energia elétrica a qualquer custo. (Aluno 21 A)

Sim, a energia é fundamental em tudo. Os moradores dariam um jeito sem energia e as indústrias movido a eletricidade que produz alimento, produz combustíveis para os carros, aviões, trem e caminhões, sem essas conduções um país não tem capacidade de andar pra frente. Imagine todos os computadores do Brasil parado por falta de energia, um país que deixar de usar os computadores, certamente irá a falência, pois o computador é tudo. (Aluno 12 A)

O apontamento de aspectos alarmistas pela maioria dos alunos é bem parecido com o que ocorre normalmente com as questões relativas ao meio ambiente divulgadas pela imprensa em geral. Neste caso, os alunos procuraram defender suas posições frente à iminência de grandes desastres.

Observamos que em muitas ocasiões a sensibilização a alguma degradação ambiental ocorre imediatamente após grandes eventos catastróficos. Facilmente observamos vários setores da sociedade mobilizados diante de grandes vazamentos de petróleo, de gases tóxicos ou da radiação residual de algum lixo radioativo mal acondicionado. Estes desastres muitas vezes provocam grande número de vítimas humanas e danos irreversíveis à natureza. Observe no diálogo abaixo outro exemplo daquilo que pode ser entendido como alarmismo,

[Aluno 14 A] - *Professor!... Sexta passou no globo repórter, não sei se o professor pegou, que lá em Goiás... aquela reserva que tá criando animais selvagens... daquele rio que passa... que sustenta aquela reserva... passa um rio. E fala que futuramente vai fazer uma hidrelétrica.*

[Professor] - *O que, que você acha, vai ser legal? O que você acha?*

[Aluno 14 A] - *Falaram que se fazer uma hidrelétrica.... falaram que trinta, que no máximo trinta anos, a onça pintada tá extinta.*

[Professor] - *Mas veja só... Ah! eu quero perguntar uma coisa para vocês...[olhar dirigido à sala de aula] vocês estão lendo o texto.... e vocês assistiram uma reportagem também, que vai faltar energia elétrica no país...Bom...existem lugares pra fazer mais usinas hidrelétricas...Mas, acontece essas coisas relatadas...[olha para o aluno que se referiu à reportagem] O que vocês acham?*

[Aluno 14 A] - *Ai, tem que escolher energia e os bichos...*

[Professor] - *E se fosse pra escolher? Você tem uma outra alternativa?*

[Aluno 14 A] - *Ah...se tivesse outra alternativa até que era bom!*

[Professor] - *É...se tivesse outra alternativa isso seria muito interessante...uma outra alternativa...Concordo com você, mas e se tivesse... vai vamos colocar uma coisa assim...Se tivesse que escolher entre a hidrelétrica e o parque lá onde vivem as onças e os animais selvagens, o que dá pra gente fazer?*

[Aluno 14 A] - *Mas só que fazer aquela hidrelétrica ... Só dá pra fazer uma, não é verdade? Mais uma só vai sustentar?*

[Professor] - *Provavelmente vai ajudar a produzir mais energia.*

[Aluno 14 A] - *Ajuda, mas não vai ser por muito tempo!*

[Professor] - *Provavelmente não....daqui a pouco toca fazer mais, né?...Mais hidrelétricas... Mas e aí?...Vocês não deram a opinião... Vocês dois [Olha para dois alunos conversando]... o que é que vocês acham?*

[Aluno 14 A] - *Se for ver essa parte, assim do Brasil, essa parte ecológica aí vai acabar, só que ficar sem energia também é ruim, é pior não é? Você fica no escuro?...*

[Professor] - *E aí? Qual sua opinião a respeito disso?*

[Aluno 10 A] - *Fico em cima do muro!*

[Professor] - *Pense em alternativas...*

[Aluno 14 A] - *É, se tivesse uma outra alternativa era melhor...não era não? Porque no Brasil tem tamanduá, um monte de bicho extinto, aí leva pra onde esse bicho? Vai morrer tudo!*

[Professor] - *Provavelmente muitos deles morrem...*

[Aluno 14 A] - *Falaram que lá tem tamanduá, muitos extintos, trinta mil... cinco mil... esqueci...As onças...falaram que tem poucas, mais as poucas que tem lá, tá tudo em reprodução...Tudo em reprodução, e aí se acaba, porque aí não vai ser uma coisa natural, vai ser em outro lugar, vai ter criação?*

[Professor] - *O que você acha?...Você acha, por exemplo, que tirar animais selvagens de um lugar... será que eles sobrevivem em outro lugar... será que é isso?*

[Aluno 10 A] - *Difícil!*

Informações colhidas diretamente dos meios de comunicação em massa são, na maioria das vezes, escassas e alarmistas. Neste outro exemplo, que destacamos abaixo, o aluno da turma C cita explicitamente uma reportagem assistida na TV para posicionar-se contra a construção de hidrelétrica.

[Professor] - *Você leu a última pergunta?*

[Aluno 25 C] - *“Li...”*

[Professor] - *O que você acha? Diante da falta de energia elétrica o Brasil poderia produzi-la a qualquer custo?*

[Aluno 25 C] - *Acho que sim e que não...se bem que eu vi uma reportagem que falou do momento quando é feito uma barragem de uma hidrelétrica....tinha animais boiando mortos...neste caso eu acho que não!*

Ainda em relação aos dados observados na tabela 20, no agrupamento “Simple Alusão à Riscos”, resumimos as respostas dos alunos que faziam uma simples alusão a algum tipo de degradação, simplesmente respondendo que não deveria ser produzida energia elétrica a qualquer custo, mediante surgimento de algum outro tipo de problema, porém não especificado.

Sim. Mas acho que eles poderão estar tentando resolver um problema e produzindo outro. (Aluno 26 B)

No agrupamento “Alternativa Mais Sustentável” procuramos sistematizar as respostas dos alunos que procuram posicionar-se a favor de algumas soluções intermediárias para evitar a construção de mais centrais produtoras de eletricidade em larga escala.

Diante dessa possibilidade, o governo poderá usar o racionamento em conjunto com uma boa propaganda, para instruir os lares nacionais da importância da energia no Brasil. (Aluno 25 C)

No agrupamento Econômico/ Social estão todas as respostas nas quais o posicionamento do aluno é justificado por uma menção aos aspectos classificados como econômicos e sociais,

Não. Pois ele pode também colocar em risco os empregos das pessoas...Prefiro ter emprego e ficar três horas sem energia em casa, por outro lado tem também o problema ambiental, onde os rios estão sendo “desviados”, para poder ter a energia elétrica, onde ela é fundamental para nós seres humanos, mas isso não dá o motivo de que a natureza seja destruída. (Aluno 13 B)

Durante esta intervenção, colhemos também alguns exemplos da fala dos alunos que podemos classificar como de caráter “mais econômico”,

- ...o Brasil iria gastar bastante dinheiro se ele construísse mais hidrelétricas, só que por outro lado a gente também iria pagar...Só que depois que terminasse a hidrelétrica a gente iria pagar bem menos...O Brasil para construir iria gastar muito dinheiro...mas por outro lado a gente também ia ter que pagar...só que depois que estivesse construído...em andamento a gente iria pagar energia mais barato... (Aluno 15 C)

No agrupamento denominado “Político”, estão as respostas dos alunos que fazem referências diretas às diferentes atuações do governo (Federal, Estadual ou Municipal). Neste caso, muitos deles entendem que a maioria dos problemas desta área deveria ser resolvida pela atuação mais sistemática do governo,

Não, adianta investir num problema deixando outros para trás e sim tentar resolver sem atrair outros; agora se isso acontecer tentar resolver todos. O Brasil tem muitos problemas para ser resolvidos, mas o nosso governo não está pensando nos problemas do Brasil não se importa com nada e sim ganhar o seu dinheiro e o resto da população tem que enfrentar as dificuldades no seu dia - a - dia. (Aluno 12 B)

A análise das respostas obtidas permitem ainda identificar alguns argumentos que, embora tenham sido utilizados por apenas alguns alunos, 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 aluno,

Não. Porque devemos usufruir do que a natureza nos proporciona mais respeitando sempre o seu grande poder pois quando cortamos, poluimos, e matamos rios, arvores, bixos, achamos que estamos ferindo a natureza, pura ironia pois ela simplesmente com uma ação faz todos faz todos sofrer e ai sim se cairmos na real veremos que não adianta querer ser se não somos nada e não vem me dizer que o dinheiro resolve pois o dinheiro compra tudo só que não adianta, não compra a natureza. (Aluno 29 A)

Em uma outra resposta, fica bastante claro o apelo “religioso ou místico” na justificativa de atitudes de não alteração da natureza,

Não. Porque é preferível ficar algumas horas sem energia, do que prejudicar, Poluir o meio – ambiente e prejudicar as pessoas que é um problema muito mais sério. Alias é natureza a glória que deus nos deu, somos seres humanos feitos de carne e ossos, um Presente do Pai Celestial, não vamos destruir um Presente do Pai, pelo consumo humano e a ganância. (Aluno 19 C)

Outra possibilidade de explorar argumentos utilizados pelos alunos para justificar os seus posicionamentos em relação a diferentes processos de produção de energia elétrica em larga escala consistiu na sistematização e análise dos dados coletados durante a simulação desenvolvida.

