

UFRRJ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

DISSERTAÇÃO

PROPOSTA DE ABORDAGEM TEMÁTICA COM
ENFOQUE CTS NO ENSINO DE FÍSICA: PRODUÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

LIDIANE BENITES DE CAMPOS

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

PROPOSTA DE ABORDAGEM TEMÁTICA COM ENFOQUE CTS NO
ENSINO DE FÍSICA:
PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

LIDIANE BENITES DE CAMPOS

Sob a orientação do Professor

Cláudio Maia Porto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências e Matemática**, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, área concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática.

Seropédica, RJ

Abril de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C198p Campos, Lidiane Benites de , 1988-
Proposta de abordagem temática com enfoque CTS no ensino de física: produção de energia elétrica / Lidiane Benites de Campos. - 2017.
124 f.: il.

Orientador: Cláudio Maia Porto.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em educação em ciências e matemática, 2017.

1. Ensino de física. 2. Produção de energia elétrica. 3. Ciência, tecnologia e sociedade. I. Porto, Cláudio Maia, 1968-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de pós-graduação em educação em ciências e matemática III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

LIDIANE BENITES DE CAMPOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências e Matemática**, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 03/04/2017

Claudio Maia Porto. Dr. UFRRJ

Silvia Moreira Goulart. Dra. UFRRJ

Maria Beatriz Dias da Silva Maia Porto. Dra. UERJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus por ter me dado força, competência, equilíbrio e fé para chegar até aqui.

Aos meus pais, Aleini de Campos e Maria Jeane, que me criaram e ensinaram que somente o meu esforço me levaria a conseguir o que quero.

Ao meu esposo, Guilherme Bressan, pela compreensão por minhas ausências, pelo incentivo, pelo apoio emocional e financeiro e por todo amor: sem você eu não teria conseguido!

À minha irmã, Priscilla Benites, minha inspiração e exemplo, pelo incentivo, pelo apoio e pela ajuda.

À minha amiga, Thais Cavalari, também mestranda do programa, pela companhia em todas as idas e vindas da universidade, pelas infinitas e enriquecedoras conversas durante as viagens e pelo apoio mútuo desde a elaboração do projeto. Sozinhas nós não teríamos conseguido!

Ao meu orientador, o professor Claudio Maia Porto, pela dedicação, pela paciência e compreensão, principalmente com os prazos, e por todo conhecimento compartilhado.

A todos os professores do programa, pelo conhecimento compartilhado e tempo dedicado a nós, mestrandos. Em especial, ao professor Frederico Cruz, por sua disponibilidade sempre que precisei de ajuda e por suas contribuições para meu trabalho.

A todos os mestrandos da minha turma, pela troca de conhecimentos, pelas nossas sextas-feiras muito agradáveis e pela amizade neste longo processo: aprendi muito com todos vocês!

A toda a equipe do Colégio Estadual Conde Pereira Carneiro de Angra dos Reis, por ter me permitido desenvolver as atividades com total liberdade e confiança.

Aos meus queridos alunos, turmas de segundo ano do ensino médio de 2015, pela amizade e confiança e por estarem sempre de cabeça, coração e braços abertos para mim.

A todos vocês que fizeram parte deste processo e cada um com suas contribuições me ajudaram a alcançar esta conquista, o meu MUITO OBRIGADA! Serei eternamente grata por ter conhecido cada um de vocês!

RESUMO

CAMPOS, L. B. **Proposta de abordagem temática com enfoque CTS no ensino de física: Produção de energia elétrica.** 2017. 147 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Instituto de Educação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) para o ensino de física, abordando o tema “Produção de Energia Elétrica”. O ensino com enfoque CTS aborda os conhecimentos científicos no contexto tecnológico e social do educando e o relaciona com suas experiências cotidianas, levando-o a refletir sobre aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos, fornecendo assim habilidades e valores que o auxiliem na tomada de decisões responsáveis e atitudes. No nosso caso, a proposta foi aplicada em uma escola pública da cidade de Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, para que fosse avaliada e reelaborada de acordo com as necessidades verificadas. O tema foi escolhido para ser trabalhado neste local, pois a cidade abriga a única usina nuclear do Brasil, sendo um assunto de extrema importância para a população e que possibilita o enfoque CTS com ênfase na realidade dos alunos. Porém, a abordagem não ficou restrita à usina nuclear, mas envolveu todos os meios de produção de energia elétrica, tais como hidrelétricas, termoeletricas e suas variações de combustíveis, usina de ondas, usinas solares e usinas eólicas, de modo que o tema geral Produção de Energia Elétrica foi dividido em três subtemas: Usinas Hidrelétricas, Outros Modos de Produção de Energia e Usinas Nucleares. O objetivo desta abordagem, além de ensinar conceitos físicos que envolvem os processos de produção de energia elétrica, é, também, conscientizar os alunos dos riscos, consequências e benefícios de cada modo de produção, levá-los a refletir e avaliar quais os modos mais vantajosos, para que estejam aptos a opinar e participar ativamente de processos decisórios envolvendo tais questões. O produto final deste trabalho é uma sequência didática com métodos e recursos didáticos variados, para servir como guia para outros professores que desejem adotar a proposta. O texto apresenta um breve histórico do ensino de ciências no Brasil, suas peculiaridades e necessidades que justificam a proposta e apresenta também o movimento CTS e suas principais características, que norteiam este trabalho. A metodologia adotada foi a pesquisa-ação, o que permitiu a readequação da proposta ao longo de sua aplicação. Os resultados foram muito promissores e mostraram que o ensino de física com enfoque CTS, praticado através de uma abordagem temática voltada para a realidade dos alunos, pode ser um meio de promover uma educação científica de qualidade e formar cidadãos aptos a compreender o mundo e a sociedade em que vivem.

Palavras-chave: CTS; ensino de física; Produção de energia elétrica.

ABSTRACT

CAMPOS, L. B. **Proposal of thematic approach with CTS focus to physics teaching: Electric energy production.** 2017. 147 p. Dissertacion (Master Science in Science and Mathematics Educacion). Instituto de Educação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

This work aimed to develop a thematic approach within a CTS (Science-Technology-Society) focus to physics teaching, dealing with the issue of "Electric Energy Production". The CTS focused teaching approaches scientific knowledge in the technological and social context of the learner and relates it to their everyday experiences, leading them to reflect on historical, ethical, political and socioeconomic aspects, and thus providing skills and values that help them to take responsible decisions and attitudes. In our case, the proposal was applied in a public school in the city of Angra dos Reis, in the State of Rio de Janeiro, to be evaluated and reworked according to the needs verified. The theme was chosen to be worked in this place, because the city houses the only nuclear power plant in Brazil, being a subject of extreme importance for the population and that allows the CTS approach with emphasis on the reality of the students. However, the approach was not restricted to the nuclear power plant, but involved all means of producing electric energy, such as hydroelectric, thermoelectric, with its variations of fuels, wave power plant, solar power plants and wind power plants, so that the general theme Production Of Electric Energy was divided into three sub-themes: Hydroelectric Plants, Other Modes of Energy Production and Nuclear Plants. The objective of this approach, besides teaching physical concepts involved in the processes of electric energy production, is also to make students aware of the risks, consequences and benefits of each mode of production, to have them reflect and evaluate the most to be able to actively participate in decision-making processes involving such issues. The final product of this work is a didactic sequence with varied didactic methods and resources, to serve as a guide for other teachers who wish to adopt the proposal. The text presents a brief history of science education in Brazil, its peculiarities and needs that justify the proposal and also presents the CTS movement and its main characteristics, that guide this work. The methodology adopted was the Action-research, which allowed the readjustment of the proposal throughout its application. The results were very promising and showed that the teaching of physics with a CTS approach, practiced through a thematic approach focused on students' reality, can be a means to promote a quality scientific education and to train citizens able to understand the world and the Society in which they live.

Keywords: CTS; Physics teaching; Production of electricity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL E SUAS PECULIARIDADES.....	4
3 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	10
3.1 As Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	10
3.2 O Movimento CTS.....	11
3.3 A Educação e o Movimento CTS.....	12
3.4 Abordagem Temática com Enfoque CTS.....	15
4 METODOLOGIA.....	18
4.1 Pesquisa-ação e Educação.....	18
4.2 Escolha do Tema.....	21
4.3 Elaboração da Sequência Didática.....	25
4.4 Avaliações.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Escolha do Tema.....	28
5.2 Avaliação Prévia.....	29
5.3 Elaboração da Sequência Didática.....	36
5.3.1 Aula 1.....	37
5.3.2 Aula 2.....	40
5.3.3 Aula 3.....	41
5.3.4 Aula 4.....	41
5.3.5 Aula 5.....	41
5.3.6 Aula 6.....	42
5.3.7 Aula 7.....	43
5.3.8 Aula 8.....	43
5.3.9 Aula 9.....	44
5.3.10 Aula 10.....	44
5.3.11 Aula 11.....	45
5.3.12 Aula 12.....	45
5.3.13 Aula 13.....	46
5.3.14 Aula 14.....	46
5.3.15 Aula extra.....	46
5.4 Elaboração das Avaliações.....	46
5.5 Aplicação das Avaliações e da Sequência Didática.....	50

5.5.1 Avaliação prévia.....	50
5.5.2 Aula 1.....	50
5.5.3 Aulas 2 e 3.....	51
5.5.4 Aula 4.....	52
5.5.5 Jogo didático: Super Energia.....	53
5.5.6 Aula 5.....	54
5.5.7 Aulas 6 e 7.....	55
5.5.8 Aplicação da prova 3º bimestre.....	55
5.5.9 Aula 8.....	56
5.5.10 Aula 9.....	57
5.5.11 Aula 10.....	57
5.5.12 Aula 11.....	58
5.5.13 Aula 12.....	60
5.5.14 Aula 13.....	60
5.5.15 Aula 14.....	60
5.5.16 Aula extra.....	61
5.5.17 Aplicação da prova 4º bimestre.....	61
5.5.18 Avaliação final.....	62
6 CONCLUSÕES.....	72
APÊNDICE A.....	74
APÊNDICE B.....	97
APÊNDICE C.....	105
APÊNDICE D.....	116
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a pesquisa na área de Educação em Ciências tem se consolidado e muitos projetos e iniciativas por parte dos educadores tem visado a adoção de novas metodologias. Contudo, o ensino de ciências nas escolas continua a ser predominantemente verbal e mecanicista, baseado em livros didáticos - os quais na maioria das vezes são utilizados apenas como recursos expositivos – um modelo de ensino altamente criticado, porém ainda o mais utilizado e aceito pelos professores, pais e alunos e pela sociedade em geral. Assim sendo podemos concluir que o produto dessas pesquisas mencionadas não chega devidamente aos professores ou não influencia as práticas docentes, mas fica restrito ao público acadêmico - o que aponta para a necessidade de mais pesquisas aplicadas envolvendo diretamente professores e alunos (MOREIRA, 2012).

O ensino de ciências pouco se desenvolveu desde a sua introdução nos currículos escolares, no final do século XIX (COMTE, 2006). Ocorreram mudanças no sistema de ensino no sentido de universalizar a educação, com a criação de cursos técnicos e a divisão do Ensino Secundário em dois ciclos, porém, essa divisão levou o segundo ciclo a assumir a função de preparação para exames admissionais em cursos superiores, o que enraizou ainda mais as metodologias de ensino expositivas, transmissivas e baseadas na memorização, que já eram predominantes até então (SANTOS, 2008).

Neste modelo, denominado por Paulo Freire (1987) - um dos principais críticos do modelo de ensino predominante nas escolas - como “educação bancária”, o educador faz “depósitos” dos conteúdos na cabeça dos educandos e estes limitam-se a memorizá-los, arquivá-los para, em seguida, reproduzi-los nos testes, de modo que não há exercício da criatividade, do diálogo e da transformação. No entanto, para Freire (1970) a educação é, pelo contrário, um instrumento de libertação que não se constitui apenas pela repetição, mas pela interação entre os sujeitos mediatizados pelo mundo e sua realidade.

Diante da preocupação dos educadores com o Ensino de Ciências nas escolas, um dos movimentos que surgiu com proposta de novas abordagens curriculares foi o Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), um movimento internacional que, no Brasil, se desenvolveu a partir da década de 1970 e trouxe ao foco reflexões críticas sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, levando em conta o agravamento dos problemas ambientais e as discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade (AULER, 2007). Ao longo dos anos, o movimento CTS se intensificou e estudiosos do campo o abordaram com diferentes ênfases, dentre as quais estão a formação para a cidadania, a compreensão da natureza da ciência e a argumentação científica, tendo como principal objetivo fornecer aos alunos habilidades e valores que os auxiliem na tomada de decisões responsáveis através da educação científica e tecnológica, pois a educação é sempre um processo humano, o qual não existe fora da sociedade e se fundamenta na transmissão ou na geração de valores (FREIRE, 1987; FOUREZ, 2003; SANTOS, 2008).

Assim, o ensino de ciências com enfoque CTS aborda os conteúdos no contexto tecnológico e social do educando, levando-o a relacionar o conhecimento científico com suas experiências cotidianas e refletir sobre os aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos envolvidos. Essa concepção é implementada por meio de temas concretos que se façam presentes no contexto social dos alunos e, a partir deles, se proponham questões cujas respostas remetam à compreensão dos fenômenos estudados e à reflexão sobre suas implicações na vida dos mesmos, permitindo a utilização do conhecimento como instrumento

para transformação do mundo (FREIRE, 1970; FOUREZ, 2003; SANTOS, 2008). Essa abordagem temática com enfoque CTS para estudo de temas de grande relevância social proporciona uma leitura crítica da realidade, levando o indivíduo a refletir sobre sua condição existencial. Ela dá um significado para o ensino de ciências que vai além de memorizar equações e dados. Muito mais do que isso, proporciona uma formação científica para compreensão da realidade e transformação do mundo, pois, além de motivar o interesse pelo aprendizado, torna a ciência mais próxima da realidade e fornece aos indivíduos instrumentos para leitura e compreensão do mundo que os cerca, tornando-os capazes de participar dos processos decisórios que envolvem ciência e tecnologia.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS para o ensino de física no Ensino Médio, utilizando como tema central a Produção de Energia Elétrica. Esta proposta pretende promover nos alunos reflexões sobre as implicações sociais, ambientais, econômicas, éticas e políticas de todos os modos de produção de energia elétrica, especialmente das usinas hidrelétricas e nucleares, para o desenvolvimento de atitudes e valores necessários para a tomada de decisões e ação social responsável sobre temas que envolvem a produção de energia.

Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Apresentar aos alunos as usinas hidrelétricas como maior fonte energética do Brasil, destacando seus impactos em todos os aspectos, suas vantagens e desvantagens, bem como seu funcionamento;
2. Apresentar aos alunos formas alternativas e complementares de produção de energia elétrica, identificando seus benefícios e suas limitações;
3. Apresentar a Usina Nuclear de Angra dos Reis aos alunos, identificando sua função, seus impactos em todos os aspectos já mencionados e seus riscos, bem como discutir implicações para a população local, uma vez que a proposta será aplicada na cidade onde se localiza esta usina;
4. Em todos os modos de produção de energia elétrica, evidenciar os fenômenos físicos envolvidos, levando à compreensão dos conceitos de energia mecânica, energia potencial gravitacional, energia cinética, energia mecânica, energia nuclear, energia térmica, potência, radioatividade, reações nucleares, entre outros conceitos necessários para o entendimento dos processos de produção de energia elétrica;
5. Ressaltar a importância deste tema na vida dos alunos, para que compreendam a necessidade de participar como cidadãos de decisões a respeito;
6. Evidenciar a importância de compreender a ciência e a tecnologia envolvida nos processos para poder participar ativamente das decisões sobre o tema;
7. Elaborar uma sequência didática sobre o tema Produção de Energia Elétrica, para que esta proposta possa ser aplicada por outros professores no futuro;

Como se lê neste último objetivo, este trabalho terá como produto final uma sequência didática abordando o tema Produção de Energia Elétrica. Em substituição a uma das atividades inicialmente aplicadas na sequência didática, mas que não atingiu o resultado esperado, foi desenvolvido um jogo didático, o qual também fará parte do produto deste trabalho. Tal jogo também aborda o tema Produção de Energia Elétrica e tem como objetivo motivar o aprendizado através da ludicidade.

O lúdico se apresenta no contexto escolar como uma estratégia didática de ensino, uma vez que os educandos se desenvolvem de formas e em tempos diferentes no processo de

aprendizagem, sendo necessária a adoção de estratégias variadas para se alcançar a aprendizagem efetiva. Além disso, o prazer gerado pela atividade lúdica pode motivar o interesse pelo tema, facilitando o processo para o professor e para os alunos. Contudo, o jogo didático apresentado neste trabalho faz parte da sequência didática proposta, de modo que sua aplicação envolve uma preparação e uma articulação com as demais atividades referentes ao tema, não se constituindo apenas como um recurso didático aleatório e descontextualizado, que promete combater o fracasso no ensino de ciências.