Nesta atividade, solicitamos aos alunos a construção de seus argumentos e a sua utilização na forma de um debate que consistia, conforme melhor explicitado no item “Procedimentos da pesquisa”, em apresentar e justificar a opção por um processo de produção de energia elétrica em contraposição a outro. Neste caso, um dos grupos, aqui determinado Grupo I, deveria apresentar argumentos que justificassem a implantação de UHEs e outro grupo, denominado Grupo 2, argumentos para as usinas nucleares.

Esta atividade permitiu que os alunos não ficassem presos a uma questão pré - formulada ou às informações de algum texto em específico.

Neste sentido, como os alunos defendiam suas posições? Quais os principais argumentos utilizados?

Durante o debate pudemos observar que os alunos, de modo geral, defendem suas posições utilizando argumentos alarmistas, ou até mesmo irrealistas. Há, de modo bem nítido, o reconhecimento de diferentes impactos associados à produção de energia

elétrica. Porém, o processo de produção que estava sendo defendido pelo grupo era sempre o que trazia impactos ambientais de proporções menores.

Além disso, foram muito utilizados argumentos econômicos, tais como os de comparação entre os preços das matrizes energéticas ou do seu custo de manutenção. Também utilizaram-se argumentos que enfatizaram aspectos estéticos, religiosos e políticos, sendo o último muito mais forte na turma C, em que um dos grupos procurou enfocar a discussão nesta direção. Oferecemos abaixo alguns exemplos de trechos do debate:

Turma A – Grupo I

[Professor] - *Por que devemos produzir energia elétrica por hidrelétricas?*

[Aluno 23 A] - *Por causa do custo.*

[Aluno 38 A] - *...o custo de produção é mais baixo...*

[Aluno 23 A] - *...os materiais para construir a usina são mais baratos...*

.....em outro momento....

[Aluno 23 A] - *Com o desenvolvimento tecnológico que tem no Brasil, a gente não precisa importar equipamentos de outros países, nem mão-de-obra também...*

Neste trecho, podemos observar que os alunos utilizaram na argumentação alguns aspectos das questões econômica e técnica diretamente relacionadas a geradores hidrelétricos.

Alunos que compunham o Grupo 2, argumentaram, questionando,

[Aluno 20 A] - *Vocês disseram que foram gastos bilhões para construir às usinas nucleares...só que agora já imaginou...tem muitas hidrelétricas...olha o quanto já se desmatou...daqui um tempo, se continuar deste jeito, vai desmatar tudo...então o Amazonas...o Amazonas lá...tão desmatando tudo...daqui um tempo vai virar o que aquilo lá?se não tiver este reator aí, isto aqui vai virar um verdadeiro deserto, porque vai tirando às árvore...já tão prevendo falta de água...água potável...já estão prevendo falta de energia elétrica....*

Percebe-se neste, e em outros argumentos, uma direção em termos de argumentação relativamente coerente. No entanto, o reconhecimento do problema é exacerbado ao extremo. Isto porque não é razoável falar em desmatamento de todo o país para a construção de hidrelétricas e, muito menos, na extinção completa da floresta amazônica. Este é típico argumento alarmista.

Em outros grupos temos,

Turma C, grupo II

[Aluno 2 C] - Bom...todos os meios que produzem energia elétrica causam problemas pro meio ambiente e eu acho que a gente tem que partir pro meio que traz mais benefício pra gente... se esse meio (Usinas nucleares) é o que vai trazer benefício para o país então a gente tem que partir para esse meio...entendeu?...porque todos os meios para gerar energia eles prejudicam o meio ambiente, então se não for pensar no meio ambiente, a gente vai produzir bem mais energia com usinas nuclear...

O aluno que apresenta este argumento o faz a partir do reconhecimento de que a produção de energia elétrica por qualquer uma das maneiras conhecidas causa impactos ao meio ambiente. Porém, ela utiliza um argumento “radical” e lança a idéia de simplesmente esquecermos as questões ambientais.

Observemos os argumentos do outro grupo I desta mesma turma,

[Aluno 31 C] - Tem uma coisa que quero falar...a gente não está defendendo somente peixinho e árvores...a gente tá defendendo o nosso ar que a gente respira, porque eu não estou querendo respirar, daqui algum tempo, material radioativo...eu não tô querendo respirar um ar que eu respiro e caio morta...aqui eu não quero isso pro meus filhos não! nem para meus netos!...eu acho que a usina hidrelétrica é melhor e que a usina nuclear não serve, apesar das duas ter ponto negativo...tá bom que na barragem acontece que morre muitas árvores e peixes...só que eu estou preocupada com o que a gente vai respirar daqui um tempo....com as pessoas...estorou aquela usina em 1986 e tem gente sofrendo até hoje...as meninas de lá tem a nossa idade, que na época também tinham três anos de idade, não podem ter mais filhos porque nunca vão conseguir,

porque elas tem câncer, elas tem problema de pele, os olhos delas acabam até sangrando tem vez....eu vi tudo isto numa reportagem...

É muito interessante perceber que o aluno não utilizou de modo mais sistematizado na construção de seus argumentos alguns dos diferentes aspectos trabalhados nos textos durante as intervenções. Neste caso, em específico, ele utilizou um argumento mais “alarmista”, provavelmente transmitido por algum veículo de comunicação em massa.

Entretanto, é necessário enfatizar que alguns autores indicam, a médio e longo prazo, uma retomada dos investimentos em usinas nucleares. Para Reis e Silveira (2000) as usinas nucleares deverão ter um grande *boom* em todo o mundo devido à inserção de novas e eficientes tecnologias, inclusive no correto armazenamento dos detritos que possuem radiação residual.

Além destas atividades em sala de aula, realizamos, conforme já relatamos com maiores detalhes (vide “Procedimentos da pesquisa”), um trabalho de campo com a turma A. Decidimos que visitaríamos a UHE de Gavião Peixoto, que está localizada em uma cidade vizinha de Araraquara, distante aproximadamente 25 km.

A usina hidrelétrica de Gavião Peixoto está instalada às margens do rio Jacaré – Pepira e podemos dizer que este rio apresenta-se em bom estado de conservação naquele trecho. Esta razoável conservação do rio pode ser verificada sobretudo devido à preservação de uma vegetação ciliar mínima ao longo das margens, muito embora esta fique restrita a uma pequena faixa. A figura 04 fornece uma visão de uma parte externa da usina hidrelétrica de Gavião Peixoto.

A usina que visitamos pode ser considerada de pequeno porte, porque existe uma barragem relativamente pequena, com aproximadamente 100 metros de extensão e 10 metros de altura e, de acordo com técnicos da empresa, ela gera menos de 10000 kW de potência. Conforme Reis e Silveira (2000), as PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) geram uma potência entre 1000 e 10000 kW e apresentam uma barragem de altura média menor que 10 metros. Por ser de pequeno porte, inferimos que este deveria ser um dos motivos para o bom estado da água do reservatório, já que o lago formado possui uma pequena extensão e profundidade, o que acarreta menor impacto na região.

Figura 04 - Vista parcial externa da UHE Gavião Peixoto -Barragem e vertedouro



Crédito : Luciano Fernandes Silva

Quanto aos equipamentos da usina, estes são muito antigos, mas em bom estado de conservação. As principais máquinas presentes na usina são do início do século XX, tendo em vista que a empresa iniciou suas atividades em 1914 e desde então não houve substituição dos principais equipamentos, tais como turbinas e geradores.

A figura 5 apresenta a vista parcial interna da sala de geradores da UHE Gavião Peixoto, na qual estão instalados quatro equipamentos de geração de eletricidade.

Conforme já relatamos (vide “Procedimentos da pesquisa”), realizamos esta atividade com sete alunos ou aproximadamente 20 % da turma A.

Outra atividade prevista no roteiro de trabalho foi a entrevista com funcionários da empresa. Entre outras coisas, os técnicos relataram que a empresa investe em projetos de reflorestamento das margens do rio e povoamento das águas com peixes da região. Muitos destes dados foram anotados pelos alunos para posterior discussão em sala de aula.

Figura 5 : Gerador : Vista parcial interna da UHE Gavião Peixoto



Crédito : Luciano Fernandes Silva

Na aula seguinte à atividade de campo, havíamos previsto a discussão dos dados coletados no trabalho de campo, tarefa que realizamos, mesmo sabendo que a maioria dos alunos não havia participado desta atividade. Porém, optamos por realizar a atividade em um período mais breve do que o planejado, e não utilizamos o roteiro de exploração de dados (anexo 8). Este roteiro é um instrumento que permite ao professor e aos alunos explorarem em sala de aula os dados obtidos no trabalho de campo.

Esta decisão do professor se deu mediante ao pouco contato da grande maioria da turma com os dados coletados.

Quanto à análise dos dados, os pontos que mais chamaram a atenção foram:

- 1 – Os alunos confirmaram a boa sensação que tiveram no local;
- 2 – Dois alunos, daqueles que participaram da atividade de campo, fizeram menção aos impactos ambientais na região, tais como as barreiras existentes (barragem) que dificultam o fenômeno da piracema.

Percebemos que os alunos, participantes da atividade de campo, passaram a compreender de forma mais ampla os impactos ambientais decorrentes da intervenção do homem na natureza para produzir energia elétrica em larga escala. Veja o diálogo abaixo entre o professor e o aluno 7 da turma A,

[Professor] - *O que chamou a atenção de vocês lá na usina?*

[Aluno 7 A] - *Que nem lá na hidrelétrica...a gente precisa da água e aonde vai afetar primeiro...nos peixes.*

[Professor] - *Por quê?*

[Aluno 7 A] - *Ah, afeta a natureza...dificulta a piracema. Mas tem aquela escada, né?"*

[Professor] - *“Que escada?”*

[Aluno 7 A] - *Aquela na usina que os peixe sobe...*

[Professor] - *E você acha que todos os peixes conseguem subir a escada?*

[Aluno 7 A] - *Não!*

[Professor] - *Alguns morrem?*

[Aluno 7 A] - *É...alguns...*

[Professor] - *Este é um impacto negativo ou positivo?*

[Aluno 7 A] - *Negativo, né...*

Na realidade apesar deste dado negativo sobre a UHE de Gavião Peixoto, os alunos ficaram com uma boa impressão daquele lugar. Mas, foi interessante notar um certo olhar crítico do aluno quanto às informações recebidas na usina. Conforme podemos observar no roteiro de trabalho dos alunos, os técnicos afirmaram que a empresa investe na “área ambiental”, sendo a “escada” da barragem um dos destaques da usina.

Uma das hipóteses para explicar a sensação agradável que todos tiveram, inclusive o professor, por sentir que o local era razoavelmente preservado, está nas vantagens que uma PCH (Pequena Central hidrelétrica) pode oferecer. Os impactos negativos nos meios ambiental e social na região onde se localiza a empresa são pequenos, em relação a outros ambientes naturais transformados pelo homem.

A respeito dos pequenos impactos ambiental e social das PCHs , Reis e Silveira (2000) dizem:

Parte desses impactos podem ser tecnicamente minimizados através de uma seleção cuidadosa da localização da barragem, envolvendo critérios de ordem social e ambiental, dimensionando-se adequadamente o reservatório, evitando ao máximo o deslocamento de populações...Vale ressaltar que, em geral, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), construídas para suprir demandas locais ou regionais, são ambientalmente mais adequadas. (REIS; SILVEIRA, 2000, p.75)

Porém, segundo estes autores, a alternativa de pequenas centrais hidrelétricas, possui limites técnicos que a inviabilizam em relação a grandes usinas, devido a sua pequena potência. Locais densamente povoados, tais como grandes metrópoles, consomem grandes quantidades de energia, que podem ser melhor fornecidas por geradores elétricos potentes e de larga escala, ou seja, geradores com potência acima de 100 000 kW.

O trabalho de campo realizado com a turma A, permitiu que o professor apresentasse de forma mais clara, para um outro grupo (turma B), a importância da observação direta dos diferentes aspectos diretamente relacionados às mudanças que uma UHE provoca ao seu redor.

Escolhemos visitar uma usina hidrelétrica da região que fosse de médio ou grande porte, porque a turma B oferecia melhores condições de trabalho, propiciadas sobretudo pelo maior tempo que poderiam disponibilizar para realizar esta tarefa.

A usina que escolhemos visitar foi a UHE Ibatinga (Fig. 6), por estar localizada a pouco mais de 100 km de Araraquara, e por ser considerada de grande porte. Conforme Reis e Silveira, as UHE de grande porte geram uma potência acima de 100 000 kW ou 100 MW, e apresentam uma barragem de altura média entre 50 e 250 metros.

Localizada no Rio Tietê, entre os municípios de Ibatinga e Iacanga, esta UHE pertence desde 1999 à empresa privada Companhia de Geração de Energia Elétrica Tietê. Construída pelo governo do Estado de São Paulo, a UHE Ibatinga foi concluída em 1969, estando vinculada à empresa pública CESP – Companhia Energética de São Paulo, até sua privatização em 1999. A usina tem três turbinas KAPLAN, e uma potência instalada de 132 MW e reservatório de 114 km².

Figura 6 – Vista Externa da UHE Ibitinga – Barragem e vertedouro



Fonte – www.cesp.gov.sp.br

Estavam presentes trinta e três alunos da turma B, acompanhados pelo professor. Logo que chegamos à UHE, solicitamos aos alunos que se dividissem em grupos de no máximo cinco pessoas. Após a divisão, foram constituídos nove grupos de trabalho, que receberam um roteiro de campo (anexo 9) com solicitações de observação e registros de dados coletados.

Na aula seguinte à atividade de campo, havíamos previsto a exploração dos dados coletados em campo a partir da sistematização e discussão dos mesmos. Porém, nessa aula, sentimos um clima de desinteresse em muitos alunos. Poucos permaneceram atentos, acompanhando e participando do trabalho proposto. Boa parte deles permaneceu alheia às atividades, geralmente distraídos em conversas paralelas.

Esta foi a primeira vez, desde o início das intervenções, que percebemos um clima mais forte de desmotivação em grande parte dos alunos desta turma (turma B).

Podemos inferir que esta atividade realizada, visita a uma UHE, talvez tenha sido mais problematizada pelo professor do que a atividade de exploração dos dados coletados em sala de aula. Para evitar uma maior dispersão dos alunos, em relação à atividade realizada, talvez fosse necessário ter argumentado com mais detalhes sobre a importância do resgate dos dados coletados na UHE e de sua posterior sistematização e análise.

Para esta aula, conforme planejado (anexo 2), construímos um roteiro de exploração dos dados (anexo 8). Neste roteiro, havia tabelas nas quais os alunos, juntamente com o professor, deveriam agrupar os diferentes dados obtidos pelos grupos que participaram da atividade de campo.

De modo geral, percebemos com este trabalho de campo, que os alunos que participaram desta atividade passaram a compreender melhor os aspectos técnicos do funcionamento de uma hidrelétrica e muitos deles tiveram maior facilidade em estabelecer comparações entre algumas possibilidades de gerar energia elétrica.

Os dados abaixo foram retirados do roteiro de exploração de dados (anexo 8), instrumento utilizado na aula seguinte ao trabalho de campo com a turma B. Exemplos:

A energia elétrica modifica a natureza e isso não é bom. Essa forma de produção (hidrelétrica) é melhor do que aquelas que são usadas em outros países. Não há riscos p/ a população. (Aluno 6 B)

Apesar das modificações causadas à natureza essa forma de produção de energia (hidrelétrica), dentre as restantes, é a menos prejudicial. (Aluno 9 B)

Podemos verificar neste exemplos que os alunos reconhecem alguns problemas associados à produção de energia elétrica.

Neste mesmo roteiro de exploração de dados (anexo 8), ainda perguntamos aos alunos,

Diante do quadro acima, 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?

Esta pergunta permitiu que verificássemos como os alunos da turma B, que realizaram efetivamente o trabalho de campo, estavam reconhecendo naquele momento os diversos problemas associados à produção de energia elétrica em larga escala.

Dos trinta e um alunos que participaram desta atividade, somente dois indicaram que não perceberam nenhuma modificação que teria sido provocada pela barragem da usina hidrelétrica visitada.

Que o fato de haver uma hidrelétrica que é sustentada pelo rio, não muda o meio – ambiente.(Aluno 11 B)

Achei bastante legal, muito interessante e acho que isso não muda o meio ambiente.
(Aluno 20 B)

Dentre os que reconheciam modificações, destaca-se o grande número alunos (vinte e oito ou 90% da turma) que relacionam impactos ambientais associados a esta forma de produção de energia elétrica. Na tabela 21, sistematizamos os dados obtidos, e construímos dois outros agrupamentos: “modificações sociais” e “ manejo e conservação”.

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.

Tabela 21: Principais problemas associados à produção de energia elétrica por uma hidrelétrica, segundo alunos da turma B de uma escola pública da DE de Araraquara

| Agrupamento | Número de indicações* | | Exemplo |
|---------------------------------|-----------------------|-----|---|
| | Qtde | %** | |
| Modificações Ambientais | 28 | 90% | Aluno 23 B <i>..Modificou o represamento da água matam árvores dificultam a subida do peixe (piracema).</i> |
| Modificações Sociais | 04 | 13% | Aluno 7 B <i>...Existe muitas mudanças porque as pessoas já estavam habitadas ali e tiveram que se mudar...</i> |
| Manejo e conservação da represa | 04 | 13% | Aluno 8 B <i>Eu acho o local muito interessante, apesar da pesca ser proibida mais havia pessoas pescando.</i> |

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

* Porcentagem em relação ao total de 31 alunos.

No agrupamento “Manejo e Conservação da Represa”, estão as respostas dos alunos que observaram uma possível pesca predatória no lago formado pela usina. Vários alunos, 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 alunos reconhecem modificações associadas à produção de energia elétrica em larga escala, porém amenizam seus efeitos. Exemplos:

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

Na circulação do rio, mas para as pessoas trouxe mais empregos. (Aluno 17 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 modifica a natureza, porém essas mudanças é para o bem – estar das próprias pessoas. (Aluno 32 B)

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

Em outro ponto do roteiro de exploração dos dados (anexo 8), propusemos uma questão, para que os alunos refletissem sobre as informações prestadas por alguns funcionários da empresa sobre as medidas tomadas para amenizar os impactos ambientais e sociais causados pela UHE de Ibitinga. Para que os alunos indicassem se consideravam corretas as medidas tomadas pela empresa para amenizar os impactos sociais e ambientais, perguntamos no roteiro de exploração de dados (anexo 8):

A empresa está investindo corretamente nas áreas ambientais e sociais? Explique.