O primeiro capítulo deste trabalho apresenta uma breve retrospectiva sobre a educação escolar e o ensino de ciências no Brasil, evidenciando suas peculiaridades e tentando apontar como e quando surgiram as características que ainda marcam a educação e o ensino contemporâneo.

O segundo capítulo apresenta as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, relações estas que dão sentido ao movimento que embasa essa proposta: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Este capítulo mostra como e quando surgiu essa proposta e como ela se faz presente na educação científica.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada nessa pesquisa, a pesquisa-ação, e como ela se aplica ao desenvolvimento deste trabalho.

O quarto capítulo traz os resultados, detalhando como se deu a elaboração da proposta, os resultados de sua aplicação, bem como as mudanças que foram efetuadas para seu melhor aproveitamento e elaboração do produto final.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões deste trabalho.

Os resultados parciais deste trabalho foram objeto de publicação em dezembro de 2016 (CAMPOS et al, 2016).

2 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL E SUAS PECULIARIDADES

Falar sobre o ensino de ciências no Brasil exige uma breve retrospectiva sobre a história da educação escolar, uma vez que esta área específica demorou para ganhar seu lugar e importância na Educação Básica e seu desenvolvimento se deu juntamente com as mudanças que ocorreram no sistema de ensino brasileiro.

A história da educação escolar no Brasil se iniciou em 1822, após a independência do Brasil, quando foi criado, no Rio de Janeiro, o *Imperial Collégio de Pedro II* (doravante Colégio Pedro II), prioritariamente voltado para os filhos da aristocracia carioca, o qual se tornou referência para as demais escolas da Corte e instituições de ensino brasileiras criadas a partir de então. O ensino no Colégio Pedro II foi, por várias décadas, predominantemente humanístico, e até 1925 não existia uma disciplina de Física. As instituições que o tinham como modelo, conseqüentemente, também davam pouca importância ao ensino científico; além disso, o pouco de ciência que era ensinado era puramente expositivo e baseado em manuais didáticos estrangeiros.

No período imperial, houve poucas contribuições a favor ensino de física e de outras ciências naturais, além de ter sido atribuído ao Ensino Secundário um caráter puramente preparatório para os exames de admissão ao Ensino Superior (DIOGO E GOBARA, 2008). Com a queda do império, em 1889, muitas mudanças ocorreram no regime político e na legislação, inclusive pertinentes à educação. Em 1891, o então ministro da Instrução Benjamin Constant foi o responsável pela primeira reforma do ensino público da República, a qual, segundo Nunes (1962), provocou mudanças significativas, tais como:

- Extinção dos exames preparatórios e, em substituição, foram instituídos os exames de suficiência, exames finais e de madureza, que habilitavam para o ingresso no ensino superior;
- Obrigatoriedade da seriação dos estudos;
- Tornou o Colégio Pedro II o padrão do ensino secundário brasileiro, permitindo a equiparação de outros estabelecimentos de ensino a ele.

Com esta reforma, segundo Comte (2006), foram também incluídos conteúdo das ciências fundamentais no currículo, a saber, Matemática, Astronomia, Física, Química, Biologia e Sociologia, marcando, desta forma, a influência da escola positivista na educação brasileira. Esta influência também ficou evidente na Constituição de 1891, com a determinação do ensino laico nos estabelecimentos educacionais públicos (CURY, 1996).

Contudo, as medidas propostas por Benjamin Constant na reforma não se enraizaram, enquanto outras vieram à tona, mantendo o caráter preparatório do Ensino Secundário para exames de admissão ao Ensino Superior e evidenciando a pouca importância dada às disciplinas científicas e ao ensino experimental (DIOGO E GOBARA, 2008).

Ainda no período da Primeira República, em 1911, a Reforma Rivadávia Correia trouxe várias conseqüências para a educação brasileira, influenciadas pelo liberalismo político. Nunes (1962), Chagas (1980) e Sampaio (2004) destacam:

- A permissão do ensino livre, ou seja, ensino sem interferência e sem fiscalização do Estado (CURY, 2009);

- A desoficialização do ensino, o que quer dizer que as instituições de ensino se tornaram autônomas e independentes do Estado e não mais estariam sujeitas ao seu controle (CURY, 2009);
- A extinção dos diplomas de ensino médio, que até então eram validados apenas pelos estabelecimentos oficiais de ensino. Com isso o ensino deixaria de ter como objetivo apenas a obtenção de um pergaminho, mas passaria a ser procurado pelo que tem de alto e digno, o que contribuiria também para acabar com o comércio de diplomas e certificados que havia se instituído. Além disso, os certificados não seriam mais exigidos para ingresso no Ensino Superior, sendo suficiente a aprovação no vestibular, e os diplomas não seriam mais exigidos para o exercício da profissão, sendo substituídos por exames de proficiência (CURY, 2009);
- A instituição de exames de admissão ao Ensino Superior realizados em uma instância única, originando os vestibulares;
- A suspensão do privilégio dos bacharéis do Colégio Pedro II de não necessitar realizar exames para serem admitidos no Ensino Superior.

Esta reforma e suas mudanças trouxeram resultados desastrosos para a educação, pois, com a desoficialização do ensino, foi perdido o controle sobre as instituições e sobre os diplomas, como aponta Almeida Júnior (1953, p. 77):

Durou pouco a experiência, – um quadriênio apenas. Mas êsse breve período bastou para evidenciar que, em lugar de curar os males denunciados pelo Presidente da República, a audaciosa inovação do seu Ministro da Justiça os agravara. Fôra “varrido por um tufão” o ensino secundário, – disse a Comissão de Instrução Pública da Câmara, pois não o estimulavam ao esforço e à seriedade os sumaríssimos exames vestibulares das Academias. Improvisaram-se Universidades; brotaram escolas superiores como cogumelos; proliferou o ensino universitário por correspondência; fez-se dos títulos acadêmicos (que continuavam a valer, a despeito da lei) objeto do mais vergonhoso comércio; tanto que diplomas de médicos, advogados ou engenheiros, diplomas de 60\$000, como vieram a ser conhecidos (porque era êsse, realmente, o seu preço) – inundaram durante dois ou três decênios o mercado profissional do País e das Repúblicas sul-americanas.

Por todos esses motivos, a reforma Rivadavia foi um fracasso para a educação brasileira. Então alguns anos mais tarde, em 1915, a Reforma Carlos Maximiliano veio como uma reação à reforma anterior, revogando a desoficialização e a liberdade de ensino e reestabelecendo a ação imediata da União no Ensino Superior e Secundário (DOSWORTH, 1968 APUD CURY, 2009).

Com a nova reforma, o ensino é reorganizado novamente e, dentre outras medidas, o registro de diplomas é restaurado e são adotados os exames de madureza e os vestibulares. Enquanto os primeiros eram um modo de verificação global da capacidade intelectual dos alunos, realizados somente no Colégio Pedro II ou instituições equiparadas, os últimos possuíam caráter corretor dos primeiros e eram realizados nas faculdades, perante comissões de que participavam professores do Ensino Secundário (NISKIER, 1996; CHAGAS, 1980).

Em resumo, no período da Primeira República, houve progressos muito restritos na organização educacional e a educação científica continuou em segundo plano, com pouca importância (ALMEIDA JÚNIOR, 1980).

Com as grandes modificações na estrutura econômica, política e social do país que ocorreram na década de 20 – a saber, a urbanização, a industrialização, a instalação do capitalismo industrial e a retomada de princípios do Liberalismo (eleições democráticas, liberdade de expressão, direitos civis, liberdade de imprensa, liberdade religiosa, livre comércio, igualdade de gênero e o estado laico - ao final desta década, a educação passou a ser vista com um importante papel no progresso do país, o de formar um novo homem brasileiro, capaz de acompanhar esse progresso. Nesse contexto, o ensino de ciências passou a se destacar como essencial para este papel (NAGLE, 1974). No entanto, na prática, não houve grandes mudanças, e a educação científica manteve as características provenientes do período colonial (ALMEIDA JÚNIOR, 1980).

A partir de 1930, as mudanças iniciadas na década anterior se consolidaram e a população urbana passou a crescer cada vez mais, o capitalismo industrial se enraizou e com isso veio a necessidade de uma população preparada para o mercado de trabalho. Desta forma, a educação não poderia ser mais privilégio apenas das classes dominantes, mas deveria ser universalizada, atingindo maior contingente da população (ROMANELLI, 1987).

Neste contexto de valorização e aumento da demanda pela educação surgiram dois grupos, representantes de interesses opostos, que disputaram entre si as determinações que deveriam ser dadas à educação, em todo o período entre 1930 e 1964:

- Os liberais ou renovadores: defendiam a escola pública, gratuita e obrigatória, a laicidade do ensino público e a co-educação;
- Os católicos ou conservadores: contrários às reivindicações dos renovadores; defendiam a manutenção da escola tradicional e da ordem social, política e econômica da Primeira República. (ROMANELLI, 1987 apud DIOGO E GOBARA, 2008)

Nos anos de 1931 e 1932, durante o governo provisório de Getúlio Vargas, a Reforma Francisco Campos trouxe algumas transformações de grande significado para a educação. Romanelli (1987) aponta as mais importantes:

- O Ensino Secundário teve seu currículo seriado, sendo constituído de dois ciclos: o primeiro, ou Fundamental, com duração de cinco anos, tinha o objetivo de formar o cidadão, preparando o indivíduo para a vida em sociedade; o segundo ciclo, ou

Complementar, com duração de dois anos, visava à preparação para os exames de ingresso ao Ensino Superior;

- O sistema avaliativo se tornou rígido e massacrante, com uma quantidade excessiva de provas e exames;
- Não havia possibilidade de transferência entre os Cursos Técnicos e o Ensino Secundário;
- Somente o Ensino Secundário permitia o acesso ao Ensino Superior;
- O Ensino Secundário ficou restrito às elites, pois os trabalhadores procuravam os Cursos Técnicos;
- O ensino de física e de outras ciências naturais visava apenas à preparação para os exames de ingresso ao Ensino Superior, mantendo seu caráter expositivo, generalista e superficial (ALMEIDA JÚNIOR, 1980).

Entre os anos de 1942 e 1946, foi publicado um conjunto de decretos que ficaram conhecidos como Leis Orgânicas do Ensino, ou Reforma Capanema. Estas leis abrangeram todos os níveis e tipos de ensino e deram origem ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e ao Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac). Com estas leis, o Ensino Secundário, além de manter as características atribuídas pela reforma anterior, passou a ter como finalidade a formação do homem, o despertar do patriotismo e a preparação para o acesso ao Ensino Superior, reforçando seu caráter propedêutico e sua diferenciação dos Cursos Técnicos. Além disso, em relação à sua estrutura, o Ensino Secundário passou a ser dividido em dois novos ciclos: o Ginásio, ou Fundamental, com quatro anos de duração, e o Colegial, ou Complementar, com duração de três anos. O Colegial, por sua vez, foi subdividido em dois cursos: Clássico e Científico. Esta subdivisão parecia representar uma iniciativa para uma educação científica de qualidade, no entanto, em ambas as modalidades prevaleciam as disciplinas de humanidades e mantinha-se o caráter enciclopédico e propedêutico (ROMANELLI, 1987; KRASILCHIK, 1987).

Almeida Júnior (1980) aponta, ainda, outra dificuldade da educação científica neste período: a formação insatisfatória e insuficiente de professores de Física, o que levava, muitas vezes, profissionais de outras áreas, sem preparação, ou mesmo licenciados em Física mal preparados, a lecionarem essa disciplina, agravando ainda mais a situação.

Ao mesmo tempo, os processos de industrialização e desenvolvimento tecnológico que ocorriam no mundo na segunda metade do século XX influenciaram fortemente a educação. O lançamento da Sputnik pela União Soviética, em 1956, por exemplo, acarretou um enorme investimento na educação nos Estados Unidos, que tinha por objetivo superar a defasagem do domínio científico-tecnológico demonstrada por essa conquista soviética. Com isso, grandes projetos de renovação curricular surgiram nos Estados Unidos e na Europa visando ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia (DIOGO E GOBARA, 2008).

Esses projetos internacionais também influenciaram a educação no Brasil. Contudo, antes que a pesquisa em ensino de ciências começasse a se desenvolver no país, em 20 de dezembro de 1961, foi promulgada a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que trouxe algumas mudanças significativas para o sistema educacional, entre elas (SAVIANI, 2004; ROMANELLI, 1987):

- A estrutura do Ensino Médio foi mantida, porém, passou a ser permitido o trânsito entre diferentes ramos de ensino (Industrial, Agrícola, Comercial, Secundário e Normal);

- O acesso ao Ensino Superior seria através do vestibular e permitido para qualquer um dos ramos;
- A flexibilização e descentralização do currículo: os estados e os estabelecimentos de ensino teriam permissão para incluir disciplinas no currículo mínimo definido em nível federal;
- O currículo de ciências foi ampliado e o número de aulas das disciplinas científicas foi aumentado.
- A disciplina “Iniciação à Ciência” foi incluída desde a primeira série do curso Ginásial.

Mesmo com todos esses progressos, por falta de recursos materiais e humanos, na prática, pouco foi efetivado. Os currículos, por exemplo, eram mantidos como antes ou eram improvisados, as exigências dos exames vestibulares contribuíam para que as melhorias não fossem aplicadas, pois o objetivo no Ensino Secundário continuou sendo a preparação para esses exames. Embora esta nova lei refletisse a importância da educação científica para o progresso e desenvolvimento da nação, “a influência dos exames vestibulares que exigiam conhecimentos principalmente em termos de memorização” mantinham a péssima qualidade do ensino de ciências e de física (DIOGO E GOBARA, 2008).

No final da década de 60, por influência internacional, começaram a ser desenvolvidos no Brasil projetos que visavam à reforma do ensino e, no que tange à educação científica, tinham como propósitos: a renovação do currículo, a incorporação da atividade experimental, a substituição dos métodos expositivos por métodos mais modernos, a mudança do referencial de ensino, de livros para projetos, e a vinculação do processo intelectual à investigação científica, incorporando o método científico no desenvolvimentos das disciplinas (KRASILCHIK, 1987; MOREIRA, 2000 APUD DIOGO E GOBARA, 2008). Contudo, muitos eram os obstáculos para alcançar esses propósitos e uma educação científica de qualidade. Almeida Júnior (1980), Krasilchik (1987) e Moreira (2000) destacam alguns desses obstáculos:

- Os programas oficiais, que deveriam ser seguidos;
- O reduzido número de aulas das disciplinas científicas;
- As dificuldades dos professores, devido à má formação;
- A falta de articulação entre as disciplinas;
- A falta de recursos e laboratórios;
- A forte influência dos livros didáticos tradicionais;
- O despreparo prático-experimental dos professores;
- A baixa remuneração dos professores e o excesso de trabalho em decorrência disto;

Mesmo com todos esses obstáculos, alguns professores se esforçaram individualmente para a mudança deste cenário e, com isso, surgiram muitos professores pesquisadores que buscavam trocar ideias para a melhoria do ensino de ciências (ALMEIDA JÚNIOR, 1980).

Os projetos de renovação do ensino de ciências, embora não tenham apresentado muitos resultados concretos, contribuíram muito para o desenvolvimento da pesquisa nessa área e com isso surgiram diversas vertentes no ensino de física, por exemplo, ao longo das décadas de setenta a noventa (MOREIRA, 2000). Entre elas estão:

- Física do cotidiano;
- Equipamentos de baixo custo;
- Ciência, tecnologia e sociedade;
- História e filosofia da ciência;
- Física contemporânea;
- Novas tecnologias.

De um modo geral, todas essas vertentes buscavam superar as dificuldades anteriormente apresentadas sobre o ensino de física, especialmente seu caráter propedêutico.

A partir de 1999, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) vieram traçar uma nova perspectiva para o ensino de ciências no ensino médio. Moreira (2000) apresenta as principais habilidades e competências propostas para o ensino de física. Resumidamente, as mais importantes são:

- Sobre representação e comunicação: compreender códigos, símbolos físicos, manuais de utilização e instalação de aparelhos; utilizar e interpretar gráficos, tabelas e relações matemáticas; utilizar corretamente a linguagem física; conhecer, interpretar e saber obter informações de cunho científico.
- Sobre investigação e compreensão: desenvolver a capacidade de investigação; conhecer, compreender e utilizar conceitos físicos, leis e teorias; relacionar grandezas e quantificar parâmetros; compreender a física presente no cotidiano e nas tecnologias; construir e investigar situações-problema; articular os diversos conhecimentos com a física.
- Sobre contextualização sócio-cultural: reconhecer a física enquanto construção humana e os aspectos históricos, culturais, sociais, políticos e econômicos que a influenciaram; reconhecer o papel da física no sistema produtivo e no desenvolvimento tecnológico e científico; dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia; relacionar o conhecimento físico e a cultura humana; avaliar criticamente situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos.

Este documento trouxe uma nova perspectiva para o ensino de física e de ciências de uma forma geral, uma vez que o foco não está mais no treinamento para exames e vestibulares, mas sim na formação do cidadão e na compreensão do mundo e da tecnologia. Contudo, para que este objetivo seja alcançado é necessária uma mudança concreta nos métodos de ensino e uma atualização curricular.