A tabela 22 apresenta os dados referentes a esta questão:

Tabela 22 : Indicações dos alunos de uma turma (Turma B) do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da DE de Araraquara-SP, sobre a possibilidade da UHE de Ibitinga estar investindo corretamente nas áreas ambientais e sociais

| Grupo | % | Exemplos |
|--------------|----------|--|
| Sim | 74% | Aluno 6 B <i>Sim. O uso de produtos biodegradáveis, o reflorestamento e a piscicultura diminuem o impacto da empresa sobre a natureza e na área social é o transporte gratuito, o vale alimentação e as doações.</i> |
| Não | 23% | Aluno 12 B <i>Não, porque se eles proibiram a pesca no rio, porque existia pescadores ao redor do rio, está prejudicando o meio ambiente. Acho que o que é proibido para uns tem que ser para todos.</i> |
| Não sabe | 3% | Aluno 5 B <i>Não sei se está investindo...</i> |

Nota-se que a maior parte dos alunos consideram satisfatórias e corretas as medidas que visam a diminuir os impactos ambientais da UHE na região. Mas, como já mencionamos, em certas ocasiões dá-se à palavra do técnico muito mais destaque em comparação a outras informações obtidas, inclusive visuais, no caso do reflorestamento das margens.

Mas de qualquer forma, todas as medidas que visam a minimizar os efeitos negativos de uma UHE de grande porte são necessárias. Para Reis e Silveira (2000), se a construção de uma UHE de grande porte for realmente necessária e justificável, é importante minimizar as conseqüências negativas nas áreas ambiental e social, principalmente combatendo os aspectos que interferem no equilíbrio natural dos sistemas naturais.

Dando continuidade à análise dos dados, na penúltima atividade desenvolvida, apresentamos um texto (anexo 10) 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 alunos, sendo: trinta e três da turma A, trinta e dois da turma B e vinte e nove da turma C.

Uma das perguntas formuladas solicitava dos alunos a seguinte opinião:

Na sua opinião existe algum gerador de energia elétrica que não cause impactos nos meios ambiental e social? Explique.

Nossa intenção foi a de que os alunos refletissem sobre a inexistência de artefatos técnicos ideais, do ponto de vista de impactos negativos tanto ao conjunto da sociedade quanto à natureza. Os dados relativos à questão mencionada estão sistematizados na tabela 22.

Tabela 22 : Indicações dos alunos sobre a possibilidade de existir algum gerador de energia elétrica em larga escala que não causasse impactos ambientais ou sociais

| Agrupamento | N ^o de indicações | | | %* | | | Exemplos |
|--------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| | Turma A | Turma B | Turma C | Turma A | Turma B | Turma C | |
| Não existe | 26 | 21 | 22 | 79% | 66% | 76% | Aluno 4 C <i>Não. Toda a forma de construção de energia 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> |
| Sim, existe. | 7 | 11 | 07 | 21% | 34% | 24% | Aluno 20 A <i>Sim. O sistema eólico. Neste tipo de produção não afetamos o meio ambiental e social de um determinado lugar, pois usamos energia do vento como combustível.</i> |

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

A maioria dos alunos (73% do total) disseram que não há geradores de energia elétrica que não prejudique, de algum modo, os meios social e ambiental, e isto é bem expressivo neste momento. Estes dados indicam que estes alunos reconhecem que há problemas associados à geração de energia elétrica em larga escala.

Neste caso, é interessante notar que na turma B tivemos 34% dos alunos admitindo a existência de geradores que não causem impactos ambientais. Mas, de modo geral, os alunos reconheceram que há impactos relacionados às principais formas de geração de energia elétrica, conforme havíamos trabalhado no texto (anexo 10). Porém, o texto descreve apenas algumas das principais formas de gerar eletricidade e

percebemos, através dos dados coletados, que alguns alunos remetem a outras formas de gerar energia elétrica ausentes do texto para indicar um dispositivo que não provoque impactos aos meios social e ambiental. Destaca-se entre as mais indicadas, o sistema eólico, conforme podemos verificar pelos exemplos abaixo:

Na minha opinião, os geradores eólicos são os mais adequados, pois não necessitam de construções grandiosas para serem instalados e não degradam o ambiente pois consiste em uma fonte renovável de produção de energia. (Aluno 09 B)

Sim. O sistema eólico. Neste tipo de produção não afetamos o meio ambiental e social de um determinado lugar, pois usamos energia do vento como combustível. (Aluno 20 A)

Sim. A geração de energia eólica que é por moinhos de vento, sua energia é tirada do movimento das hélices do moinho. Esse tipo de geração de energia não traz impactos nos meios ambiental e social. (Aluno 5 C)

Durante o curso procuramos dar pistas que levassem os alunos a compreender que qualquer dispositivo tecnológico interfere mais ou menos nas complexas interações entre o homem e a natureza. Segundo Reis e Silveira (2000) (...) *diferentes tecnologias para a geração de energia terão efeitos negativos diversos no meio social e ambiental...* (REIS; SILVEIRA, 2000, p. 51).

Aqui é importante considerar que vários dos alunos que apontaram que qualquer processo de geração de energia elétrica causa impactos ambientais poderiam estar se referindo somente aos processos apresentados no texto.

Por outro lado, foi muito interessante perceber que alguns alunos foram além das informações fornecidas no texto para responder ao roteiro de trabalho. Esta informação, a existência de geradores eólicos, foi mencionada pelo professor em uma das primeiras aulas, quando discutíamos aspectos técnicos de diversos geradores elétricos. Talvez esta tenha sido uma das dificuldades apresentadas na intervenção : a de apresentar poucas informações a respeito de outras formas de gerar eletricidade em larga escala, além daquelas mais conhecidas. A pouca exploração e discussão com os alunos dos processos de funcionamento de algumas formas de gerar energia elétrica, neste caso conhecidas

como formas alternativas, possa ter sido a causa de uma certa idealização de alguns processos, no caso, a geração de eletricidade em larga escala por geradores eólicos.

Ademais, os dados analisados neste capítulo nos permitem dizer,

- Na fase diagnóstica os problemas ambientais, de maneira geral, não são espontaneamente apontados pelos alunos dentre os principais da sociedade. Quando mencionamos sua existência, muitos relacionam estes às inúmeras degradações do meio ambiente, porém não realizam uma relação espontânea entre estes e a produção de energia elétrica em larga escala;
- Durante a intervenção muitos alunos reconhecem que a produção de energia elétrica em larga escala ocasiona problemas, dentre estes os ambientais. Alguns alunos, que reconhecem estes problemas, procuram amenizar seus efeitos;
- A maioria dos alunos se posiciona contra a produção de energia elétrica mediante grandes custos ambientais, porém a construção de sua argumentação é, na maioria das vezes, alarmista e catastrófica;
- Outros argumentos também são utilizados como os econômicos, sociais, políticos e religiosos entre outros;
- A construção de argumentos mais “alarmistas” também aparecem na exposição oral realizada pelos alunos;

Considerações Finais

Uma semana após o término da intervenção, apresentamos aos alunos um último questionário, solicitando a eles que fizessem uma avaliação das atividades de ensino relacionadas com a produção de energia elétrica em larga escala.

De modo geral, os alunos teceram comentários positivos em relação às atividades sobre geradores elétricos em larga escala. Para a maioria deles, as atividades desenvolvidas foram interessantes sobretudo por terem sido diferentes daquilo que a maioria de nós professores realizamos diariamente, ou seja, aulas expositivas. Vejamos a afirmação de um dos alunos,

A aula foi totalmente diferente das aulas que estamos acostumado a ter dessa forma a gente aprende mais e foi muito bom conhecer sobre os geradores elétricos...

(Aluno 16 A)

Duas perguntas nortearam esta pequena avaliação (Anexo 11): uma sobre os pontos mais interessantes da intervenção e outra sobre os trabalhos mais difíceis de serem realizados. As respostas dadas à primeira pergunta tiveram uma nítida divisão entre os alunos que participaram do trabalho de campo e aqueles que não participaram.

Na turma A, todos os alunos que estiveram na UHE Gavião Peixoto mencionaram que esta teria sido a atividade mais relevante,

*A visita a hidrelétrica porque só quem foi, sabe a emoção que é. Na classe o professor deu tudo que nós vimos lá, mas não é a mesma coisa ver aquelas maquinas funcionando é muito loco. Agora quando passo perto de torre de força e na subestação de Araraquara já penso nas aulas de Físicas. **(Aluno 33 A)***

Na turma B, a maioria dos alunos estiveram presentes no trabalho de campo, e todos estes alunos disseram que esta foi uma das atividades mais significativas e interessantes da intervenção,

*Com certeza a melhor parte das aulas foi a visita à hidrelétrica. Eu acredito que a melhor forma de fixar o aprendizado é realizando aulas praticas. **(Aluno 9 B)***

A visita que fizemos à Usina Hidrelétrica de Ibitinga. Eu nunca tinha visto uma usina de perto e aprendi muito mais do que em uma aula convencional. (Aluno 6 B)

Para os alunos da turma A e da turma C, que não participaram do trabalho de campo, a parte mais significativa nas atividades foi a simulação de debate realizado em sala de aula. Exemplos:

O debate; porque podemos expor nossas idéias e tudo o que aprendemos. (Aluno 8 C)

O debate foi uma oportunidade bastante interessante para podermos discutir com os colegas as conclusões tiradas das aulas anteriores... (Aluno 9 A)

De modo geral, a atividade de campo e a simulação, na forma de debate, foram as atividades que mais chamaram a atenção dos alunos.