3 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

3.1 As Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade

As relações entre a ciência e a tecnologia são evidentes, tendo em vista que os avanços da ciência promovem o desenvolvimento tecnológico, enquanto, frequentemente, este último fornece novos instrumentos para o avanço do conhecimento científico. A tecnologia, por sua vez, serve à sociedade, oferecendo conforto e bem-estar, através, por exemplo, de transporte, comunicação, saúde e entretenimento. A crescente dependência da sociedade pelos produtos da tecnologia faz com que as relações entre a ciência e a tecnologia sejam ampliadas, envolvendo toda a sociedade. Contudo, estas relações não são tão simples e diretas, pois o desenvolvimento tecnológico não promove apenas vantagens e benefícios, mas possui efeitos secundários que podem ser desastrosos e causar danos irreparáveis na sociedade e no meio ambiente, ou seja, os avanços da ciência e o desenvolvimento tecnológico não implicam, necessariamente, em melhores condições de vida para a sociedade. Como afirma Chrispino:

“Há vantagens e benefícios, mas há também efeitos secundários que podem surgir a curto, médio e longo prazos. Há grupos sociais que, além de não serem beneficiados com o resultado tecnológico, podem sofrer perdas e restrições com a disseminação do aparato tecnológico.” (CHRISPINO, 2009)

Como exemplos de benefícios que a ciência e a tecnologia trouxeram para a sociedade podem-se incluir as vacinas e os medicamentos, as técnicas de diagnóstico, os transplantes de órgãos e diversos outros tipos de cirurgias, entre outras tecnologias da medicina; as tecnologias de informação e comunicação, tais como computadores, celulares e satélites; a energia elétrica; as tecnologias para a agricultura; as máquinas industriais; os milhares de eletrodomésticos que facilitam o dia-a-dia das pessoas; enfim, uma infinidade de aparatos tecnológicos que promovem conforto e bem-estar para a sociedade. Por outro lado, a ciência e a tecnologia também produziram objetos que impactaram negativamente a vida das pessoas, como, por exemplo, as armas de destruição em massa, especialmente as nucleares, além das graves consequências da produção tecnológica para a sociedade e o meio ambiente, como os acidentes industriais, as chuvas ácidas, a diminuição da camada de ozônio e o aquecimento global. Deste modo, fica claro como a sociedade está diretamente envolvida com a ciência e a tecnologia.

Contudo, descrever as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade não se resume apenas em benefícios e malefícios que um exerce sobre outro. Os efeitos dessas relações são mútuos. A produção de novos conhecimentos pela ciência estimula os avanços tecnológicos, assim como os avanços tecnológicos podem limitar ou ampliar os progressos da ciência. A tecnologia influencia o estilo de vida da sociedade, do mesmo modo que a sociedade influencia o desenvolvimento de novas tecnologias por meio de suas necessidades e de pressões de órgãos públicos ou privados. A ciência influencia o pensamento da sociedade com o desenvolvimento de teorias científicas, assim como a sociedade influencia o direcionamento das pesquisas científicas por meio de investimentos e outras pressões (MCKAVANAGH E MAHER, 1982 apud SANTOS E MORTIMER, 2002).

Apesar de ser clara a reciprocidade dessas relações, não há democracia quando se trata do poder de decisão sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, pois este ocorre de maneira desordenada, atendendo muito mais aos interesses do mercado do que outras reais necessidades humanas, de modo que exerce uma influência poderosa sobre o comportamento humano, nem sempre positiva.

Ao invés de as necessidades humanas definirem as necessidades de produção – o que seria a norma para uma sociedade verdadeiramente humana – são as necessidades do funcionamento do sistema que irão criar as “falsas necessidades” de consumo (..) E o sistema criou o homem à sua imagem e semelhança e lhe disse: Não terás outros deuses diante de mim! (ALVES, 1968: 20).

Isto coloca em questão o poder de decisão que a ciência possui sobre o desenvolvimento tecnológico, ou seja: as questões políticas e éticas sobre a produção tecnológica devem ser determinadas apenas pelos cientistas, pela sociedade como um todo, ou ainda, por ambos?

O poder de decisão sobre os temas de ciência e tecnologia é detido, normalmente, pelos especialistas, que têm acesso às informações e ao conhecimento científico. Estes normalmente trabalham a favor do sistema econômico e, por vezes, contra a sociedade, pois omitem informações relevantes que seriam de interesse da população geral. Este modelo de desenvolvimento precisa ser questionado no que se refere a uma participação mais democrática da sociedade nestas relações e uma atenção maior às necessidades da comunidade (SANTOS E MORTIMER, 2002). Porém, isto leva a outra questão: como poderia a sociedade participar dos processos decisórios se não possuir conhecimento sobre os processos científicos?

3.2 O Movimento CTS

Diante do agravamento dos problemas ambientais e dos impactos negativos gerados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, a partir da década de 60, grupos de ativistas buscavam chamar a atenção da sociedade sobre as consequências do uso da tecnologia e sobre os aspectos éticos da ciência. Essas manifestações foram abrindo espaços para que estes temas fossem mais presentes nos debates sociais e políticos, levando, inclusive, à criação de associações voltadas para estas temáticas. Buscava-se despertar uma preocupação com os impactos econômicos, sociais, ambientais, políticos, éticos e culturais da ciência e tecnologia e uma participação maior da sociedade nas decisões sobre tais assuntos. Por meio desses movimentos, parcelas cada vez maiores da população foram se conscientizando a respeito desses impactos (SANTOS e MORTIMER, 2001; CHRISPINO, 2009).

O movimento CTS surgiu, então, em um contexto marcado pela crítica ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico e contra a visão da ciência como atividade neutra, desinteressada e sem responsabilidade em relação ao seu uso inadequado. Em lugar disso, uma nova concepção da ciência foi estabelecida, tornando-se, juntamente com a tecnologia, um processo social (SANTOS E MORTIMER, 2001; SANTOS, 2008). O

desenvolvimento da ciência possui implicações sociais, políticas, ambientais, econômicas e culturais e, portanto, não pode ser considerada como uma atividade neutra que, somente, diz respeito aos especialistas. É necessário que a sociedade tenha acesso à informação e participe dos processos decisórios a respeito de ciência e tecnologia.

A origem do movimento CTS não foi um despertar de consciência que ocorreu da noite para o dia, mas foi um longo processo que se iniciou antes da década de 60, período marcado por acontecimentos de grande impacto no mundo. Garcia, Cerezo e Lopez (1996), apresentam a história do movimento CTS dividida em três períodos.

O primeiro período, descrito pelos autores, foi considerado um período de otimismo em relação à ciência e à tecnologia, marcado pelo fim da Segunda Guerra Mundial (1945), em que estas eram vistas como as únicas responsáveis pelo progresso humano, de modo que detinham total poder sobre a sociedade. Todo o resultado do desenvolvimento científico e tecnológico era aplaudido sem questionamentos.

Em seguida veio um período de alerta, marcado, inicialmente, pelo lançamento da Sputnik (1957) e pelos primeiros acidentes nucleares graves. Neste período os grandes desastres produzidos pela tecnologia fora de controle a tornaram vilã e alvo de movimentos sociais e políticos, pois a sociedade começou a ter consciência dos impactos negativos provocados pelo desenvolvimento tecnológico. O fim deste período ficou marcado pelas revoltas contra a Guerra do Vietnã e o movimento de contra-cultura (1968).

O terceiro período, que teve início em 1969, foi um período de reação ao domínio da ciência e da tecnologia, a ideia concebida no primeiro período, do progresso unidirecional foi questionada. Muitos autores consideram este período o início do movimento CTS (CHRISPINO, 2009; SANTOS, 2008), pois ocorreu sua consolidação educativa e administrativa. O movimento se constituiu como uma resposta à sensibilização social sobre os impactos da ciência e da tecnologia (GARCIA et al, 1996).

Contudo, o movimento CTS não representava um movimento contra a tecnologia, mas propriamente contra o modelo de desenvolvimento tecnológico que vinha acontecendo até então (FOUREZ, 1997). A produção científica e tecnológica trazia, principalmente, muitos benefícios para a sociedade, porém, o que não era avaliado eram as consequências desse desenvolvimento e a que custo ele se dava. O movimento CTS trouxe ao foco questionamentos sobre a falta de critérios e responsabilidades sobre essa produção, bem como sua real necessidade. A grande questão era que a solução dos problemas não provinha da produção de mais ciência e mais tecnologia, mas sim da produção de um tipo diferente de tecnologia.

3.3 A Educação e o Movimento CTS

Os grandes impactos causados pela tecnologia ao meio ambiente, ocorridos na década de 50, não provocavam reação na sociedade. O motivo desta falta de interesse era, talvez, o fato de a sociedade não compreender a gravidade destes impactos, pois não possuía instrumentos cognitivos para lidar com os temas tecnocientíficos.

Desta forma, a necessidade de a sociedade participar dos processos decisórios a respeito de ciência e tecnologia levou o ensino de ciências a uma mudança em seus propósitos a partir da década de 70 (SANTOS E MORTIMER, 2002; SANTOS 2007; SANTOS, 2008). Nas décadas de 50 e 60, o ensino de ciências tinha como objetivo o incentivo à formação de cientistas e a educação de jovens para agir como cientistas na sociedade (SANTOS, 2007), porém, com o advento do movimento CTS o ensino de ciências passou a ter como objetivo o entendimento da ciência para formação de cidadãos. Esta mudança se iniciou nos países

européus e norte-americanos e teve como resultado o desenvolvimento de diversos projetos curriculares CTS destinados ao Ensino Médio (SANTOS E MORTIMER, 2001).

Neste contexto, o movimento CTS se consolidou em sua forma educativa, tendo como principal objetivo a alfabetização¹ científica e tecnológica da sociedade (FOUREZ, 1995; SANTOS E SCHENETZLER, 1997; SANTOS E MORTIMER, 2001; SANTOS 2007) o que significa, oferecer à sociedade meios para “ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia” (KRASILCHIK E MARANDINO, 2004, P. 26). A participação ativa da sociedade nos processos decisórios sobre ciência e tecnologia é fundamental, não apenas para descentralizar o poder das mãos da ciência, mas também para promover o indivíduo como cidadão, uma vez que ele é o principal interessado pelos produtos da ciência e da tecnologia. Para que esta participação seja efetiva, o indivíduo precisa ser alfabetizado científica e tecnologicamente. De acordo com Fourez:

Para ser um indivíduo autônomo e um cidadão participativo em uma sociedade altamente tecnizada deve-se ser científica e tecnologicamente “alfabetizado”. Sem certas representações que permitem apreender o que está em jogo no discurso dos especialistas, as pessoas arriscam-se a se verem tão indefesas quanto os analfabetos em uma sociedade onde reina a escrita. (FOUREZ, 1995, p.222)

Somente uma sociedade esclarecida e capacitada a compreender o desenvolvimento da ciência e da tecnologia está apta a questionar as decisões tomadas nesses desenvolvimentos e participar dos processos decisórios. É preciso, portanto, que a sociedade seja capaz de avaliar as consequências sociais e ambientais a curto, médio e longo prazo, bem como os benefícios que determinada tecnologia irá proporcionar. Para isto, é preciso conhecer e compreender a ciência e a tecnologia, ou seja, a sociedade precisa estar alfabetizada tecnocientificamente.

Os currículos CTS começaram, então, a ser desenvolvidos com este propósito, promover a alfabetização em ciência e tecnologia de modo a capacitar o cidadão para participar democraticamente dos processos de tomada de decisões e promover a ação cidadã encaminhada para a solução de problemas referentes ao tema (WAKS, 1990). Para isto a educação com enfoque CTS deve desenvolver habilidades como:

“a auto-estima, comunicação escrita e oral, pensamento lógico e racional para solucionar problemas, tomada de decisão, aprendizado colaborativo/cooperativo, responsabilidade social, exercício da cidadania, flexibilidade cognitiva e

1 O termo alfabetização científica pode ser substituído por letramento científico. Alguns autores priorizam este último por entenderem que expressa melhor a condição de não apenas compreender a linguagem científica e tecnológica, mas utilizá-la para práticas sociais (WAKS, 1990; SANTOS E MORTIMER, 2001). Entende-se que ambos se referem ao processo de educação científica para o exercício da cidadania, de modo que nenhum dos termos prejudica seu significado (CHASSOT, 2000; KRASILCHIK E MARANDINO, 2004).

interesse em atuar em questões sociais.”
(HOFSTEIN et al apud SANTOS E MORTIMER,
2001)

Além destas habilidades, é objetivo da educação CTS o desenvolvimento de valores como os de solidariedade, de fraternidade, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e generosidade, ou seja, valores vinculados aos interesses coletivos e relacionados às necessidades humanas. Tais valores levam ao questionamento do desenvolvimento científico e tecnológico de ordem capitalista, onde os aspectos econômicos se sobressaem (SANTOS E MORTIMER, 2002; SANTOS, 2007).

Neste sentido, este modelo de educação científica não se resume à abordagem de conhecimentos técnicos sobre ciência e tecnologia, mas deve tratar, também, de suas implicações para a sociedade e o meio ambiente. Além disso, a ciência não é uma atividade neutra, mas envolve ética e política. Portanto é fundamental que o contexto econômico e político em que se produz ciência e tecnologia também seja abordado. O conhecimento tecnocientífico é a base necessária para o entendimento de tais questões, porém é preciso desenvolver habilidades para utilizar esse conhecimento, valores para a tomada de decisões responsáveis e a capacidade para transformar habilidades e valores em ação.

Para Santos e Mortimer (2001), o principal objetivo da educação CTS é capacitar os estudantes para a tomada de decisão e para uma ação social responsável. Em sua pesquisa, os autores discutem, ainda, como se dão esses processos através do ensino de ciências. Eles apresentam diversos modelos normativos de processos de tomada de decisão, propostos por outros autores, que poderiam ser aplicados em uma proposta CTS. No entanto, concluem que uma abordagem CTS que tenha por objetivo a tomada de decisões não pode se resumir a um método tecnocrático ou decisionista², o qual seja baseado apenas na razão e em aspectos técnicos, uma vez que as questões de CTS envolvem aspectos valorativos, culturais e éticos. Ao contrário, o modelo pragmático-político seria o mais indicado, uma vez que ele prevê negociação entre os especialistas e os cidadãos, de modo que o debate público irá fornecer uma solução que atenda aos interesses da maioria. Portanto, a educação científica para a cidadania não deve fornecer soluções prontas para os problemas em questão, nem deve propor ou impor um modelo certo ou errado, mas apenas fornecer a informação, levantar os questionamentos e apontar os critérios, cabendo à cada aluno individualmente, mediante debates coletivos, decidir o que é ou não aceitável.

O processo de tomada de decisão vai além da capacidade de argumentar e expressar ideias, envolve a capacidade de ouvir opiniões divergentes, avaliar e negociar a solução de interesse comum (SANTOS E MORTIMER, 2001).

Este processo desenvolvido por uma educação científica com enfoque CTS é uma das características que a diferencia do ensino tradicional de ciências. Enquanto neste último a resolução de um problema tem um resultado único e exato, previamente definido e esperado, na abordagem CTS, os problemas são reais e concretos, nem sempre expressamente definidos, e fazem parte da vida do aluno, de modo que não há apenas uma solução, mas pode abordar alternativas múltiplas de caráter subjetivo.

2 Os processos de tomada de decisões sobre temas de CTS podem ser descritos pelos modelos tecnocráticos, decisionistas e pragmático-políticos. No modelo tecnocrático, a decisão é tomada pelos especialistas. No modelo decisionista, os cidadãos determinam as condições e os critérios para que os especialistas escolhidos tomem as decisões. No modelo pragmático-político a decisão é conjunta entre especialistas e cidadãos (SANTOS E MORTIMER, 2001).

O ensino de ciências com uma abordagem CTS tem como objetivo, segundo Santos e Mortimer (2001), além de desenvolver a tomada de decisões, preparar os cidadãos para o controle social da ciência e da tecnologia. Para isto, é preciso que a educação CTS desenvolva valores éticos para o compromisso com a sociedade. Este processo é chamado educação para ação social responsável, ou seja, juntamente com a tomada de decisão, é preciso uma tomada de consciência sobre os problemas sociais e agir com responsabilidade sobre esses problemas.

A educação para ação social responsável busca formar um cidadão responsável, o qual se preocupa com os impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e luta por mudanças que resultem em melhores condições de vida para todos.

Formar cidadãos para participar ativamente dos processos decisórios da sociedade implica em ir além do ensino conceitual; envolve desenvolver habilidades para a tomada de decisões e a prática de ações sociais responsáveis. Para isto, é preciso desenvolver nos alunos atitudes e valores, através do questionamento do modelo atual de desenvolvimento científico e tecnológico e a reflexão sobre suas implicações para a sociedade e o meio ambiente, de modo que sejam encorajadas uma mudança de atitude pessoal e a prática de ações que busquem uma melhor qualidade de vida para todos.

Neste sentido, uma educação científica com enfoque CTS não pode ser reduzida à explicação de princípios, fenômenos e conceitos relativos à ciência e à tecnologia, nem mesmo em apontar as consequências do desenvolvimento científico e tecnológico sem questioná-los. É fundamental que se aborde questões políticas, éticas, culturais, econômicas, sociais e ambientais sobre ciência e tecnologia.

3.4 Abordagem Temática com Enfoque CTS

Uma mudança nos propósitos da educação científica não pode ser associada ao estudo de situações hipotéticas, abstratas e distantes da vida dos alunos, mas deve vir acompanhada de novos métodos de ensino, que busquem aproximar os conteúdos programáticos da realidade e do contexto existencial deles. Neste sentido, a abordagem de temas que envolvam problemas reais é apontada por diversos autores como a melhor forma de desenvolver atitudes de tomada de decisão, que é um dos propósitos da abordagem CTS (SANTOS, 2008).

A proposta de educação CTS, em sua acepção original, já vem atrelada a uma abordagem temática (DELIZOICOV et al, 2002), contudo, com o desenvolvimento da pesquisa nesta área, os temas foram tomando uma importância cada vez maior. Paulo Freire (1970, 1987) reforçava esta importância, mesmo não se referindo à abordagem CTS, pois acreditava que somente através do diálogo mediado pelas condições de existência do indivíduo seria possível sua conscientização e libertação, o que se concretiza organizando o conteúdo programático através de temas geradores que retratem a situação presente, existencial, concreta, refletindo o conjunto de aspirações do povo. Ele acreditava que os temas permitem o estabelecimento de relações de homens e mulheres com o mundo (SANTOS, 2008).

Desta forma, os temas abordados em educação com enfoque CTS devem ter um significado real para os alunos, envolvendo-os na solução de uma situação problema, de modo que os levem a assumir um compromisso social. Os temas não devem simular questões distantes da vida dos alunos, mas reproduzir as suas realidades (RANSEY, 1993). Mais do que isso, devem ser temas científicos ou tecnológicos e potencialmente problemáticos do ponto de vista social (RUBBA, 1991; RANSEY, 1993; SANTOS, 2002).

Um tema social relativo à ciência pode ser identificado a partir de três critérios apontados por Ransey (1993):

1. Deve abordar um problema de natureza controvertida;
2. Deve ter um significado social;
3. Deve ser relativo à ciência e à tecnologia.

O primeiro critério significa que devem existir opiniões diversas sobre o tema, de modo que incentive um debate, uma comunhão de diferentes ideias e discutam-se possibilidades diversas para encontrar uma solução. Já o segundo critério quer dizer que o tema deve ser, de fato, um problema que envolva a sociedade, que atinja a sociedade, de modo que a sua solução melhore as condições de vida da sociedade. Quando se fala em sociedade, o aluno deve se enxergar como parte dela, pois ao se deparar com um problema que atinja a si mesmo, se envolverá e se empenhará na busca de sua solução (RUBBA, 1991; RANSEY, 1993; PATRONIS et al, 1999).

Quanto ao terceiro critério, quer dizer que não basta ser um problema social; deve ser relativo à ciência ou à tecnologia, uma vez que a proposta é promover a educação científica. No entanto, ser relativo à ciência e à tecnologia não significa se restringir a saber como um determinado aparato tecnológico funciona ou qual a ciência envolvida em uma determinada situação, mas quer dizer estudar as implicações da ciência e da tecnologia em um determinado produto ou situação em todos os seus aspectos: sociais, ambientais, históricos, econômicos, éticos e culturais.

Ao discutir os temas em uma abordagem CTS, os alunos precisam compreender seu poder de influência como cidadãos e ser incentivados a participar democraticamente das decisões sobre ciência e tecnologia, expondo suas opiniões e lutando por seus ideais, o que pode ser colocado em prática atuando em grupos sociais organizados ou até mesmo exercendo seus direitos de consumidor (SANTOS, 2002). Atualmente, as redes sociais e a internet, como um todo, representam uma nova forma potencial e democrática de participar ativamente de discussões que envolvam a sociedade, seja utilizando-as para a formação de grupos sociais organizados em prol de um mesmo objetivo ou seja individualmente, como forma de divulgação de informações, expressão de opiniões, defesa de ideais e até mesmo participar de votações. Porém, para que elas sejam ferramentas realmente eficientes para o exercício dos direitos como cidadãos, é preciso conhecimento e informação.

Enfim, a utilização da abordagem temática envolvendo questões sociais problemáticas vinculadas à realidade dos alunos é fundamental para o desenvolvimento de atitudes e valores para a formação de um cidadão crítico e participativo, o que exige uma mudança nas práticas pedagógicas em sala de aula, no sentido de substituir o emprego de situações hipotéticas para cálculos de grandezas ou memorização de conceitos por temas científicos e tecnológicos envolvendo todos os seus aspectos.

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa-ação e Educação

A metodologia escolhida para fundamentar este trabalho foi a Pesquisa-ação, uma metodologia de caráter participativo. Este tipo de metodologia preocupa-se com a participação ativa dos grupos sociais nos processos de tomada de decisões sobre assuntos de seu interesse, envolvendo diretamente os sujeitos da pesquisa em um processo de reflexão, análise da realidade, produção de conhecimentos e enfrentamento de problemas. No caso da Pesquisa-ação, especificamente, isso remete também à necessidade de promover maior articulação entre a teoria e a prática na produção de novos saberes (TOLEDO e JACOBI, 2013).

A combinação de pesquisa-ação e a educação vem sendo praticada desde 1929 por Dewey em seus trabalhos, “que ressaltavam a importância de pesquisas sobre a prática escolar e a obtenção de melhores resultados a partir do envolvimento dos sujeitos nesse processo” (EL ANDALOUSSI, 2004 apud TOLEDO E JACOBI, 2013). Nessa linha, destacam-se, também, “os trabalhos desenvolvidos por Stephen Corey, na década de 1950, sobre experimentação do currículo procurando, da mesma maneira, incorporar à prática educativa resultados identificados por meio da pesquisa” (TOLEDO E JACOBI, 2013).

Nas décadas de 1960 e 1970, as pesquisas-participantes surgem na América Latina nos trabalhos de Paulo Freire, Carlos Rodrigues Brandão, Danilo Strech e outros, que se preocupavam com “a participação de grupos sociais considerados excluídos na tomada de decisão sobre problemas coletivos” (TOLEDO E JACOBI, 2013). Paulo Freire se destaca neste contexto, principalmente na área da educação, pois em seus trabalhos fica evidente “a importância da reflexão crítica dos sujeitos sobre suas práticas e da problematização da realidade para seu enfrentamento” (TOLEDO E JACOBI, 2013). Nas décadas seguintes, René Barbier e Michel Thiollent, com seus trabalhos, intensificam esta modalidade de pesquisa no Brasil.

No campo da educação, particularmente, a Pesquisa-ação enfatiza a postura investigativa do professor para aprimorar sua prática e sua tendência a desencadear mudanças nas políticas e práticas institucionais que sustentam a educação.

Assim, ao posicionar-se como um instrumento de investigação e ação à disposição da sociedade, a pesquisa-ação exerce também uma função política, oferecendo subsídios para que, por meio da interação entre pesquisadores e atores sociais implicados na situação investigada, sejam encontradas respostas e soluções capazes de promover a transformação de representações e mobilizar os sujeitos para ações práticas. (TOLEDO E JACOBI, 2013)

O caráter de investigação/ação da pesquisa-ação, voltado para solução de problemas sociais e posicionamento nos processos de tomada de decisão envolvendo diretamente os sujeitos da pesquisa, evidencia sua convergência com os princípios do movimento CTS na educação. Enquanto o CTS define os propósitos da educação científica diante destas

necessidades, a Pesquisa-ação auxiliará na definição de como isto será colocado em prática, ou seja, definirá os métodos que serão utilizados para alcançar os propósitos do CTS.

Segundo Thiollent (2011), ao se desenvolver uma pesquisa-ação é preciso equilibrar objetivos práticos e objetivos de conhecimento, uma vez que neste tipo de pesquisa as intervenções e a produção de conhecimentos se interrelacionam. Os objetivos práticos, ou instrumentais, conduzirão às soluções dos problemas, enquanto os objetivos de conhecimento, ou educacionais, contribuirão para o esclarecimento da problemática em evidência e conduzirão às ações transformadoras. Neste sentido, ao se utilizar da pesquisa-ação na educação, pretende-se encontrar novos caminhos para educação, novas metodologias que transformem a realidade, mas, por outro lado, pretende-se também promover a reflexão sobre essas práticas e seus propósitos, para que continuem em desenvolvimento e sua importância seja reconhecida.

Segundo Lewin (1946), a pesquisa-ação deve ser organizada em três fases fundamentais:

- 1) Planejamento;
- 2) Ação;
- 3) Encontro de fatos sobre os resultados da ação.

Contudo, essas fases não representam um começo, meio e fim para a pesquisa, mas devem ser desenvolvidas de forma semelhante a uma espiral cíclica, ou seja, a fase do planejamento deve ser retomada após a terceira fase, de modo que os resultados da ação sejam incorporados ao novo planejamento, o que torna as ações cada vez mais ajustadas às necessidades coletivas. O esquema apresentado na figura 1 representa a organização da pesquisa ação segundo o autor.



Figura 1: Organização da pesquisa-ação segundo Lewin (1946).

Neste trabalho, este formato de organização será adotado, de modo que o planejamento será constante e mutável. De acordo com as necessidades observadas, sempre haverá possibilidade de refazê-lo, adequando-o ao contexto e ao público, e, com isso, contribuindo para que a ação se torne cada vez mais ajustada às necessidades.

O planejamento se refere à escolha do tema e elaboração da sequência didática, incluindo todas as atividades e avaliações que serão desenvolvidas. Já a ação consiste da aplicação da sequência, aula após aula e as atividades que serão desenvolvidas. Por último, os resultados poderão ser obtidos através da observação do dia-a-dia, das avaliações e reações dos sujeitos diante da ação, inclusive das dificuldades do professor (pesquisador), permitindo, desta forma, que o planejamento seja refeito e as ações sejam modificadas a cada aula, adequando as atividades às necessidades identificadas.

Assim, a metodologia da pesquisa-ação é considerada um sistema aberto, isso porque diferentes rumos podem ser tomados no decorrer do seu desenvolvimento em função das demandas encontradas. Inicia-se evidentemente com um planejamento. Porém, conforme afirma Thiollent (2011), há um ponto de partida, que é a fase exploratória, e um ponto de chegada, referindo-se à divulgação dos resultados, mas no intervalo haverá uma multiplicidade de caminhos em função das diferentes situações diagnosticadas ao longo do processo (TOLEDO E JACOBI, 2013).

Na pesquisa-ação, a ação é desenvolvida ao longo da pesquisa e não, necessariamente ao final, como é comum em outros tipos de pesquisa. Neste caso, a ação, que é a aplicação da sequência elaborada, ocorrerá simultaneamente com seu planejamento e com a análise dos resultados, de modo que os sujeitos da pesquisa, professor e alunos, atuem ativamente nela. Será por meio do comportamento, das dificuldades, das indagações dos sujeitos que a o planejamento será refeito e a ação modificada.

Esta modalidade de pesquisa não tem pretensão de simplesmente resolver um problema exclusivo, sem se preocupar com suas causas e consequências e nem mesmo de desencadear uma ação experimental a serviço da pesquisa, mas pretende, através da ação, criar a necessidade de novas pesquisas que se complementarão para promover efetivamente a transformação social (EL ANDALOUSSI, 2004). Neste sentido, a pesquisa desenvolvida neste trabalho não pretende resolver os problemas da educação em ciências aqui abordados, mas tem intenção de apresentar uma proposta que será colocada em ação e demandará uma continuidade para seu aprimoramento e transformação da realidade.

No processo de investigação e ação, todos os sujeitos envolvidos na pesquisa ensinam e aprendem mutuamente, pois os resultados encontrados durante o processo oferecerão ensinamentos a todos. Não só os conhecimentos já existentes são partilhados, como são produzidos novos conhecimentos neste processo (TOZONI-REIS, 2007). Estes conhecimentos não se resumem a conhecimentos científicos, mas também incluem os conhecimentos populares, isto é, a troca de saberes é mútua, favorecendo o aprendizado coletivo. Em outras palavras, o diálogo entre os sujeitos é fundamental para que essa troca aconteça e neste diálogo é de extrema importância a valorização dos conhecimentos populares (DEMO, 2007). Neste contexto, Meyer et al (2006, p. 1340) complementa:

[...] a intencionalidade de construir estratégias educativas que permitam investir em possibilidades de transformação das condições de vida, nas quais crenças, hábitos e comportamentos ganham sentido, demanda aprender, compreender e dialogar com a multiplicidade de aspectos que modulam as crenças, os hábitos e os comportamentos dos indivíduos e grupos com os quais interagimos.

Todo este processo vivenciado na pesquisa-ação, a interação e a troca de conhecimentos fortalece os indivíduos como sujeitos sociais e favorece a tomada de consciência, beneficiando, assim, os sujeitos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não somente ao final dela (GIL, 2005).

Em síntese, a pesquisa-ação não busca apenas as respostas para os problemas abordados, mas propõe enfrentar estes problemas ao longo de seu desenvolvimento. Constitui um sistema metodológico aberto, que pode ser construído e reconstruído, facilitando, assim, o enfrentamento dos problemas. Combinada à educação, esta modalidade de pesquisa possui forte potencial para promover transformações nas práticas institucionais e desenvolvimento da cidadania.

4.2 Escolha do Tema

A primeira etapa do planejamento consistiu na escolha de um tema central e na definição dos assuntos a serem priorizados para a elaboração da proposta de abordagem temática com enfoque CTS para o ensino de física. Uma vez que a física é uma área muito abrangente e possui muitos temas que atendem aos objetivos da abordagem CTS, foi preciso determinar alguns critérios para esta escolha.

Muitos autores, embora concordem que a abordagem CTS deva ser temática, possuem opiniões divergentes sobre os critérios para a definição dos temas. Merryfield (1991) defende que os temas devem ser globais, ou seja, que possuam importância não somente em um contexto local ou nacional, mas que sejam de interesse de pessoas em diversas partes do planeta. Nesta perspectiva, o autor sugere os seguintes temas:

- (1) temas ambientais;
- (2) saúde e população;
- (3) questões econômicas;
- (4) transporte e comunicação;
- (5) alimentos e fome;
- (6) energia;
- (7) questões militares.

Ao contrário, Paulo Freire (1987), embora não se refira especificamente à educação em ciências, acredita que a educação, para ser libertadora, deve proporcionar a interação do indivíduo com suas condições existenciais. Deste modo, para ele os temas devem ter origem na situação presente e concreta dos alunos, ou seja, devem partir de situações locais para análise de problemas regionais e nacionais (FREIRE, 1996). Já Boff (1996) acredita que as situações particulares emergem das interações universais e, deste modo, propõe que os temas se originem de problemas locais para serem articulados em uma dimensão global.

Por outro lado, Ransey (1993) defende que os critérios para a escolha do tema devem ser baseados no grau de problematização social e apresenta três critérios para identificação de um tema social relativo à ciência:

- 1) ser um tema de natureza controversa, ou seja, se existem opiniões divergentes sobre o tema;
- 2) ser um tema de significado social, quer dizer, ser um tema de importância para a sociedade e, de fato, possuir implicações sociais;

3) ser um tema relativo à ciência e tecnologia.

Outros autores procuraram identificar os temas mais frequentes em abordagens CTS (SANTOS, 2002). Towse (1986) agrupou os temas identificados por ele nas seguintes áreas:

- (1) saúde;
- (2) alimentação e agricultura;
- (3) recursos energéticos;
- (4) terra, água e recursos minerais;
- (5) indústria e tecnologia;
- (6) ambiente;
- (7) transferência de informação e tecnologia;
- (8) ética e responsabilidade social.

Já Bybee e Mau (1986) identificaram os seguintes temas centrais:

- (1) qualidade do ar e atmosfera;
- (2) fome mundial e fontes de alimentos;
- (3) guerra tecnológica;
- (4) crescimento populacional;
- (5) recursos hídricos;
- (6) escassez de energia;
- (7) substâncias perigosas;
- (8) saúde humana e doença;
- (9) uso do solo;
- (10) reatores nucleares;
- (11) animais e plantas em extinção;
- (12) recursos minerais.

Por fim, Santos (2002) sugere alguns temas para abordagem no contexto brasileiro e aponta assuntos relevantes a serem tratados em cada tema. São eles:

- (1) exploração mineral e desenvolvimento científico, tecnológico e social;
- (2) ocupação humana e poluição ambiental;
- (3) destino do lixo e impactos sobre o ambiente;
- (4) controle de qualidade dos produtos químicos comercializados e seus desdobramentos;
- (5) produção de alimentos, fome populacional e alimentos transgênicos;
- (6) desenvolvimento da agroindústria, distribuição de terra no meio rural e monocultura;
- (7) desenvolvimento industrial brasileiro e dependência tecnológica num mundo globalizado;

- (8) fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos;
 (9) preservação ambiental, políticas de meio ambiente e desmatamento.