Nota-se em algumas respostas que os alunos indicam espontaneamente aspectos diretamente relacionados aos aspectos controversos do tema. Nesse caso, alguns deles fazem uma menção positiva para o fato de explorarmos estes diferentes aspectos controversos nas diferentes atividades realizadas,

Eu gostei mais do debate que nos fizemos sobre a usina nuclear e a hidrelétrica porque mostra que nem uma usina faz bem ao meio ambiente que todas causam impacto ambiental tanto como para a humanidade como, para os animais etc... (Aluno 5 A)

O trabalho de conscientização sobre os danos e impactos causados pela geração de energia. Principalmente através do debate podemos trocar informações sobre aspectos positivos e negativos de duas formas de produção de eletricidade, e ao mesmo tempo memorizamos quais processos são utilizados para esta geração. (Aluno 23 A)

Quanto à outra pergunta, sobre as maiores dificuldades durante a intervenção, destacamos que muitos indicaram o trabalho com os textos. De modo geral, para eles havia um tempo restrito em sala de aula para ler, interpretar e responder às questões, além de um excesso de conteúdo. Para exemplificar, vamos utilizar algumas respostas através deste questionário,

Trabalhar com texto por que tem pouca participação e tem muita informação...”

(Aluno 11 C)

A coisa mais difícil de fazer é conciliar o tempo limitado e a qualidade dos exercícios a serem produzidos, pois nem sempre é possível expressar nossas opiniões, em tão pouco tempo, com tanta informação absorvida. (Aluno 23 A)

Não achei muito difícil as matéria, só os textos que vem com algumas palavras difíceis.

(Aluno 17 A)

O que foi mais difícil foi entender aqueles textos que eram muito grande e eu tinha um pouco de dificuldade para responder além de não entender direito os textos era pouco tempo. (Aluno 16 B)

Foram os textos porque eu não gosto muito de ler textos não consigo entender são muito grandes. Gostaria sim de vídeos acho mais fácil de entender do que ficar lendo.

(Aluno 7 B)

Além das críticas quanto ao excesso de informações nos diferentes textos trabalhados, é interessante observar que alguns alunos explicitaram claramente as suas dificuldades em lidarem com os aspectos controversos do tema,

Foi tentar achar o modo melhor para fabricar energia sem prejudicar a natureza, a cidade. (Aluno 27 A)

Entrar em acordo sobre quais fontes de energia será para nós, mais acessível, barata, menos prejudicial para o ambiente e etc. (Aluno 4 B)

O mais difícil foi entender os processos de todas as usinas e descobrir qual era a usina que menos prejudicava o meio ambiente entre tantos problemas proporcionados por todas elas. (Aluno 32 A)

Segundo Levinson (2001), os alunos do sistema formal escolar normalmente não reconhecem os aspectos controversos relacionados à ciência e à tecnologia, embora

estas ofereçam condições naturais para isso. Segundo o autor, qualquer consulta feita neste sentido acaba sendo influenciada pela educação que têm recebido os futuros cidadãos ao longo dos anos que permanecem nas escolas. Neste sentido, podemos dizer que nossos alunos precisam ser equipados com conhecimentos e habilidades para que possam contribuir com o diálogo emergente das controvérsias relacionadas à ciência e a sua intervenção na natureza.

A abordagem, em algum momento do processo educativo, destes debates controversos pode, sem dúvida, constituir em uma saída para o discurso predominantemente reducionista que ocorre em sala de aula.

Para Levinson (2001), o currículo nacional da Inglaterra 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. Como exemplo de temas que deveriam ser explorados em sala de aula, a partir de sua dimensão controversa, o autor destaca os mais recentes avanços nas Ciências Biomédicas e na biotecnologia.

A apresentação dos discursos controversos no ensino das Ciências Naturais chamam a atenção para a natureza das questões científicas, ou seja, incertezas, complexidades e cotas dos mais diversos riscos, o dilema ético (valores e evidências) e os contextos nos quais estas razões éticas tomam lugar (identificação das circunstâncias que influenciam uma decisão, por exemplo sócio-econômicas, religiosas e etc.).

Para Levinson (2001), o ensino das Ciências Naturais deve oferecer aos alunos considerações sobre as limitações da ciência nas questões diretamente ligadas às áreas industrial, social e ambiental, incluindo aquelas questões científicas que podem ou não ser respondidas, devido às incertezas do conhecimento científico e às questões éticas envolvidas.

Embora a ciência seja a arena natural das controvérsias, isto não é necessariamente incorporado nos currículos de Ciências Naturais e nos planos de ensino dos professores. Vários obstáculos de diferentes naturezas impedem ou dificultam o desenvolvimento de trabalhos educativos voltados ao ensino do processo do conhecimento científico e ao tratamento de temas controversos em sala de aula. Alguns deles, sem dúvida, estão diretamente relacionados à necessidade que o professor sente de cumprir todo o programa curricular da disciplina.

Entretanto, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999), entre as competências e habilidades que o aluno deve desenvolver no Ensino Médio, está o entendimento de que existem impactos sociais e ambientais associados ao uso das tecnologias diretamente ligadas às Ciências Naturais. Para isto, o documento propõe que não devem ser elaboradas novas listas de tópicos de conteúdo, mas sobretudo dar ao ensino dos conteúdos de Física novas dimensões, tais como desenvolver em sala de aula questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em larga escala e seus diferentes riscos e benefícios relacionados diretamente aos meios social e ambiental. A discussão da transformação das diferentes formas de energia em energia elétrica é uma das oportunidades para o professor discutir com os alunos riscos e benefícios sociais e ambientais associados a diferentes tecnologias de geração de eletricidade.

Na Proposta Curricular para o Ensino de Física (SÃO PAULO, 1992) propõe-se que o ensino da disciplina deve considerar a questão da tecnologia. O trabalho educativo com este tema deve possibilitar que professores e alunos discutam os inúmeros benefícios sociais possibilitados pelo desenvolvimento da tecnologia. Porém, ao mesmo tempo, deve-se discutir que, com o desenvolvimento tecnológico, surgiram vários problemas inéditos que acarretaram em prejuízos para a humanidade e sobretudo para os sistemas naturais. Nesta perspectiva, a Proposta Curricular aponta que alguns conteúdos do ensino de Física devem ser trabalhados de forma contextualizada, tais como a discussão das diferentes formas de transformação de energia em energia elétrica em larga escala.

Verifica-se que tanto para os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) como para a Proposta Curricular de Física (1992), o tratamento das questões controversas diretamente relacionadas ao conteúdo de Física não significam, de modo algum, a criação de novos tópicos curriculares. O desenvolvimento das questões controversas devem se dar no contexto dos conteúdos normalmente desenvolvidos em sala de aula.

Apesar das propostas mais recentes, o professor vê o conteúdo como um conjunto de itens que deve ser cumprido. De modo geral, muitas escolas procuram seguir, nas diversas disciplinas, a programação curricular já consagrada durante anos no sistema de ensino, no qual são trabalhados diversos conteúdos de forma estanque e com ênfase nos produtos da ciência.

Na escola em que trabalhamos, há uma certa tendência dos professores de Ciências Naturais em cumprir o currículo mínimo do Ensino Médio, estipulado e identificado nos manuais didáticos. Segue-se, na maioria dos casos, a seqüência de conteúdos identificada nestes manuais de ensino.

O resultado é uma certa urgência dos professores em cumprir todos os conteúdos propostos para os diversos níveis do Ensino Médio. O professor muitas vezes fica satisfeito em perceber que conseguiu cumprir todo o conteúdo programado pelos diversos manuais de ensino.

Outro fator importante é a comparação feita pelos próprios alunos e seus pais entre o trabalho da escola pública e o da escola particular e a cobrança de uma certa equivalência entre elas.

Na semana que antecedeu o penúltimo encontro da intervenção (Anexo 2), um aluno da turma B nos procurou para uma conversa. Durante nosso diálogo, ele indagou-nos a respeito da relevância do conteúdo trabalhado em sala de aula. Para ele,

[Aluno 21 B] _ *Professor, quando é que a gente vai ver as matérias de vestibular? Nas outras classes você está trabalhando matéria de vestibular...*

[Prof.] _ *Mas estes também são temas de vestibular. Além disso, não há uma única forma de trabalhar...*

[Aluno 21 B] _ *Só o senhor tá trabalhando assim...*

Entretanto, uma nova reformulação curricular deve considerar a impossibilidade de trabalhar os conteúdos em caixas estanques e separadas. No trabalho educativo com o tema “geradores elétricos em larga escala”, percebemos algumas possibilidades de refletir sobre as diferentes atitudes dos alunos frente a processos tecnológicos e a questões controversas.

Uma alternativa interessante para a análise das diferentes atitudes dos alunos frente à tecnologia baseia-se em alguns pontos apresentados por Kneller (1980). Nesse texto, o autor destaca três diferentes pontos de vista das pessoas em relação à tecnologia.