A tabela 1 apresenta os temas sugeridos por todos autores referenciados para comparação.

Tabela 1: Temas CTS sugeridos pelos autores.

Towse (1986)	Bybee e Mau (1986)	Merryfield (1991)	Santos (2002)
Saúde	Qualidade do ar e atmosfera	Temas ambientais	Exploração mineral e desenvolvimento científico, tecnológico e social
Alimentação e Agricultura	Fome mundial e fontes de alimentos	Saúde e população	Ocupação humana e poluição ambiental
Recursos energéticos	Guerra tecnológica	Questões econômicas	Destino do lixo e impactos sobre o ambiente
Terra, água e recursos minerais	Crescimento populacional	Transporte e comunicação	Controle de qualidade dos produtos químicos comercializados e seus desdobramentos
Indústria e tecnologia	Recursos hídricos	Alimentos e fome	Produção de alimentos, fome populacional e alimentos transgênicos
Ambiente	Escassez de energia	Energia	Desenvolvimento da agroindústria, distribuição de terra no meio rural e monocultura
Transferência de informação e tecnologia	Substâncias perigosas	Questões militares	Desenvolvimento industrial brasileiro e dependência tecnológica num mundo globalizado
Ética e responsabilidade social	Saúde humana e doença		Fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos
	Uso do solo		Preservação ambiental, políticas de meio ambiente e desmatamento
	Reatores nucleares		
	Animais e plantas em extinção		
	Recursos minerais		

Em vista disso, a definição do nosso tema central foi feita levando em conta sua relevância social e abrangência local e nacional, com possibilidades para articulação em um

contexto global, de modo que atendesse aos critérios sugeridos pelos diversos autores descritos acima.

Outro ponto foi considerado na escolha do tema, bem como na divisão dos subtemas e a ordem em que serão abordados: a possibilidade de aplicação dentro do currículo escolar vigente, uma vez que a mestrandia lecionou (até bem recentemente) a disciplina de física para o segundo ano do ensino médio em uma escola pública do estado do Rio de Janeiro.

O currículo mínimo do estado de Janeiro, elaborado em 2012, estabelece para o 3º e o 4º bimestres (período previsto para aplicação da sequência) do segundo ano do ensino médio os tópicos descritos no quadro 1. Como se pode ver, alguns dos temas sugeridos para abordagem CTS pelos autores, bem como os propósitos da abordagem CTS, coincidem com o temas, habilidades e competências recomendados no currículo mínimo. Essa convergência possibilita a aplicação da proposta deste trabalho dentro do currículo escolar vigente.

Quadro 1: Campo, habilidades e competências do 3º e 4º bimestre do currículo mínimo de física do segundo ano do ensino médio. Currículo mínimo de física do estado do Rio de Janeiro (SEEDUC, 2012).

3º Bimestre	
Campo	Usinas termelétricas e hidrelétricas – Energia térmica e mecânica – Conservação e transformação de energia
Habilidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Compreender o funcionamento de usinas termelétricas e hidrelétricas, destacando suas capacidades de geração de energia, os processos de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais. - Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou de matérias-primas, considerando os processos físicos envolvidos neles. - Compreender as diferentes manifestações da energia mecânica na natureza. - Identificar transformações de energia e a conservação que dá sentido a essas transformações, quantificando-as quando necessário. Identificar também formas de dissipação de energia e as limitações quanto aos tipos de transformações possíveis, impostas pela existência, na natureza, de processos irreversíveis. - Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade. - Avaliar as vantagens e desvantagens dos usos das energias hidrelétricas e termelétricas, dimensionando a eficiência dos processos e custos de operação envolvidos. - Compreender que a construção de uma usina envolve conhecimentos sobre recursos naturais, opções de geração e transformação de energia, além dos impactos sociais causados pela sua instalação em uma região.
4º Bimestre	
Campo	Energia nuclear – Usinas nucleares – Reações nucleares
Habilidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. - Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear. - Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. - Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos. - Identificar que a energia solar é de origem nuclear. - Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade. - Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. - Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

4.3 Elaboração da Sequência Didática

Uma sequência didática consiste em um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas para serem desenvolvidas sob orientação do professor. Não se trata apenas de um plano de aula, mas de uma sequência de aulas elaboradas para estudo de um mesmo tema ou assunto em um determinado período (Leal, 2013). As atividades propostas na sequência didática desenvolvem um aprofundamento crescente sobre o tema e podem ser de natureza diversas, tais como pesquisas, visitas guiadas a espaços não-formais de educação, experimentos, debates, trabalhos em grupo, entre outras, de modo que todas elas favoreçam o aprendizado sobre o tema discutido (Kobashigawa et al., 2008).

O objetivo de uma sequência didática não é servir como um material para reprodução das aulas e atividades ali propostas, mas ser um guia para que o professor possa prever o desenvolvimento do tema e se preparar para as aulas que se seguirão, tendo oportunidade de aprofundar seus conhecimentos, caso tenha alguma dificuldade que possa lhe deixar inseguro ao longo de sua aplicação, ou ainda acrescentar suas ideias e propostas conforme as necessidades que forem identificadas por ele.

A elaboração da sequência didática aqui proposta será concretizada com base na abordagem temática, porém buscar-se-ão métodos não-tradicionais, que diferem das aulas expositivas e maçantes, onde apenas o professor seria ativo e os alunos passivos no processo de aprendizagem, tal como ocorre na “educação bancária”, assim denominada e criticada por Paulo Freire:

Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. Margem para serem colecionadores ou fichadores das coisas que arquivam. No fundo, porém, os grandes arquivados são os homens, nesta (na melhor das hipóteses) equivocada concepção “bancária” da educação. Arquivados, porque, fora da busca, fora da práxis, os homens não podem ser. Educador e educandos se arquivam na medida em que, nesta distorcida visão da educação, não há criatividade, não há transformação, não há saber. Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. (FREIRE, 1987, p. 33).

Nesta sequência didática, o principal papel do professor deverá ser de mediador do processo de aprendizagem, que ocorrerá por meio da ação dialógica entre professor e aluno e onde não haverá apenas transferência de conhecimentos e valores, mas uma comunhão de ideias com um mesmo propósito: a transformação da realidade. A problematização, ato de exercer uma análise crítica sobre a realidade problema (Freire, 1970), terá um papel essencial, pois será através dela que a realidade será desvelada. Deste modo, o diálogo, o debate e os

questionamentos deverão estar sempre presentes nas aulas e a introdução dos temas se dará por meio da problematização.

A sequência a ser planejada deverá buscar, por meio da problematização e do diálogo, promover mais que o entendimento da ciência e da tecnologia, mas, principalmente, a compreensão de todos os aspectos que estão atrelados a estas, como os aspectos sociais, ambientais, históricos, econômicos, políticos, éticos e culturais. Portanto, para uma educação dessa natureza, não é suficiente a mudança dos conteúdos programáticos, mas é essencial que ocorram mudanças também nos processos metodológicos e de avaliação, o que torna essencial o uso de meios informais de divulgação científica em sala de aula, como também visitas programadas a espaços não-formais de educação (Santos, 2007).

Na construção dessa sequência, as aulas serão planejadas utilizando-se o modelo de plano de aula apresentado no quadro 2:

Quadro 2: Modelo de plano de aula

AULA
Local: Data: Subtema: Assunto: Duração: Pré-requisitos: Objetivos: Recursos Didáticos: Verificação de Aprendizagem:

4.4 Avaliações

Serão realizadas avaliações durante a aplicação da sequência didática com dois objetivos distintos:

- (1) Atender aos critérios de avaliação específicos da escola onde a proposta será aplicada;
- (2) Avaliar a proposta, afim de aprimorá-la e estabelecer critérios para elaboração do material didático.

Como a mestranda foi professora de uma escola da rede pública estadual, as avaliações que atenderam ao objetivo (1) foram elaboradas de acordo com os seguintes critérios pré-determinados pela escola: aplicação de um teste, para cada bimestre, correspondendo a 20% da nota total do bimestre ; solicitação de um trabalho para cada bimestre, correspondendo a 20% da nota total do bimestre; aplicação de uma prova, - com dez questões, sendo pelo menos duas delas dissertativas - para cada bimestre, correspondendo a 40% da nota total do bimestre.

Como essa proposta pretende ter uma amplitude maior que o cenário específico de uma escola da rede pública do Estado do Rio de Janeiro, esses aspectos da avaliação, ao

contrário daqueles ligados ao objetivo (2) não compõem um elemento estrutural de nossa sequência.

Já as avaliações que atenderão ao objetivo (2) serão elaboradas de acordo com os seguintes critérios determinados pelo professor:

- (a) Deverá ser aplicada uma avaliação prévia, antes do início da aplicação da sequência didática, afim de avaliar o entendimento do aluno a respeito do tema que será abordado (o tipo de avaliação ficará a critério do professor);
- (b) Deverão ser aplicadas avaliações intermediárias, durante a aplicação da sequência didática, afim de avaliar o interesse dos alunos pelo tema e pelas atividades, bem como sua eficiência em relação aos objetivos da abordagem CTS; (o tipo de avaliação ficará a critério do professor);
- (c) Deverá ser aplicada uma avaliação final, após o término da aplicação da sequência didática, afim de avaliar o interesse dos alunos pelo tema e pelas atividades, bem como obter um resultado final sobre a eficiência da sequência didática em relação aos objetivos da abordagem CTS (o tipo de avaliação ficará a critério do professor);

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Escolha do Tema

O tema central definido para esta proposta foi Produção de Energia Elétrica, envolvendo todos os modos de produção. Este tema, além de ser um tema sugerido por diversos autores (tabela 1), como já discutido anteriormente, atende aos critérios definidos na metodologia e também coincide com as recomendações do currículo mínimo de física do estado do Rio de Janeiro para o 3º e o 4º bimestres do segundo ano do ensino médio (quadro 1), de modo que será possível aplicar a sequência didática elaborada sobre o tema em um semestre letivo do ensino regular de uma escola pública de Angra dos Reis/RJ, onde a mestrandia leciona a disciplina de física como professora titular. É possível notar, ainda, no currículo, recomendações para o tratamento de impactos sociais e ambientais, bem como o desenvolvimento de habilidades para tomada de decisões e uma postura crítica em relação ao tema, coincidindo, deste modo, com os propósitos da educação CTS e abrindo espaço para a aplicação de tal abordagem.

A produção de energia elétrica é um tema de grande relevância, não somente no contexto local, mas também em um contexto nacional ou até mesmo mundial. Em Angra dos Reis, localiza-se a única usina nuclear do país com dois reatores em funcionamento e um terceiro em construção, de modo que a comunidade da região é diretamente impactada por este modo de produção. Contudo, a sociedade não tem consciência destes impactos e nem dos riscos que apresenta uma usina nuclear, o que torna extremamente importante a abordagem deste modo de produção de energia e suas implicações para os alunos que vivem na região.

Em um contexto nacional, as hidrelétricas se destacam como fonte energética. Existem, hoje, no Brasil, mais de 900 usinas hidrelétricas em funcionamento, correspondendo a aproximadamente 80% da oferta total de energia do país, desde Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) até Usinas Hidrelétricas de grande porte (UHE). A importância das hidrelétricas para o Brasil é indiscutível, o que torna extremamente importante, também, a discussão de todas as implicações deste modo de produção. Além disso, praticamente, em qualquer região do Brasil haverá uma hidrelétrica próxima, sendo possível tratá-las em um contexto local ou expandir para o contexto nacional. Até mesmo em Angra dos Reis, onde já existe a usina nuclear, existe uma hidrelétrica a menos de 150 km de distância, na cidade de Pirai/RJ.

As usinas hidrelétricas e nucleares se destacam devido à sua importância dentro contexto em que a proposta será aplicada, contudo, discutir as demais formas de produção de energia também é importante para que os alunos possam conhecer outras possibilidades, avaliar vantagens e desvantagens e comparar as diferentes fontes energéticas, portanto, serão discutidas, também, implicações das usinas termoelétricas, usinas de energia solar, usinas eólicas e usinas de ondas. Para isto, o tema central Produção de Energia Elétrica foi dividido em três subtemas: Usinas Hidrelétricas, Outras Formas de Produção de Energia e Usinas Nucleares.

Ao dividir o tema central em subtemas mais específicos foi possível aproximar a discussão do contexto local, em Usinas Nucleares, ou ainda expandir para o contexto nacional, em Usinas Hidrelétricas, ainda que ambos possam ser ampliados para o contexto global. O subtema Outras Formas de Produção de Energia também pode ser tratado em ambos os contextos. As implicações dos diversos modos de produção de energia possuem, não

somente, aspectos sociais, como também aspectos ambientais, econômicos, éticos, políticos, culturais e históricos a serem explorados que enriquecerão a abordagem. Este tema permite ainda o tratamento de fenômenos e conceitos físicos presentes em nosso dia e que serão de extrema importância para sua compreensão

De acordo com as recomendações do currículo mínimo de física do Rio de Janeiro, foi definida a sequência de aplicação dos subtemas:

- 1) Usinas Hidrelétricas;
- 2) Outras Formas de Produção de Energia;
- 3) Usinas Nucleares.

A seguir serão descritas como foram planejadas cada aula, individualmente, ressaltando o objetivo de cada atividade que será aplicada na sequência didática.

5.2 Avaliação Prévia

A avaliação prévia foi realizada antes do início da elaboração da sequência didática, seu propósito foi avaliar o nível de conhecimento que os alunos possuíam sobre o tema, para que a sequência fosse elaborada de acordo com as necessidades verificadas. Outro propósito foi avaliar a postura dos mesmos ao serem questionados, por exemplo, sobre os problemas de sua cidade, quais pontos chamam mais suas atenções e suas opiniões e posicionamentos sobre tais problemas. Para isto, foram propostas quatro questões, que serviriam como orientação para dissertar livremente sobre o tema, ou seja, eles deveriam escrever uma pequena dissertação respondendo às questões levantadas. As questões estão apresentadas no quadro 3.

Quadro 3: Questões para avaliação prévia

AVALIAÇÃO PRÉVIA
1 - Quais os problemas da cidade de Angra dos Reis?
2 - Porque você acha que esses problemas existem?
3 - Quais as soluções para esses problemas em sua opinião?
4 – De onde você acha que vem a energia e a água que chega até a sua casa?

Em relação à primeira questão, os problemas mais citados por eles podem ser resumidos em problemas na educação, na saúde, na política, problemas sociais, problemas ambientais e problemas de caráter geral. Na educação, os mais citados foram: falta de escolas, falta de faculdades, falta de cursos profissionalizantes para jovens e falta de infraestrutura nas escolas. Na saúde foram apontados: falta de médicos e hospitais, demora no atendimento e postos de atendimento em péssimas condições. Por sua vez, na política foram apontados: corrupção, falta de comprometimento dos governantes, salários atrasados dos trabalhadores do município e má administração. Entre os problemas ambientais foram mencionados:

poluição de rios, mares e praias, desmatamento, construções em áreas de riscos, desaparecimento da fauna e da flora, acúmulo de lixo e esgoto a céu aberto. Já nos problemas sociais foram mencionados: desigualdade social, pobreza, favelização, criminalidade, falta de emprego, violência, tráfico de drogas, segregação espacial, falta de moradias e falta de segurança. Por fim, entre outros problemas de caráter geral, foram assinalados: falta de saneamento básico, falta de manutenção na infraestrutura da cidade, falta de água, quedas de energia, falta de verba e péssimas condições de transporte público.

Grande parte dos alunos apontaram os problemas mais peculiares à cidade devido às suas características geográficas e sociais, o que mostra que eles são observadores e críticos ao analisarem o ambiente em que vivem. Porém, poucos alunos identificaram problemas relacionados ao tema (Produção de energia elétrica) ou à usina nuclear instalada na cidade. As falas descritas a seguir são alguns exemplos de alunos que conseguiram identificar problemas relacionados ao tema:

“O fato de pagarmos a energia, correndo grandes riscos por causa da Eletro Nuclear, também é um grande problema.”

Nota-se na fala acima que, embora o aluno tenha alguma noção sobre os riscos que oferecem a usina nuclear, ele destaca como problema o fato de ter que pagar pela energia e não o risco em si. A ideia transmitida por ele é que não pagar pela energia seria uma forma de compensar os riscos oferecidos à população.

Nas falas a seguir pode-se ver que alguns alunos têm consciência de que as grandes empresas instaladas na cidade (Estaleiro Brasfels e Unidades da Petrobras) causam alguns problemas, principalmente ao meio ambiente. Em contrapartida, um deles expressa também sua preocupação com os empregos gerados por elas:

“A poluição desse meio ambiente vem das empresas, chama Brasfels e Petrobras.

A Brasfels e a Petrobras poluem muito o meio ambiente. Brasfels por causa dos navios e plataforma e Petrobras por causa do seu vazamento de óleo.

Se tirar a Brasfels e a Petrobras ninguém vai trabalhar em Angra dos Reis, todo mundo vai ficar sem emprego.”

“Eu acho que esses problemas existem por causa da chegada do estaleiro, porque vieram muitos trabalhadores e não tiveram localização e acabaram ocupando os morros...”

Embora na fala a seguir, o aluno tenha incluído a Usina Nuclear entre as empresas que prejudicam a cidade, nota-se que ele não tem conhecimento de quais são realmente os prejuízos causados por cada empresa:

“Com os problemas ambientais causados pela Petrobras, Brasfels, Usina Nuclear, com vazamento de óleo na baía da Ilha Grande, com espumas soltadas pela usina no mar, isso tudo causa um impacto ambiental muito grande, matando algumas espécies marinhas.”

Ao responderem a quarta questão, como poderá ser visto mais adiante, alguns alunos mencionam a radiação emitida pela Usina Nuclear ou os riscos que ela oferece, mas não se referindo a isto como um problema. Apenas um aluno entre as cinco turmas que realizaram a avaliação prévia conseguiu identificar problemas reais causados pela usina nuclear:

“Um dos problemas ambientais de Angra é a usina nuclear, alguns dos problemas causados por ela são a destruição da natureza, o possível desaparecimento de algumas espécies marinhas. O impacto local é causado pelo aquecimento das águas próximas da área de descarga, o aumento da turbulência da água e o lançamento de cloro na mesma que impede a procriação dos seres vivos no local ao redor da usina.”

A respeito da segunda questão, alguns alunos atribuíram a causa dos problemas à corrupção e a má administração pública e outros disseram ser culpa da população que contribui para alguns problemas como, por exemplo, jogar lixo nas ruas, poluir rios e praias, ou ainda por não cobrarem do poder público uma solução. Como visto acima, três alunos apenas mencionaram as grandes empresas instaladas na cidade como causadoras de alguns problemas, destes três, dois citaram a usina nuclear.

A respeito da terceira questão, alguns alunos sugeriram soluções generalizadas tais como: melhor aplicação do dinheiro público, mais projetos sociais, melhorar a administração pela prefeitura e combater a corrupção. Outros deram soluções mais específicas como: investimento na indústria para geração de empregos, melhorar o policiamento, tratar o esgoto e implantar a coleta seletiva. E muitos apontaram que é necessária uma maior conscientização da população sobre os problemas, como é possível observar na fala descrita a seguir:

“Sobre a sociedade na minha opinião elas deveriam abrir mais a mente, procurar novos horizontes e parar um pouco de ser alienados...”

Um aluno abordou o tema e apontou que uma solução seria a utilização da energia gerada em Angra, pois ele acredita que a energia é fornecida de usinas de fora da cidade:

“inclui-se nessa solução...a utilização de uma energia vinda das nossas próprias usinas, o que faria com que nosso custo diminuísse.”

Outro aluno, recomendou outras fontes de energia renováveis como solução, mas não se referia especificamente à Angra:

“...o governo poderia mudar a energia para solar e eólica.”

A quarta e última questão proposta procurou de fato introduzir o tema e despertar uma reflexão a respeito. As respostas apresentadas nos textos para essa questão mostraram que os alunos conhecem muito pouco sobre o tema e que não relacionaram as questões anteriores a esta. Quase todos os alunos responderam que a água vem de cachoeiras da cidade, alguns indicaram um bairro específico, geralmente localizado próximo à sua residência. Alguns

sugeriram que a água passa por algum tipo de tratamento antes de chegar às suas casas e muito poucos disseram não saber de onde vem.

Quanto à energia, a maioria respondeu que ela vem de hidrelétricas. Alguns sugeriram que essas hidrelétricas ficam muito distantes da cidade, outros apenas disseram não elas são de fora e poucos se referiram à Hidrelétrica de Itaipú, como pode-se observar nas falas descritas a seguir:

“...a luz é produzida nas usinas e hidrelétricas, o processo eu não sei mas chega a minha casa.”

“A energia elétrica vem de hidrelétricas de cidade de fora (qual não sei) e vai para onde administram, a Ampla.”

“...a energia vem da hidrelétrica de Itaipu...”

“A energia, vem das hidrelétricas de cidades próximas.”

“...que vem a energia de uma usina em São Paulo que é Hidrelétrica...”

“Sobre a energia da cidade não temos problemas, a energia vem de outra cidade...”

“Como moro em Mangaratiba, provavelmente a energia vem do Rio de Janeiro, provavelmente de alguma hidrelétrica...”

Alguns alunos demonstram conhecer um pouco sobre o processo de geração de energia em uma hidrelétrica:

“A água e a energia que vem para as casas é da usina hidrelétrica. A energia é causada pela usina que é produzida com o movimento da água.”

“As águas vão ou passam por uma usina hidrelétrica, onde lá se tem todo o processo da água se movimentando para a energia surgir e ter vários outros processos e passar por empresas para chegar na casa de cada um de nós.”

Um aluno demonstra saber da existência da usina nuclear, que fica próxima a um bairro chamado Praia Brava, no entanto, em sua fala ele demonstra acreditar que se trata de uma usina hidrelétrica:

“Sobre a água ela vem de uma usina hidrelétrica da praia brava , sustentando toda a cidade e com o movimento das águas dos rios, mares vem a energia.”

Embora alguns alunos tenham demonstrado saber que a Usina Nuclear produz energia elétrica, aparentemente acreditam que ela não é utilizada na cidade, como se pode conferir nas falas a seguir:

“A luz de nossa cidade vem de uma das hidrelétricas espalhadas pelo Brasil, nunca entendi por que tem uma usina nuclear de energia elétrica do lado da minha casa, eles tinha que puxar energia de muito longe, talvez seja o sistema.”

“Há situações revoltantes, como por exemplo, o fato de pagarmos um absurdo pela luz, mesmo tendo duas usinas nucleares em funcionamento aqui, e nossa energia vir de outro estado.”

Um aluno complementa, ainda, sobre os riscos que a usina nuclear oferece e mostra indignação por acreditar que a energia produzida nela não é utilizada na cidade:

“E a energia é distribuída pela Ampla e a empresa pega de outras cidades. As usinas de Angra não distribuem a energia para nós, o que é errado pois corremos risco pela radiação, então a população angrense nem sabe de que cidade vem a energia fornecida.”

Outro aluno acrescenta que se a energia produzida na usina nuclear fosse fornecida para a cidade, ela seria gratuita:

“A energia elétrica vem de uma das usinas hidrelétricas do Brasil, mas em Angra dos Reis existe uma usina, nunca entendi o por que temos que pagar por uma energia que vem de quilômetros de distância, sendo que podíamos usar a nossa gratuitamente.”

Alguns alunos citaram a usina nuclear como fonte energética para a cidade, no entanto alguns fazem confusão ao se referir aos tipos de usinas, demonstrando não entender muito bem a diferença entre cada usina e o quanto cada uma contribui para o abastecimento, como pode ser observado em uma das falas:

“A energia, uma pequena parte vem das usinas nucleares, ou hidrelétricas e das elétricas dentre outros meios de energia...”

Vários alunos mencionaram a Usina Nuclear de Angra como fornecedora de energia para a cidade, porém sem se estenderem no assunto:

“A energia que é distribuída para as residências é fornecida pela Eletro Nuclear.”

“Agora irei falar sobre um ponto importantíssimo da cidade de Angra dos Reis. A única cidade no Brasil a possuir usinas nucleares, são elas: Angra 1 e Angra 2; e Angra 3 já está em desenvolvimento, essas usinas fornecem energia para a cidade de Angra e para outras também.”

Um aluno acredita que a energia nuclear é extraída do solo:

“...a luz ou energia que chega na nossa casa vem da usina nuclear que fica próxima à praia brava onde essa energia é tirada do solo para gerar energia.”

Um aluno citou o urânio como fonte de energia, porém acredita que seja a radiação que é transformada em energia elétrica:

“...a luz residencial é proveniente das usinas nucleares, que convertem a radiação do urânio coletado em energia elétrica...”

Poucos alunos disseram não saber de onde vem a energia elétrica:

“A energia eu não sei...”

“Acredito que o mesmo acontece com a energia elétrica, ela é retirada de algum lugar que desconheço pela ampla e é distribuída e chega lá em casa.”

“Pouco se é informada a população das fontes de origem da água e energia...a energia elétrica apesar de termos 3 usinas em nossa cidade, não sabemos de onde é vinda a nossa energia.”

Um aluno aborda a transmissão da energia, mas não responde de onde ela vem e faz confusão ao se referir aos transformadores:

“Estudamos que a energia é enviada através de cabos às subestações que transformam-se nas voltagens necessárias para abastecer os transformadores de rua que disponibiliza toda a eletricidade para sua residência.”

Alguns alunos demonstraram, em suas falas, acreditar que uma usina é responsável pelo abastecimento tanto de água, quanto de energia:

“A água e a energia vem da usina, e da usina são transportadas para as casas.”

Alguns alunos demonstraram saber que existem outras de energia:

“...a energia vem através do sol.”

“...a energia ela também é captada pela água, pelo ar, pela luz do sol e transformada nas usinas e distribuída para população pelas redes elétricas.”

“ A energia elétrica vem das forças do vento, dos raios solares, da queima do gás natural e do óleo e da força da água. No Brasil, a energia elétrica vem principalmente das usinas hidrelétricas. Para chegar às casas, a energia percorre quilômetros e mais quilômetros a fio, de poste em poste. Do poste em frente às casas, ela segue por fios.”

E alguns alunos não são muito específicos em suas respostas:

“E a energia na minha opinião, ela vem de reservatórios...”

“...e minha energia chega do mar.”

Observa-se, pelas falas selecionadas e descritas acima, que os alunos não possuem muito conhecimento sobre o tema. Os que demonstraram conhecer um pouco não conseguem expressar suas ideias de forma clara ou fazem confusão entre as fontes de energia. Muito poucos conseguiram identificar os problemas causados pela usina nuclear à cidade, embora muitos saibam de sua existência, estes não têm ideia de qual é o objetivo dela e consciência dos riscos que ela oferece.

De modo geral, essa avaliação evidencia a necessidade de estudar o tema e conhecer os processos de geração de energia, em especial o que ocorre na usina nuclear, suas consequências e objetivos. Além disto, esta avaliação se mostrou importante também para despertar o senso crítico dos alunos sobre as suas realidades e iniciar a abordagem CTS voltada para o tema Produção de energia elétrica.

É importante ressaltar que esta avaliação não faz parte da proposta, pois seu objetivo era constatar as necessidades dos alunos para melhor adequação da proposta. Contudo, realizar uma avaliação prévia a fim conhecer o perfil dos alunos e saber quais conhecimentos eles já possuem, auxilia o professor a planejar seus próximos passos, identificando as maiores dificuldades, dúvidas e curiosidades. O professor que deseje adotar a proposta, poderá aplicar uma avaliação prévia para adequar a proposta ao perfil de seus alunos, para isto recomenda-se que as questões diretoras utilizadas na dissertação sejam reformuladas de acordo com a realidade existencial dos alunos que irão participar das aulas, de modo que se inicie um processo de reflexão crítica sobre o tema que será abordado.

5.3 Elaboração da Sequência Didática

A sequência didática foi elaborada de modo a envolver atividades de naturezas diversas que priorizem o debate, o diálogo, a atividade em grupo e a participação ativa do aluno, onde o professor será apenas o mediador do processo de aprendizagem, problematizando, questionando e incentivando a participação dos alunos. Nesta sequência, o objetivo será a compreensão dos diversos processos de produção de energia elétrica e suas implicações para desenvolvimento de atitudes e valores, o que abordará não somente a compreensão dos fenômenos e conceitos físicos envolvidos, mas, também, os impactos sociais e ambientais, as questões políticas, éticas, históricas, culturais e econômicas, buscando provocar a reflexão sobre esses aspectos para a tomada de decisões e ação social responsável a respeito do tema.

Os subtemas serão introduzidos por meio da problematização, ato de exercer uma análise crítica sobre a realidade problema, o que será feito com o auxílio de vídeos e questionamentos. Os vídeos foram os recursos mais utilizados por diversos motivos:

- ❖ Não é possível explicar o que são ou como são usinas hidrelétricas, usinas nucleares, termoelétricas, entre outros modos de produção de energia, para alguém que nunca as tenha visto. Poderiam ser utilizadas apenas fotos, porém não teriam o mesmo impacto visual e dinamicidade que os vídeos. Alguns dos vídeos escolhidos são produzidos pelas próprias empresas de energia e apresentam imagens aéreas, imagens internas, imagens dos colaboradores trabalhando, entre outras, as quais jamais poderiam ser descritas melhor de outra forma, além de apresentarem excelente qualidade;
- ❖ Os vídeos são acessíveis para qualquer pessoa através do *youtube*. Todos os vídeos foram obtidos através deste site e baixados por um programa gratuito, de modo que poderão ser exibidos mesmo sem conexão com a internet;
- ❖ Para trabalhar com os vídeos em sala de aula são necessários apenas um projetor digital (data show) e um computador com som ou uma televisão, os quais as escolas, geralmente, possuem, até mesmo as públicas. O professor precisa apenas transportar seu pen drive com os vídeos, sem necessidade de carregar materiais em excesso;
- ❖ Por meio dos vídeos é possível apresentar imagens reais das usinas, mesmo estando distantes da localização dos alunos, como também simulações de eventos históricos que foram reproduzidos ao longo dos tempos e hoje estão disponíveis na rede.

Embora os vídeos tenham presença marcante na sequência de aulas, foram utilizados outros métodos e recursos didáticos, como: um aplicativo virtual em linguagem *java* (*applet*), visitas a espaços não-formais de educação, debates e atividades em grupo.

Atualmente, existe um mundo virtual acessível a qualquer pessoa com conexão à internet, onde é possível encontrar, além de programas de televisão, jornais e revistas disponíveis *online* a qualquer momento, uma infinidade de outros recursos produzidos por profissionais e amadores sobre os mais variados assuntos, tais como vídeos, aplicativos e jogos didáticos, documentários, imagens, entre outros. Deste modo, “não são necessários laboratórios sofisticados, grade horária ampliada e incorporação de novos conteúdos” para que mudanças efetivas ocorram, “mas sim mudanças de propósitos em sala de aula” (Santos, 2007).

O planejamento da sequência didática se encontra no apêndice A, a seguir serão discutidos todos os aspectos considerados para o planejamento de cada aula.

5.3.1 Aula 1

A primeira aula tem como objetivo introduzir por meio da problematização o primeiro subtema: Hidrelétricas. Por meio de sete vídeos previamente selecionados, serão apresentadas as hidrelétricas, sua importância, seu funcionamento e seus impactos em diversos aspectos. Os vídeos têm curta duração, de modo que é possível fazer observações ou questionamentos entre eles.

O primeiro vídeo, conforme descrito no planejamento da aula aplicada 1 (apêndice A), tem como objetivo apresentar as usinas hidrelétricas. É uma produção da Eletrobras e apresenta belas imagens das principais hidrelétricas do Brasil. A apresentação do vídeo ressalta a importância das hidrelétricas para o progresso do país e também as vantagens das hidrelétricas em relação a outras fontes de energia. Este vídeo traz uma imagem positiva das hidrelétricas, bem como destaca os cuidados, que, teoricamente, são tomados em suas construções, como por exemplo, interferência mínima no meio ambiente, assistência prestada às populações das regiões onde são construídas e garantia de reprodução dos peixes. O vídeo destaca as hidrelétricas, não somente como produtoras de energia elétrica, mas como geradoras de qualidade de vida e desenvolvimento sustentável para o Brasil, sendo exemplos de cuidados ambientais. Este vídeo, em um primeiro momento, tem a pretensão de encantar os alunos e despertar sua atenção para o tema, pois apresenta a grandiosidade das usinas hidrelétricas através de belas imagens e uma narração positiva.

O segundo vídeo, tem como objetivo explicar, superficialmente, o funcionamento de uma usina hidrelétrica através de uma animação com narração. O funcionamento não é detalhado, mas é esclarecedor, de modo que os alunos começam a adquirir uma noção de como se obtém energia elétrica das águas. Por ser uma animação com narração bem alegre, pode ser considerado até um pouco infantil, porém, o caráter lúdico apresenta o assunto de forma mais divertida e fácil de entender. O vídeo também introduz outros modos de produção de energia e destaca a hidrelétrica como a melhor entre eles. Os cuidados com o meio ambiente são enfatizados novamente. Neste vídeo, o processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica é citado, como também a elevação da tensão, introduzindo, assim, os processos físicos envolvidos na produção de energia.