No primeiro ponto de vista, e mais antigo, a tecnologia é considerada um mal implacável. Segundo Kneller (1980),

Em muitas lendas da Idade de Ouro, quer localizadas no passado, como pelo Gênesis, ou no futuro, como pelas utopias, homens e

mulheres andam nus, comem frutos silvestres e legumes crus, e vivem uma vida primitiva. Nessas lendas, as duas inovações tecnológicas fundamentais – o uso de fogo para cozinhar e de peles de animais para vestuário – teriam resultado da degeneração do homem...de acordo com esse ponto de vista, quanto mais o homem avança tecnologicamente, mais se corrompe. (KNELLER, 1980, p. 262)

Em alguns momentos, durante as intervenções realizadas, houve alunos que mencionaram uma certa “nostalgia” em relação ao estilo de vida de seus antepassados.

Durante o trabalho com os textos jornalísticos, na primeira intervenção, na qual foram trabalhadas algumas informações que davam conta de um possível blecaute no país, um dos alunos da turma C indicou que seria melhor se tudo voltasse a ser como no tempo dos seus avós, com lamparina para iluminar casas e água aquecida em fogões à lenha para banhar-se.

[Aluno 31 C] _ *..seria bom se voltasse no antigamente...sem nada dessas tecnologia...no tempo da minha avozinha ela esquentava água no fogão de lenha pra tomar banho e usava lamparina...*

[Professor] _ *Você seria capaz de viver sem energia elétrica?*

[Aluno 31 C] – *Claro...*

Em outra ocasião, durante o trabalho com o texto que trazia algumas informações históricas sobre a implantação dos primeiros geradores elétricos no Brasil (Anexo 5), um dos alunos da turma B expressou-se da seguinte forma,

[Aluno 2 B] _ *Era bem melhor no tempo que não existia eletricidade...meu avô conta que não tinha luz no sítio...eles comiam coisas puras, sem agrotóxicos...*

Porém, devemos assinalar que a maioria dos alunos indicou que a introdução dos geradores elétricos foi algo positivo, pois possibilitou a “modernização” do país.

Grün (1996) aponta que a nostalgia pelo passado e a negação da Ciência é característica central de alguns discursos da educação ambiental. A apologia das culturas primitivas e a idealização do passado são aspectos que estão lado a lado em um

discurso “arcaico-naturalista” da educação ambiental. Ainda segundo o autor, este “retorno à natureza” é explorado por diferentes escolas cinematográficas, como a norte-americana e a neozelandesa.

Oposto a este posicionamento, há aquele das pessoas que reconhecem na tecnologia uma alternativa de reconquistar “a felicidade perdida”. Segundo Kneller (1980), este ponto de vista é melhor expresso por Francis Bacon,

Segundo Bacon, a natureza existe em benefício do homem. Escreveu ele: ‘O mundo inteiro trabalha a serviço do homem; e nada existe nele de que o homem não derive usufruto...na medida em que todas as coisas parecem ocupar-se em servir aos interesses do homem e não aos das próprias coisas’. Para fazer com que a natureza sirva aos propósitos do homem, este deve conhecer as leis que regem e as descobrirá através da Ciência emprírica, não na sabedoria dos antigos. (KNELLER, 1980, p. 262)

Durante as intervenções, vários alunos expressaram este ponto de vista. Havia em diversos argumentos deles um otimismo em relação à ciência e à tecnologia, sendo esta desejável e irreversível em nossas vidas. Abaixo alguns exemplos,

O que mais chamou a atenção foi os grandes avanços técnicos e científicos, e dentre desses fatores que modificam a sociedade foi a eletricidade. Porque antes da invenção da energia elétrica era quase sem desenvolvimento. A eletricidade ‘abriu muitas portas’, em todos os sentidos. (Aluno 42 A) – resposta à questão 1 do anexo 5.

Se não existisse energia elétrica não haveria usina, fabrica e assim muita pessoa ficariam sem ‘trabalho’ ou trabalhando na roça e ganhariam pouco. Não haveria energia eletrica e assim não haveria luz e nem tecnologia. (Aluno 27 A) – resposta à questão 6 do anexo 5.

Não sei ao correto, pois a tecnologia que temos hoje, não é para ter muitos problemas... (Aluno 23 B) – resposta à questão 4 do anexo 4.

Diferentes autores com trabalhos educativos voltados para a temática ambiental criticam este enfoque da ciência e da tecnologia. Para Grün (1996), Gonçalves (1998) e Brügger (1994), em nome da Ciência e de seu rigor teórico e metodológico, tem-se justificado toda uma prática de dominação dos homens sobre a natureza. Neste sentido, a Ciência é encarada como um saber que paira acima de qualquer relação entre os homens, superior inclusive a outros saberes tais como o filosófico, religioso e do senso comum.

Neste sentido, procuramos deixar claro em nosso trabalho que consideramos a Ciência uma atividade tipicamente humana, e como tal, sujeita às mais diferentes situações de erros e acertos.

Por fim, Kneller (1980) destaca um terceiro ponto de vista em relação à tecnologia. O autor denomina este grupo de “moderados”, por encontrar-se entre os dois outros grupos citados. Nas palavras do autor,

Segundo estes, ambos os extremos se aproveitam de um potencial de tecnologia e o ampliam, com exclusão do outro. O que se precisa é de uma concepção mais fria e menos extravagante da tecnologia, com sua vasta gama conseqüências, seus grandes poderes para o bem e o mal, e seu reflexo da complexidade da natureza humana. (KNELLER, 1980, p. 263)

Do mesmo modo, encontramos este terceiro ponto de vista entre as indicações fornecidas pelos alunos. Abaixo apresentamos alguns exemplos,

É importante para o mundo ter avanços tecnológico, industrial, econômico: mas o homem, às vezes, passa dos limites. O ideal seria ter mudanças sem exageros, sem colocar a natureza em perigo. (Aluno 6 B) – resposta fornecida à questão 4 do anexo 10.

As vantagens e as desvantagens das várias maneiras de gerar energia elétrica. Aliás, o que mais me chama atenção foram as desvantagens: pois geralmente nós só damos atenção as vantagens que a energia elétrica nos traz, sem se dar conta de que é muito interessante e super importante conhecer suas desvantagens. (Aluno 33 C) – resposta fornecida à questão 1 do anexo 10.

Este terceiro ponto de vista é mais favorável ao trabalho educativo que se aproxime de uma análise mais abrangente dos diferentes aspectos diretamente relacionados à tecnologia, tais como os que defendemos durante este trabalho (sociais, ambientais, econômicos e históricos).

Para finalizar estas considerações, ressaltamos a necessidade imprescindível de uma formação mais adequada do professor de Ciências Naturais. Normalmente este professor não possui elementos que possibilitem a exploração dos diferentes aspectos controversos da Ciência em situações de ensino.

Tal formação seria fundamental para que o professor se apercebesse primeiramente de que a Ciência é uma atividade humana, e como tal sujeita a erros e idealizações. Neste sentido, algumas questões podem ser levantadas para serem exploradas em trabalhos futuros,

- Questões controversas são espontaneamente indicadas pelos professores de Ciências Naturais em seus planos de ensino?
- Quais os entendimentos que os professores de Ciências Naturais possuem em relação aos temas controversos da Ciência?
- De que maneira os professores de Ciências Naturais podem ser encorajados a utilizar os debates controversos em suas aulas?
- É possível que os professores de Ciências Naturais considerem questões controversas em suas aulas? Quais são as possibilidades e os limites de uma proposta como esta?

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, I.A. *Ensino de Ciências e os parâmetros curriculares nacionais*. Campinas: FE. Unicamp, 1996 - no prelo.

AMARAL, I.A. AT 17 Atas [do] I Encontro de Formação Continuada de Professores de Ciências: realizado em 08 de novembro de 1997, em Campinas, SP/ Carlos Alberto Lobão Cunha, Antônio Carlos Rodrigues de Amorim [editores]. Campinas – SP: Unicamp, 1998.

ANDRÉ, M.E.D.A. *Etnografia da prática escolar*. Campinas: Papyrus Ed., 1998a 130 p.

_____. Desafios da pesquisa sobre a prática pedagógica. IN : V ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 9, 1998, Lindóia. Anais...Lindóia: Endip, 1998 b.

BALZAN, N. Estudo do meio. IN: PARRA, N. *Didática para a escola de 1^o e 2^o graus*. São Paulo, Pioneira, p.113-128, 1978.

BASTOS, F. *História da ciência e ensino de biologia: a pesquisa médica sobre a febre Amarela (1881-1903)*. 1998, 326 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

_____. *História da ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações*. IN: QUESTÕES atuais no ensino de ciências. São Paulo : UNESP – Escrituras, 1998. p. 43-52 .

BOGDAN, R. BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Ed. 1994. 336 p.

BONOTTO, D. *A temática ambiental e a escola pública: a integração de aspectos cognitivos e valorativos*. 1999, 223 f. Dissertação - (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) Centro de Estudos Ambientais da Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 1999.

BRASIL Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros Curriculares Nacionais: 5^o a 8^o séries do ensino fundamental*, Brasília: Secretaria de educação fundamental,

1998. (ciências naturais).

_____. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*, Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRÜGGER, P. *Educação ou adestramento ambiental?* Ilha de Santa Catarina: Letras Contemporâneas, 1994. 142 p.

CARVALHO, L.M. *Natureza da ciência, temática ambiental e o ensino das ciências naturais: o futuro professor de biologia – seus projetos e suas práticas*. IN: Relatório de Pesquisa de pós – doutorado – Instituto de BioCiências - Departamento de Educação, Universidade do Estado de São Paulo, 1998. no prelo.

_____. *Educação e meio ambiente na escola fundamental: perspectivas e possibilidades* IN: I encontro regional de educação ambiental da zona leste, 1997, São Paulo. Anais...São Paulo : Coordenadoria de educação ambiental da secretaria de estado do meio ambiente, 1997.

_____. *Escola e meio ambiente na escola fundamental: perspectivas e possibilidades*. *Revista de educação*, Porto Alegre, v.1, n.1, p.35-39, jul. 1999.

CARVALHO. A.M.P., GIL-PÉREZ. D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 1993. 120p. (Questões de nossa época, 26)

CESP. *CENTRAL ELÉTRICA RIO CLARO*. São Paulo: CESP, 1986. (Fascículo da História da Energia Elétrica em São Paulo, 1).

CUNHA, L.A . Os parâmetros curriculares para o ensino fundamental: convívio social e ética. *Caderno de pesquisas da fundação carlos chagas*, São Paulo, n.99, p.60-72, nov. 1996.

DICKEL, A. Que sentido há em se falar em professor-pesquisador no contexto atual? contribuições para o debate In. GERALDI, C.M.G; FIORENTINI D.; PEREIRA E.M.A. *Cartografias do trabalho docente*. Campinas: Mercado das Letras, p. 33-71, 1998.

DICKER, M. Using action research to navigate an unfamiliar teaching assignement. *Theory into practice*, London, v.29, n.3, p. 203-208, 1990.

DRIVER, R., OLDHAM, V. Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en Ciencias. In. Porlán, R; Garcia, J.E; Cañal, P. *Constructivismo y enseñanza las Ciencias. Sevilla: Diada Ed., 1988.*

FEYNMAN, R.P. *Física em seis lições*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

GOMES, I.F.M.L. *Atividades de ensino em Geografia e as questões ambientais*. 1998, p.124-222. Dissertação (Mestrado em Educação Brasileira) – Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade do Estado de São Paulo, Marília, 1998.

GONÇALVES, C.W.P. *Os (des)caminhos do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 1998, 148 p.

GRIMBERG, E. BLAUTH, P.R. *Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores*. São Paulo : Instituto Pólis, 1998. 104 p.

GRÜN, M. *Ética e educação ambiental – a conexão necessária*. São Paulo : Papyrus, 1996, 120 p.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; KRANE, K. S. *Física 3*. São Paulo : Livros Técnicos e Científicos, 1996.

CHAMBOULEYRON, I. Eletricidade Solar. *Ciência Hoje*, São Paulo, v.9, n.54, p. 32-39, jun.1989.

KNELLER, G.F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Zahar, 1980. 310 p.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1987. 80p.

KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1997. 257 p. (Debates, 115)

LEVINSON, R. Science or humanities: Who should controversial issues in science?, *Proposições*. v.12, 2001. no prelo

LIMA, J.L. *Políticas de governo e desenvolvimento do setor de energia elétrica: do código de águas à crise dos anos 80 (1934-1984)*. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 1995. 188 p.

MAGALHÃES, G. *Força e luz : eletricidade e modernização na república velha*. São Paulo : Edunesp, 2000. 122 p.

MALHEIROS, T. *Histórias secretas do brasil nuclear*. Rio de Janeiro : W.V.A, 1996. 237 p.

MATTEWS, M.R. História, filosofia y enseñanza de las Ciências: la aproximación Actual. *Enseñanza de las Ciências*. Sevilha, v.12(2). p.255-277. 1994.

MIZUKAMI, M.G.N. *Ensino: as abordagens do processo*. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

_____ A reflexão sobre a ação pedagógica como estratégia de modificação da escola pública elementar numa perspectiva de formação continuada no local de trabalho. IN : IX ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 9, 1998, Lindóia. Anais...Lindóia: Endip, 1998.

MEGID NETO, J; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de Física do 2^o grau no Brasil: Concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. IN. *Pesquisa em ensino de Física*. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 5-20.

MONTEIRO, F.N; MEDEIROS, A. Distorções conceituais dos atributos do som presentes nas sínteses dos textos didáticos: Aspectos físicos e fisiológicos. IN. *Ciência e educação*. Bauru: Unesp, n. 2, v.5, 1998. p.1-12

MOREIRA. A .F.B. *A Psicologia e o resto: O Currículo Segundo César Coll*. São Paulo: *Caderno de pesquisas da fundação carlos chagas*. n.100, p.93-107, 1997.

OBBERG, A. A; McCUTCHEON, G. Alternative perspectives on action researchs. *Theory into Praticce*. v. 29(3), 1990. p.144-151.

OSBORNE, J. Learning and teaching about the nature of science. IN RATCLIFFE, M (EDIT.) ASE Guide to Secondary Science Education. Hatfield, The Association for Science Education. 1998.

PÁDUA, J.A. Dois Séculos de crítica ambiental no Brasil. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 26, n.156, p. 42-48, dez.1999.

PEREIRA, E.B; COLLE, S. A energia que vem do sol. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 22, n.130, p.24-35, agosto 1997.

REIS, L.B. SILVEIRA, S. *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução de uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Edusp, 2000. 284 p.

ROSA, L.P. et al. *A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo : uma visão crítica*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1998. 211 p.

ROSA, L.P. et al., *Energia e Crise*. Petrópolis : Vozes, 1984. 196 p.

ROSA, L.P. et al. *Impactos de grandes projetos hidrelétricos e Nucleares*. São Paulo : Marco Zero, 1988. 200 p.

ROSSI, P. *A Ciência e a filosofia dos modernos*. São Paulo : Edunesp, 1992. 389p.

SAGAN, C. *O mundo assombrado pelos demônios : A Ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 442 p.

SANTOS FILHO, J.C; GAMBOA, S.S. *Pesquisa Educacional : quantidade-qualidade*. São Paulo : Cortez, 2000. 111 p. (Coleção questões da nossa época)

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de Física 2^o grau*. 3.ed. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1992. 50 p.

SAVIANI, N. *Saber escolar, currículo e didática : problemas da unidade conteúdo/método no processo pedagógico*. Campinas: Autores Associados, p. 115-38, 2000.

SILVA, A.V.P; SAAD, F.D. Problemas e perspectivas do ensino de Física no município de Bauru. *Pesquisa em Ensino de Física*. v.37, n.46, 1998.

SUBSÍDIOS técnicos ao relatório oficial do Brasil à CNUMAD. In: COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA A PREPARAÇÃO DA CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1. Brasília, 1991. Anais...Brasília: CNUMAD, 1991.

TRIVIÑOS, A.N.S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1992.

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO 1

Nome: Nº Série:..... Data:.....

1 - Cite os principais problemas que estão presentes na nossa sociedade.

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO 2

Nome: N° Série:..... Data:.....

1- Do que você se lembra quando falamos de problemas ambientais?

2 - Você considera que existe problemas ambientais no Brasil?

3 - Caso você considere a existência de problemas ambientais no Brasil, qual deles você supõe mais importante? Por que?

4 – Você acha que existem problemas ambientais na região onde você vive? Quais são estes problemas?

| |
|----------------|
| ANEXO 1 |
|----------------|

QUESTIONÁRIO 3

Nome: N° Série:..... Data:.....

1 – Você poderia dizer, de modo geral, como é produzida a eletricidade que utilizamos em nossas residências?

2 - A respeito da última questão, responda:

a) Onde foi que você soube desta informação?
(Jornal/Revista/televisão/rádio/Escola/Amigos/ pais e etc.)

b) Você se lembra quando você ouviu ou leu sobre isto?

3 - Você recebeu alguma informação sobre este assunto na escola? Quando isto ocorreu e de que forma?

4 - Você pode indicar aspectos positivos ou negativos na produção e no uso de energia elétrica?

ANEXO 2

PLANO DE ENSINO: GERADORES DE ENERGIA ELÉTRICA EM LARGA ESCALA

Escola: E.E. “Prof^a Léa de Freitas Monteiro” Município de Araraquara - SP

Professor.: Luciano Ano.: 2000 Disciplina.: Física

Curso .: Ensino Médio Série.: 3^a n^o de aulas previstas.: 11 aulas

Período.: Diurno/Noturno Tempo previsto.: 6 semanas

OBJETIVOS

Os alunos ao final da etapa deverão ser capazes de:

- Entender o processo de produção de energia elétrica em larga escala;
- Identificar algumas das diversas formas de se obter energia elétrica em larga escala;
- Conhecer o processo histórico da implantação de matrizes energéticas no Brasil;
- Identificar qual a matriz energética predominante no Brasil;
- Comparar o parque energético brasileiro com de outros países;
- Analisar a estratégia política e econômica brasileira para o setor e comparar com a de outros países;
- Compreender que qualquer matriz energética provoca impactos sociais, políticos, econômicos e ambientais em seu entorno;

- Apontar aspectos positivos e negativos em cada forma de obtenção de energia elétrica em larga escala;
- Construir valores afetivos para com a biodiversidade, ciente de sua importância para a manutenção do equilíbrio saudável da vida e da degradação que uma matriz energética ocasiona;
- Posicionar-se na escolha de ações e estratégias para a produção de energia elétrica em larga escala;
- Desenvolver ações que representem seu posicionamento diante eminentes degradações ambientais causadas por geradores em larga escala;

O tópico está dividido em três etapas ou unidades de ensino que representam os objetivos específicos com suas etapas e atividades

(Etapas/Atividades)

Unidade de Ensino I

1 – Introdução ao tópico geradores elétricos em larga escala: A eminente crise energética brasileira, o processo de produção de energia elétrica em larga escala e alguns aspectos históricos da implantação das primeiras matrizes de produção desta energia no Brasil.