O terceiro vídeo da aula 1 é, também, uma animação produzida pela Eletrobras, porém, não possui o mesmo perfil divertido do anterior. Este tem o objetivo de apresentar a estrutura de uma usina hidrelétrica e a função de cada um de seus elementos. A explicação é bem detalhada e clara sobre cada etapa do processo. Também é apresentado o Sistema Interligado Nacional, salientando que este é responsável pela transmissão de energia para todo o Brasil. As diferenças entre uma usina com grande reservatório e uma usina a fio d'água são explicadas, mostrando que as interferências no ambiente causadas por cada uma também são diferentes. O vídeo termina, então, com um esclarecimento sobre a segurança das barragens, que são projetadas para suportar as épocas de cheia sem risco de rompimento. Com este vídeo, os alunos começam a ter uma ideia de como a usina hidrelétrica interfere no meio ambiente, pois é falado sobre os níveis de água no rio antes e depois da barragem. Com a explicação sobre as diferenças entre os dois tipos de hidrelétricas, é possível levantar o questionamento de qual tipo seria mais vantajoso. Uma vez que a usina a fio d'água possui menor impacto, levanta-se a questão do porquê ela não ser a mais utilizada (no vídeo é informado que o Brasil possui mais usinas com grande reservatório). Para responder a esta questão, é preciso tratar da quantidade de energia produzida. Em usinas com grande reservatório que possuem desníveis maiores, a produção é maior. Esta informação irá introduzir o conceito de energia potencial sutilmente, porém, não é objetivo neste momento

discutir os fenômenos físicos. Ainda assim, o aluno fará a reflexão sobre a relação entre o desnível de água e a produção de energia.

O quarto vídeo é uma animação produzida pelo governo federal, também de caráter explicativo, que evidencia a importância da eletricidade para as residências, comércios e indústrias e aponta que a maior parte dessa energia vem das hidrelétricas. Embora o vídeo seja de 2013 e mostre dados diferentes dos outros vídeos sobre o percentual de energia proveniente das hidrelétricas, ele traz novas informações em relação aos vídeos anteriores. O vídeo trata das características necessárias em um rio para comportar uma usina hidrelétrica, que são: elevado volume de água e desníveis em seu curso. Estas informações abrem espaço para o tratamento do fenômeno físico de transformação de energia cinética e potencial em elétrica. Ainda que este assunto não deverá ser aprofundado nesta aula, é possível introduzir questionamentos a respeito desta informação. O vídeo trata ainda da importância do estudo dos impactos ambientais e da emissão das licenças ambientais para a construção da usina. Em seguida, o vídeo apresenta uma breve explicação de como a energia potencial da água é transformada em energia mecânica nas turbinas para, em seguida, ser transformada em energia elétrica no gerador. Também são apresentadas as linhas de transmissão de energia (SIN) e explicado que elas transmitem a energia em alta tensão até as redes de distribuição, onde serão transformadas novamente, de acordo com o seu uso. O objetivo deste vídeo, apesar de repetir a explicação sobre o processo de produção, é introduzir alguns termos científicos como energia potencial, alta tensão, média tensão, além de ser bem específico sobre as características necessárias para o aproveitamento do rio para a produção de energia.

O quinto vídeo tem como objetivo apresentar as dez maiores usinas hidrelétricas do mundo. O vídeo apresenta, da menor para a maior, o nome, a localização, a imagem e a capacidade de produção de cada usina. Pretende-se com esta apresentação impressionar os alunos com o potencial hidrelétrico do Brasil, uma vez que as usinas brasileiras estão entre as maiores. Destacar o Brasil neste aspecto mostrará a importância do tema.

Os cinco primeiros vídeos exibidos nesta aula têm duração total de aproximadamente 18 minutos, eles foram escolhidos e ordenados com o objetivo de introduzir o tema, ressaltando a sua importância, e começar a gerar dúvidas sobre o funcionamento, sobre os fenômenos físicos envolvidos e sobre os impactos causados pelas hidrelétricas. Embora os vídeos tragam a explicação do funcionamento, acredita-se que os alunos ainda não serão capazes de compreender todos os aspectos somente através deles, porém, terão um entendimento superficial suficiente para que o professor possa se aprofundar mais adiante.

Após a exibição destes vídeos, o professor irá retomar os pontos mais importantes sobre o funcionamento das usinas com o objetivo de reforçar as explicações dos vídeos e sanar dúvidas a respeito do processo e, em seguida, fará questionamentos com o objetivo de promover reflexões sobre o tema, tais questionamentos abordarão os aspectos sociais, ambientais, políticos, éticos e econômicos envolvidos na produção de energia pelas hidrelétricas. Alguns questionamentos estão descritos no planejamento, contudo, outros poderão ser levantados de acordo com as respostas dos alunos. Estes questionamentos não serão respondidos, pois têm o objetivo apenas de provocar a reflexão para prepará-los para os próximos vídeos.

Será dada, então, continuação nas exibições. O sexto vídeo é um vídeo produzido para divulgação do Movimento Gota D'água, um movimento que busca envolver a sociedade em causas que impactam o país. Neste vídeo, diversos artistas famosos levantam questionamentos sobre a Usina Hidrelétrica de Belo Monte com o objetivo de conseguir assinaturas para uma petição que tem por objetivo parar a construção da usina. Este vídeo foi divulgado em novembro de 2011 e circulou pelas redes sociais por algum tempo. Embora o vídeo não seja

muito atual, a polêmica em torno da construção desta usina ainda existe. O objetivo de apresentar este movimento aos estudantes é fazê-los conhecer um exemplo real e atual que diz respeito às usinas hidrelétricas, é levá-los a perceber que não é consenso nacional que as usinas hidrelétricas são a melhor escolha para o Brasil, contrariando as ideias expostas nos vídeos anteriores. Com este vídeo será introduzida uma problemática levando-os a refletir sobre o por que existem pessoas que não apoiam a construção da usina.

Após a exibição do sexto vídeo, será perguntado aos alunos se já tinham visto este vídeo ou se já haviam ouvido falar sobre a Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Conforme as respostas obtidas, outras questões poderão ser abordadas, como por exemplo: Por que artistas estariam preocupados com a construção de uma usina no estado do Pará? Será que teriam gravado este vídeo sem receber nada por isso? Quem estaria financiando uma campanha desta proporção? Com quais interesses? Novamente, estas perguntas não serão respondidas e, em seguida, será apresentado aos alunos um documentário que trata sobre a problemática da construção da Usina Belo Monte.

O último vídeo da aula 1, é um documentário intitulado “A Batalha de Belo Monte” produzido pela TV Folha, o qual foi ao ar em 12 de janeiro de 2014. O vídeo é uma compilação no formato curta metragem do programa de três blocos: “O Canteiro”, “Altamira” e “Os Impactados”. O vídeo é dividido nestes mesmos três blocos, porém resumidos. Este vídeo traz informações detalhadas sobre a Usina Belo Monte e sua construção, bem como seus impactos em diversos aspectos. O objetivo da exibição deste documentário é que os alunos, ao conhecer a situação, possam responder a todos os questionamentos levantados sobre as vantagens e desvantagens das hidrelétricas e opinarem a respeito da construção da Belo Monte, constituindo um debate em sala de aula.

O primeiro bloco do documentário, “O Canteiro”, apresenta o canteiro de obras da usina, mostrando em que situação se encontrava na época em que o vídeo foi gravado (2014) e informações sobre sua construção. Neste bloco são apresentadas informações como: em que contexto político as obras foram iniciadas, quem são os “donos” da Belo Monte, sua localização, dados sobre o andamento da obra, informações sobre os custos, dificuldades enfrentadas na construção, situação dos trabalhadores da obra, dados sobre a produção de energia em comparação com outras hidrelétricas e, ainda, entrevistas com o diretor de obras da Norte Energia, empresa responsável pela construção, com o diretor administrativo do Consórcio Construtor de Belo Monte e com a psiquiatra da cidade.

O segundo bloco, “Altamira”, apresenta a situação da cidade de Altamira, que é a mais próxima da usina. O vídeo traz informações como: aumento de ocorrências de brigas e homicídios, aumento populacional, falta de estrutura da cidade para atender a demanda, principalmente serviços públicos, e investimentos que deverão ser feitos pela Norte Energia. O documentário mostra, também, áreas da cidade que serão alagadas pelo reservatório da Belo Monte, discussões a respeito de quem são os responsáveis pela estrutura de saneamento e discussões sobre as dificuldades da prefeitura em administrar os investimentos. Esse bloco apresenta ainda, entrevistas com o superintendente regional da Polícia Civil, com o representante do Instituto Socioambiental e com o prefeito de Altamira, além de imagens chocantes mostrando a realidade precária da cidade.

O último bloco do documentário, “Os impactados”, apresenta a situação dos índios e ribeirinhos que vivem às margens do Rio Xingú, onde a usina está sendo construída. Este bloco traz discussões sobre as indenizações concedidas àqueles que tiveram que abandonar suas casas, discussões sobre os critérios para a definição dos impactados e quanto devem receber, sobre os privilégios concedidos aos índios em relação aos ribeirinhos, discussões sobre a sobrevivência dos peixes do rio e entrevistas com a defensora pública, com o

coordenador da Norte Energia, com o líder de uma aldeia local, Muratu, com o gestor ambiental da Norte Energia e com o idealizador do projeto da Belo Monte.

Este documentário, como um todo, tem como objetivo apresentar aos alunos a realidade por trás da construção de uma usina hidrelétrica. As imagens, os depoimentos e as informações pretendem sensibilizá-los em relação aos impactos ambientais e sociais. A partir deste documentário será possível estabelecer um debate sobre os benefícios e malefícios causados pelas hidrelétricas. Mesmo não sendo uma realidade tão próxima da vida deles, é possível estabelecer um paralelo em relação à outras empresas de grande porte que existem na cidade, como o Estaleiro Brasfels, a Transpetro, a Usina Nuclear de Angra dos Reis e o Tebig, que trazem problemas semelhantes. A partir destas comparações é possível levá-los a refletir sobre as consequências que estes empreendimentos trazem para a população, tanto positivas quanto negativas. Neste momento de discussão, o professor irá apenas mediar o debate, permitindo que todos os alunos participem e opinem sobre o tema.

5.3.2 Aula 2

A segunda aula terá como objetivo promover a discussão entre os alunos sobre vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas, por meio de uma atividade em grupo, que os levarão a se posicionarem a favor ou contra este modo de produção de energia.

Para realizar esta atividade, será solicitado aos alunos, ao final da aula 1, que pesquisem em casa notícias sobre as hidrelétricas do Brasil, escolham uma e tragam para esta aula, sejam impressas da internet ou recortes de revistas e jornais. Com esta pesquisa, os alunos se informarão sobre os eventos mais recentes que envolvem as hidrelétricas do Brasil.

Em sala de aula, será solicitado aos alunos que se dividam em grupos de quatro pessoas, de modo que todos os integrantes do grupo tenham opiniões semelhantes em relação às hidrelétricas, ou seja, se o grupo é favor ou contra este modo de produção de energia. Este critério os levarão a uma tomada de decisão a respeito do assunto, baseados em todas as informações que tiveram na primeira aula e, também, na pesquisa.

Após a divisão dos grupos, os alunos serão orientados a analisar as notícias que levaram e avaliar se a notícia trata-se de uma informação boa ou ruim sobre as hidrelétricas, o que os ajudará a interpretar a informação e incentivará uma discussão sobre o assunto com os colegas.

Em seguida, eles receberão cartolinas para montar cartazes com os materiais que levaram. Os cartazes deverão defender ou criticar as hidrelétricas, de acordo com a opinião do grupo, utilizando as notícias e apresentando-as de maneira coerente com suas opiniões. Esta etapa da atividade incentivará a criatividade dos alunos para exporem suas ideias de maneira clara e defendê-las.

5.3.3 Aula 3

Antes de expor os cartazes que os alunos confeccionaram na aula 2, eles terão a oportunidade de defender suas ideias para os colegas da turma. Nesta aula, cada grupo irá apresentar seu cartaz, justificando suas ideias e suas opiniões. O professor irá questionar as decisões tomadas para incentivar um debate. Os cartazes serão, em seguida, expostos na escola para que as demais turmas possam se informar.

Esta etapa da atividade representará uma ação social responsável, na qual o objetivo é divulgar a informação que eles possuem para conscientizar outras pessoas sobre vantagens ou desvantagens das usinas hidrelétricas.

5.3.4 Aula 4

Na aula 4, será realizada uma atividade que tem como objetivo apresentar aos alunos as seis maiores usinas hidrelétricas do Brasil e, a partir da comparação dos dados técnicos destas usinas, levá-los a compreender as relações entre estes dados. Serão, também, introduzidos os conceitos de energia potencial, energia cinética, energia mecânica, energia potencial e potência elétrica e suas respectivas equações e unidades.

Conforme descrição da atividade na aula 4 (apêndice A), a introdução dos conceitos, equações e unidades serão feitos a partir dos exemplos reais das usinas hidrelétricas, mostrando que a capacidade de produção de energia de uma hidrelétrica depende da altura de queda d'água e da vazão do rio em que está instalada. Com isto, pretende-se fugir dos exemplos abstratos que utilizam situações hipotéticas com bolinhas, partículas e móveis, para representar os fenômenos físicos. Espera-se que os alunos participem, incentivados pelos questionamentos feitos pelo professor, e, desta forma, se tornem construtores de seu próprio conhecimento.

5.3.5 Aula 5

A aula 5 terá como objetivo avaliar a aprendizagem referente à aula anterior. Para isto, será aplicada uma lista de exercícios sobre energia mecânica, energia cinética e energia potencial gravitacional. No entanto, os exercícios serão do modelo tradicional, encontrados, geralmente, em livros didáticos, vestibulares e outros testes, utilizando bolinhas, móveis e partículas para o cálculo da energia associada ao movimento desses objetos, a lista encontra-se na aula 5 do apêndice A.

Este modelo de exercícios foi escolhido a fim de verificar se, após a apresentação dos conceitos e equações utilizando exemplos reais, os alunos seriam capazes de transferir o conhecimento do concreto para o abstrato; se, após a compreensão das relações entre as variáveis, ficaria mais fácil de trabalhar situações hipotéticas utilizando as equações deduzidas na aula anterior.

Inicialmente, o professor irá ajudar a resolver alguns dos exercícios propostos para auxiliar na associação das situações reais com as situações hipotéticas. Em seguida, os alunos continuarão a resolução sem a ajuda do professor.

5.3.6 Aula 6

A aula 6 tem como objetivo introduzir o subtema: “Outros modos de produção de energia”. Conforme discutido anteriormente, este subtema será tratado sinteticamente, apenas em duas aulas, com o objetivo de apresentar aos alunos outras formas de produção de energia, que são utilizadas como complementares no Brasil.

Para isto, foram selecionados seis vídeos de curta duração que tratam sobre as demais formas de produção de energia e possibilitam a comparação entre elas. Sem aprofundamento nos processos, os vídeos irão discutir brevemente alguns impactos e benefícios, mostrando exemplos dessas usinas no Brasil.

Antes da exibição do primeiro vídeo, o professor irá perguntar aos alunos se eles conhecem outras formas de produzir energia. Como já foram mencionadas outras formas de produção nas aulas anteriores, espera-se que os alunos iniciem uma discussão a respeito a partir desta pergunta. Pretende-se, com esta discussão, despertar a atenção deles para o assunto e descobrir qual o nível de informação que eles possuem sobre o assunto.

O primeiro vídeo, então, apresenta um complexo de usinas termoeletricas do Ceará, que utiliza carvão como combustível. Mostrando imagens internas e externas à usina, o documentário traz informações sobre quanto este complexo produz, quanto utiliza de combustível, quantos funcionários trabalham na usina e todo o processo que ocorre em seu interior, até mesmo o destino das cinzas que restam da queima do carvão. Embora o vídeo seja antigo, as imagens e informações são muito ricas e ajudam, principalmente, na comparação entre as usinas hidrelétricas e termoeletricas, uma vez que as imagens apresentadas nos vídeos das hidrelétricas eram bonitas, mostrando a grandiosidade delas, enquanto estas imagens mostram um local sem cor, sem vida, que só por sua aparência, já é possível ter ideia da poluição que a presença dessas unidades termoeletricas gera.

O segundo vídeo apresenta outros tipos de termoeletricas, as que utilizam gás natural como combustível. A reportagem se inicia apresentando uma fábrica de cervejas do Ceará que tem sua própria usina para abastecimento, uma minitermoelétrica a gás natural. Algumas informações apresentadas nesta reportagem geram muitas reflexões para o professor trabalhar com os alunos, como, por exemplo, a de que a indústria consome sozinha energia suficiente para abastecer uma cidade de 20 mil habitantes e, como o estado não podia suprir esta demanda, a fábrica investiu em sua autonomia energética. Isso vem mostrar o quanto as indústrias representam no consumo de energia do país e que essas indústrias podem ser independentes da distribuidora de energia, gerando sua própria energia para consumo. Esta reflexão mostra que, muitas vezes, não são necessárias usinas de grande porte, que causam graves impactos na sociedade e no meio ambiente, mas é necessário que haja uma legislação que regulamente a produção de energia em pequena escala, para que cada indústria seja responsável por produzir sua própria energia de forma sustentável. Estas discussões poderão ser trabalhadas com os alunos durante o debate. Este vídeo apresenta, ainda, outras duas termoeletricas do Ceará que também utilizam gás natural como combustível e representam 30% do consumo do estado. Estas usinas fazem parte do Complexo Portuário Pecém, onde, na época da reportagem, estava sendo construída uma nova usina a carvão, com novas tecnologias, que serão mostradas no próximo vídeo. Este vídeo como um todo, vem mostrar que existem alternativas de combustíveis menos prejudiciais ao meio ambiente e à sociedade, que podem substituir o carvão mineral. Estas informações irão fomentar o debate em sala de aula.