Objetivos específicos:

- Reconhecer as características básicas do tema apresentado;
- Contrapor as idéias e concepções iniciais com àquelas sistematizadas pelo conhecimento técnico e científico;
- Caracterizar o processo de produção de eletricidade em larga escala e as diversas formas de sua obtenção;

- Apontar alguns aspectos históricos das primeiras matrizes geradores de eletricidade no Brasil.

| Aula | CONTEÚDO | PROCEDIMENTO | RECURSOS | AValiação |
|------|--|--|---|---|
| 1 | Introdução: A eminente crise de abastecimento no setor energético brasileiro | Apresentação de pequenos textos jornalísticos escritos e telejornais, que noticiem a eminente crise energética no Brasil | Textos retirados de veículos jornalísticos escritos e audiovisuais. Equipamento de vídeo e TV. | Roteiro de discussão. Perguntas abertas com a finalidade de avaliar o impacto de tais textos para os alunos e caracterizar a participação individual. |
| 2 | Caracterização do processo de produção de energia elétrica em larga escala. Parte I. | Resposta dos alunos a pergunta feita em questionário – “Você poderia dizer, de modo geral, como é produzida a eletricidade que utilizamos em nossas residências?” Após este questionário o professor deve categorizar as informações e apresentar o resultado em sala de aula e propiciar a discussão do resultado. Introduzir produção de eletricidade por hidrelétrica | - Giz, lousa e retroprojektor. - Cartaz feito de cartolina representando a forma de funcionamento de uma hidrelétrica. | Participação em sala de aula |
| 3 | Caracterização do processo de produção de energia elétrica em larga escala: Parte II. | Questionamento verbal do professor aos alunos sobre a possibilidade de existir outras formas de obtenção de energia elétrica em larga escala; Aula expositiva e estudo dirigido sobre o processo de produção de energia elétrica em larga escala e suas diversas formas de obtenção | - Giz, Lousa e retroprojektor. Cartazes com a caracterização do funcionamento de termelétricas, usinas nucleares e outras formas alternativas de obtenção de eletricidade em larga escala. Texto 1 – “Como é produzida a energia elétrica em larga escala?” (Texto escrito pelo professor, no qual apresenta um resumo das diversas formas técnicas de se obter energia elétrica em larga escala, sem levar em conta neste momento os aspectos que denunciem mudanças sociais, ambientais ou outros ligados ao tema). Estudo dirigido | Roteiro de discussão. Perguntas abertas que vai fazer parte do corpo do texto, para ser respondido na seqüência. |
| 4 | Aspectos históricos e sociais da implantação das primeiras matrizes geradoras de eletricidade em larga escala no Brasil. | Estudo dirigido apontando alguns aspectos do processo histórico da implantação de matrizes energéticas no Brasil. | Texto 2 – “O século das luzes.: Breve relato da implantação das primeiras matrizes de energia elétrica no Brasil” Estudo dirigido (Texto escrito pelo professor, no qual relata alguns aspectos históricos da implantação das primeiras matrizes elétricas no Brasil) | Roteiro de discussão. Perguntas abertas que vai fazer parte do corpo do texto. |

Unidade de Ensino II

2- O parque energético brasileiro: caracterização e comparação com outros países

Objetivos específicos

- Identificar e comparar a matriz energética predominante no Brasil com a de outros países, com especial atenção à alguns aspectos estratégicos econômicos e políticos ligados as atuais reformas introduzidas no país.

| AULA | CONTEÚDO | PROCEDIMENTO | RECURSOS | AVALIAÇÃO |
|-------------|--|---|--|--|
| 1 | A matriz energética predominante no Brasil e o processo de transmissão e distribuição da energia elétrica. | Aula expositiva do professor identificando alguns aspectos sobre a matriz energética predominante no Brasil e comparando-a com a de outros países. Caracterização do processo de transmissão e distribuição de energia elétrica através de um jogo de trilha. | Giz , Lousa e retroprojeter. Jogo “Siga a trilha” retirado do material da CESP sobre o processo de transmissão e distribuição de energia elétrica. | Participação em aula. Os alunos deverão entregar a atividade (jogo) concluída. |
| 2 | Aspectos econômicos e políticos referentes ao parque energético brasileiro | Estudo dirigido com texto que visa levantar as possíveis estratégias econômicas e políticas do Brasil para o setor e identificá-la com o contexto sócio-histórico atual (globalização) | Texto escrito pelo professor “A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo” – (resumo com as principais idéias do livro ‘a reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo – uma visão crítica’ – de Luiz Pinguelli Rosa, Mauricio Tiomo Tolmasquim e José Claudio Linhares Pires); Estudo dirigido | Roteiro de discussão. Perguntas abertas que vão fazer parte do corpo do texto. |

Unidade de Ensino III

Os impactos sociais, políticos, econômicos e ambientais das diversas matrizes energéticas

Objetivos específicos

- Compreender que qualquer forma de obtenção de energia elétrica em larga escala provoca impactos nos meios sócio-humanos e ambientais;

- Avaliar a alternativa de economizar energia elétrica, com a possibilidade de se amenizar os impactos ambientais devido a produção de energia;

- Posicionar-se diante do tema, tendo em vista o debate que ocorre nos meios acadêmicos, técnicos e políticos.

| A U L A | CONTEÚDO | PROCEDIMENTO | | RECURSOS | AVALIAÇÃO |
|------------------|--|---|---|---|---|
| 1 | Observação e descrição de uma hidrelétrica e seu entorno | Trabalho de Campo : Consiste em uma visita a uma hidrelétrica. Cada aluno terá em mãos um roteiro de atividades | | Roteiro de trabalho, papel e caneta. | Participação e preenchimento do roteiro |
| 2 | Análise de alguns aspectos positivos e negativos da obtenção de energia elétrica em larga escala por hidrelétricas. | Aula expositiva no qual o professor e os alunos devem sistematizar e categorizar os dados levantados no trabalho de campo. | | Giz, lousa e roteiro de análise. | Preenchimento do roteiro de análise do trabalho de campo. Questionário, no qual serão levantadas hipóteses sobre algumas observações do trabalho. |
| 3 | Prosseguimento da aula anterior. Discussão e análise dos aspectos positivos e negativos da obtenção de energia elétrica em larga escala. | Estudo dirigido com textos escritos. | <p>Texto–caracterizando e criticando as diversas formas de se obter energia elétrica em larga escala. A intenção é construir 01 texto que apresente novos aspectos a respeito das diversas formas de se produzir energia elétrica em larga escala:</p> <p>Hidrelétricas–forma predominante de obtenção de energia elétrica no Brasil;</p> <p>Termelétrica movida a energia da fissão do átomo–forma de obtenção de energia elétrica predominante em certos países e há no Brasil 02 usinas em funcionamento;</p> <p>Termelétrica movida à gás natural, petróleo ou carvão mineral–forma de obtenção de energia elétrica muito usada em países europeus e inclusive o Brasil planeja a construção de várias matrizes movidas a gás natural;</p> <p>Matrizes que utilizam energia eólica, solar ou das marés–fontes alternativas de obtenção de energia elétrica.</p> | Roteiro de discussão. Perguntas abertas que vão fazer parte do corpo do texto. | |
| 4 | Discussão: aspectos negativos e positivos da geração fornecida por term nucleares. | Apresentação de um vídeo – Gravação de um especial Repórter Eco sobre a matriz energética nuclear de Angra dos Reis – gravado em 30/04/2000 e reportagem fantástico sobre inundação de sítio arqueológico no Egito devido a construção de represa. | | Televisão, vídeo cassete, fita e roteiro de discussão. | Roteiro de discussão. Perguntas abertas. |
| 5 | Discussão e análise dos aspectos positivos e negativos da produção de energia elétrica em larga escala. | Atividade simulada – Esta atividade requer que a turma divida-se em 02 grandes grupos. Por sorteio um grupo escolhe uma entre duas formas pré-definidas de obter energia elétrica em larga escala. A seguir cada grupo se reúne para traçar estratégias de ataque e defesa. A primeira rodada, com 5 minutos para cada grupo, consta da defesa da forma de gerar eletricidade escolhida. A Segunda rodada, com 5 minutos para cada grupo, consta de críticas e ataques a forma escolhida pelo outro grupo. A terceira parte consta de um debate aberto, no qual cada grupo tenha um tempo pré-estabelecido para atacar ou questionar o companheiro, com direito a resposta. O professor deverá participar como mediador. Resumindo: Fase 1 argumentos a favor. Fase 2 argumentos contra. Fase 3 debate aberto. | | Sala de aula. | Participação no debate. |