O terceiro vídeo apresenta uma usina termoeétrica que utiliza novas tecnologias de queima limpa do carvão, a Usina Termoeétrica Pecém II, que fica no Ceará. Este vídeo apresenta todo o processo através de uma animação bem detalhada e simples para entendimento e terá como objetivo mostrar aos alunos o desenvolvimento de tecnologias de produção de energia que visam diminuir os impactos e garantir o suprimento de energia no país.

O quarto vídeo apresenta um novo conceito de produção de energia, a usina de ondas. O vídeo traz informações de como funciona o projeto e vem mostrar para os alunos que existem alternativas de produção de energia que podem substituir as usinas de grande porte sem causar grandes impactos ambientais, utilizando pequenas centrais de produção. Contudo, como é preciso investimento e pesquisa, este projeto ainda não foi levado para a frente. Estas discussões irão permear o debate desta aula.

O quinto vídeo, apresenta a primeira usina solar do Brasil, também localizada no Ceará, e discute os benefícios deste modo de produção. Conforme descrição do vídeo na aula 6 (apêndice A), é possível discutir, através dele, o potencial da energia solar no Brasil e o que é preciso para que este modo de produção seja melhor aproveitado.

Por fim, o sexto vídeo discute os rumos da produção de energia elétrica no país, tratando de várias formas de produção, bem como de suas vantagens e desvantagens. Todos os vídeos exibidos nesta aula buscam ampliar a visão dos alunos, levando-os a conhecer outras formas de produção de energia, que são tidas como complementares no Brasil. Pretende-se fomentar um debate que leve os alunos a refletir sobre as alternativas de produção de energia no país.

5.3.7 Aula 7

O objetivo da aula 7 será apresentar os fenômenos físicos presentes nas usinas termoelétricas, eólicas, usina de ondas e usinas solares, para que a discussão sobre suas vantagens e desvantagens tenha um embasamento científico. Para tanto, será utilizado data show para apresentação de slides. Conforme a descrição mais detalhada dessa aula (apêndice A), os slides apresentarão imagens, gráficos e esquemas para facilitar o entendimento.

Serão tratados todos os aspectos de cada modo de produção, porém será necessário o entendimento dos processos físicos para a compreensão dos aspectos ambientais e sociais envolvidos. Serão mostrados exemplos de centrais de geração domésticas, para que os alunos possam avaliar as vantagens de se investir em sua própria geração de energia.

Durante toda a aula os alunos serão incentivados a participar das discussões. O professor, além de apresentar os conceitos, irá levantar questionamentos, problematizando os assuntos abordados.

5.3.8 Aula 8

Nesta aula, será introduzido o subtema: Usinas Nucleares. A introdução será feita por meio de um documentário sobre o acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl, com o objetivo de problematizar o subtema. O documentário traz informações sobre as ocorrências que resultaram no acidente, tanto em relação aos problemas técnicos do reator, como em relação aos erros cometidos em sua operação.

Este vídeo foi escolhido por ser muito rico em informações sobre o acidente, pois apresenta, por meio de simulações, os últimos minutos antes do acidente, ressaltando as falhas na operação do reator. Ele também apresenta entrevistas com os alguns colaboradores que sobreviveram ao acidente, inclusive com a pessoa considerada responsável por ele, mostra imagens reais após o acidente e possui uma narração muito detalhada e clara, trazendo informações técnicas, políticas, históricas e sociais sobre a usina. Embora o vídeo esteja tratando de uma usina em outro continente, é possível utilizar esse exemplo para gerar questionamentos sobre a usina nuclear de Angra dos Reis.

Conforme podemos constatar pela descrição desse vídeo da aula 8 (apêndice A), é possível, através dele, abordar o processo de geração de energia elétrica através da usina nuclear, pois ele traz simulações do interior do reator que enriquecem esta abordagem. É possível tratar sobre questões de segurança, ressaltando a necessidade de preparo das pessoas que controlam o reator, pois, mesmo existindo medidas e procedimentos de segurança satisfatoriamente confiáveis, essas pessoas podem ser influenciadas por diversos fatores

externos no sentido de que sua atuação pode resultar em tragédias. É possível, também, tratar dos interesses políticos e econômicos por trás desta tecnologia, pois o documentário fala sobre o contexto histórico que a usina foi construída. Todas essas discussões serão feitas após a exibição do vídeo, fazendo um paralelo com a usina nuclear de Angra dos Reis, de modo que os alunos serão incentivados a participar, promovendo um debate em sala de aula.

5.3.9 Aula 9

Nesta aula, será exibido um documentário sobre o lançamento da bomba atômica sobre Hiroshima, no Japão. Este documentário tem como objetivo apresentar aos alunos outra aplicação da energia nuclear, mostrando as semelhanças e diferenças entre os processos que ocorrem em uma bomba atômica e em um reator nuclear, e levando os alunos a refletir sobre o uso da ciência e da tecnologia como instrumento de poder e dominação, bem como sobre os aspectos políticos e históricos envolvidos na utilização desta tecnologia. Embora o evento do lançamento da bomba tenha ocorrido antes do acidente mostrado na aula anterior, foi definida esta ordem pelo fato de o foco principal desta abordagem ser a produção de energia.

Este vídeo pretende impressionar os alunos com o poder da energia nuclear e, além de despertar o interesse pelo assunto, provocar a reflexão sobre as consequências do possível mau uso da ciência e da tecnologia. Após a exibição do vídeo, será promovido um debate a respeito de todos os aspectos relacionados ao acontecimento histórico em questão, com a participação efetiva dos alunos.

5.3.10 Aula 10

Após os debates, nas aulas anteriores, sobre o acidente de Chernobyl e a bomba atômica de Hiroshima muitas dúvidas deverão surgir a respeito dos processos envolvidos nestes dois eventos. Portanto, nesta aula 10, serão abordados os fenômenos e conceitos físicos envolvidos nas tecnologias que utilizam energia nuclear, para melhor entendimento dos processos e esclarecimento das dúvidas.

A aula será apresentada em slides e trará imagens e esquemas para facilitar a compreensão. Conforme descrição no apêndice A, serão abordadas a estrutura do átomo, a origem da energia nuclear, as reações nucleares, o processo de enriquecimento do urânio e os processos que ocorrem no interior do reator e da bomba atômica. Toda a abordagem será feita relacionando e retomando as principais questões dos eventos apresentados, associando e esclarecendo as dúvidas que os alunos manifestaram nas aulas anteriores.

O objetivo principal desta aula é a compreensão do processo de produção de energia elétrica através das usinas nucleares e de todos os seus impactos, desde os riscos oferecidos para a população, até os impactos ambientais e a produção de lixo atômico. Ao abordar este assunto será dada ênfase à Usina Nuclear de Angra dos Reis.

Para melhor compreensão dos processos internos dos reatores nucleares, será utilizado um aplicativo virtual que simula as reações em cadeia de fissão que ocorrem em um reator.

5.3.11 Aula 11

Nesta aula, os alunos farão uma visita ao centro de informações da Usina Nuclear de Angra dos Reis. O objetivo desta visita é que eles conheçam de perto uma usina nuclear. Embora não possam entrar nela, por serem menores de idade, no centro de informações a

visita é acompanhada por um instrutor, que apresentará alguns vídeos e se disponibilizará para esclarecer dúvidas a respeito.

Na aula anterior, os alunos serão informados sobre a visita e serão orientados a anotar perguntas para fazer aos colaboradores da usina. As aulas anteriores, que abordam os processos, as questões de segurança e os impactos do uso dessa tecnologia, serão uma preparação para esta visita, pois os alunos já terão conhecimento suficiente para se questionar sobre todos esses aspectos.

Esta visita pretende mostrar aos alunos o quanto as discussões das aulas anteriores estão presentes na realidade deles, pois, embora saibam que existe uma usina nuclear na cidade, nem todos os alunos já passaram perto dela, ou, quando passaram, não tinham conhecimento a respeito. Contudo, após as abordagens precedentes, esta visita terá outro impacto e provocarão reflexões sobre a importância das discussões realizadas.

5.3.12 Aula 12

Na aula 12, será apresentado um documentário sobre o acidente com o césio-137 ocorrido em Goiânia, no Brasil, em 1987. Este documentário tem como objetivo abordar outras aplicações da física nuclear, problematizando o assunto através do relato do acidente. Com isso pretende-se provocar a reflexão sobre a importância da informação e do conhecimento sobre ciência e tecnologia para a sociedade.

O documentário apresenta uma dramatização de todos os eventos ocorridos que resultaram no acidente, com personagens que representam as vítimas e outros envolvidos, contando todos os detalhes.

Após a exibição do vídeo, será realizada uma discussão sobre os principais pontos, relacionando esse evento com os anteriores. Pretende-se, com isso, gerar outras dúvidas sobre o que é radioatividade, o que são os elementos radiativos, como eles interagem com o corpo humano, entre outras. Estas dúvidas serão esclarecidas na aula seguinte

5.3.13 Aula 13

A aula 13 será apresentada em slides e terá como objetivo esclarecer todas as dúvidas geradas nas aulas anteriores sobre a radioatividade e todos os aspectos envolvidos. A palavra radioatividade aparecerá diversas vezes, desde o primeiro vídeo sobre o acidente de Chernobyl, o que certamente terá gerado muitas dúvidas nos alunos sobre o que significa.

Para esclarecer essas dúvidas serão apresentados os processos radioativos, explicando a origem da radioatividade e diferenciando outros tipos de radiação. Serão abordadas as consequências da exposição à radioatividade e também as suas aplicações na área da saúde. Será apresentado, também, o conceito de meia-vida dos elementos radioativos com alguns exemplos, ressaltando suas implicações. Serão utilizados imagens e esquemas para facilitar o entendimento e todos os fenômenos abordados serão sempre relacionados aos eventos apresentados anteriormente, destacando seus riscos e impactos.

5.3.14 Aula 14

A aula 14 terá como objetivo o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão e ação social responsável, através de uma atividade em grupo. A atividade será realizada parcialmente em casa e parcialmente na escola, conforme descrição na aula 14 do apêndice A.

Ao final da aula anterior os alunos serão orientados a se dividir em grupos, cujos integrantes possuam a mesma opinião, a favor ou contra as usinas nucleares. Com isso, estarão desenvolvendo a atitude de tomada de decisão, se posicionando sobre o assunto. Após formados os grupos, cada grupo deverá se reunir em horário extra-classe para criar um vídeo expondo suas opiniões, defendendo ou criticando as usinas nucleares, porém com enfoque na Usina Nuclear de Angra dos Reis, de modo que irão refletir sobre suas realidades de vida.

Nesta aula, os grupos deverão apresentar os seus vídeos para a turma e defender as ideias neles expostas, o que deverá promover um debate em sala de aula. Depois de avaliados, os vídeos poderão ser publicados nas redes sociais a fim de informar e sensibilizar a população local sobre os riscos e impactos, ou vantagens, das usinas nucleares. A divulgação do vídeo representa uma ação social responsável, uma vez que eles estarão compartilhando seus conhecimentos em benefício da sociedade.

5.3.15 Aula extra

Na aplicação dessa sequência didática, foi prevista uma aula extra, em que os alunos visitariam uma exposição de fotos em homenagem aos 70 anos do lançamento da bomba em Hiroshima (mais informações sobre a exposição encontram-se na aula extra do apêndice A). Seu objetivo seria apresentar aos alunos o movimento Sociedade Angrense de Proteção Ecológica (SAPÊ), promotor da exposição, despertar o interesse pelo assunto e conhecer os eventos retratados nas fotos. Como essa exposição foi um evento temporário, não pode ser incluído como elemento estrutural da sequência didática e, em outra ocasião, esta aula poderá ser substituída por outra atividade.

5.4 Elaboração das Avaliações

As avaliações foram elaboradas com dois objetivos distintos, a serem atendidos concomitantemente, pela exiguidade habitual de tempo oferecido para a disciplina: o primeiro seria atender aos critérios de avaliação da escola, para que uma nota seja atribuída ao aluno, aplicadas no período determinado pela escola ou de acordo com a necessidade de cumprimento dos prazos. Já o segundo objetivo é avaliar o desenvolvimento deste trabalho. Esse processo avaliatório consistirá em uma avaliação prévia, avaliações intermediárias e uma avaliação final.

Como já foi dito, a mestrandia foi professora de uma escola da rede pública estadual, localizada no município de Angra dos Reis. Sendo assim, a implementação da sequência teve de se conciliar com as necessidades e normas do sistema de avaliação praticado pela escola. Neste sentido, adotou-se um sistema, aplicado a dois bimestres, em que a nota atribuída aos alunos compreendeu o intervalo de 0,0 a 10,0, de modo que as quatro avaliações aplicadas somassem 10,0 pontos. Em cada bimestre, foram elas: um teste com valor de 2,0 pontos, um trabalho com valor de 2,0 pontos, uma prova com valor de 4,0 pontos e a prova SAERJ com valor de 2,0 pontos.

Algumas avaliações, de ambos os bimestres, além de atenderem aos critérios de avaliação determinados pela escola, foram elaboradas de modo que pudessem avaliar o interesse dos alunos pelo tema e pelas atividades, bem como a eficiência da sequência didática em relação aos objetivos da proposta.

A avaliação prévia não fez parte das avaliações do bimestre, de modo, que atendeu apenas ao segundo objetivo e é, assim, considerada parte importante da proposta didática aqui apresentada. Com ela (Avaliação Prévia/Apêndice B) pretende-se verificar quais os

conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema e saber se eles veem a produção de energia elétrica como uma questão problemática para a cidade.

No terceiro bimestre foram aplicadas as avaliações de acordo com a tabela 2.

Tabela 2: Avaliações aplicadas no 3º bimestre.

Avaliação	Atividade	Valor
Trabalho	Aulas 2 e 3/Apêndice A	2,0 pontos
Teste	Aula 5/Apêndice A	2,0 pontos
Prova	Prova 3º Bimestre/Apêndice B	4,0 pontos
Prova SAERJ	Prova SAERJ	2,0 pontos

O trabalho, realizado nas aulas 2 e 3, avalia se os alunos compreenderam todos os aspectos envolvidos na construção de uma usina hidrelétrica, se eles entenderam a importância de se informar, conhecer e participar dos processos decisórios sobre o tema, se eles se irão se posicionar em relação ao problema, desenvolvendo uma atitude de tomada de decisão, e se irão se empenhar em desenvolver uma ação social responsável ao realizar o trabalho. Ao mesmo tempo, este trabalho atende ao primeiro objetivo ao ser atribuída uma nota para sua realização.

O teste, realizado na aula 5, avalia se a proposta de abordagem temática é eficiente para transferir o conhecimento do concreto para o abstrato, ao empregar exercícios tradicionais após a introdução dos conceitos utilizando metodologias alternativas. A lista de exercícios aplicada é um exemplo do que se encontra na maioria dos livros didáticos, vestibulares e outros exames, e representa uma relativa contradição à proposta de abordagem temática, uma vez que utiliza situações hipotéticas para o cálculo das grandezas físicas. Contudo, devido à necessidade de preparação dos alunos para vestibulares e exames de admissão ao ensino superior, optou-se por realizar ao menos uma atividade no modelo tradicional e verificar se, após a introdução dos conceitos por meio do tema, eles teriam mais facilidade para resolução de exercícios tradicionais. Na implementação da sequência, esta atividade também atendeu ao primeiro objetivo, correspondendo à nota do teste.

A prova, aplicada entre as aulas 7 e 8, atende ao primeiro objetivo somente, com valor de 4,0 pontos, e aborda os dois subtemas: “Usinas Hidrelétricas” e “Outros Modos de Produção de Energia”. Contudo, conforme pode-se notar (Prova 3º bimestre/apêndice B), as questões abordam aspectos políticos, ambientais, sociais e econômicos sobre os subtemas e também os fenômenos físicos envolvidos na produção de energia, de modo que coincidem com as características da abordagem temática com enfoque CTS. No entanto, não é objetivo desta pesquisa avaliar os alunos de modo quantitativo, uma vez que quase todas as questões são de múltipla escolha e não há dados anteriores à aplicação desta proposta para comparação. Todas as questões foram extraídas das provas SAERJ dos anos anteriores, consistindo em uma preparação dos alunos para realizar a prova SAERJ do bimestre.

A prova SAERJ, aplicada no terceiro bimestre, não é elaborada pelo professor. Portanto, não poderá atender ao objetivo 2, pois somente apresenta questões de múltipla escolha e como já foi dito, não é objetivo deste trabalho fazer uma análise quantitativa.

No quarto bimestre foram aplicadas as avaliações de acordo com a tabela 3.

Tabela 3: Avaliações aplicadas no 4º bimestre.

Avaliação	Atividade	Valor
Trabalho	Aula 14/Apêndice A	2,0 pontos
Teste	Teste 4º Bimestre/Apêndice B	2,0 pontos
Prova	Prova 4º Bimestre/Apêndice B	4,0 pontos
Prova SAERJ	Prova SAERJ	2,0 pontos

O trabalho, realizado na aula 14, avalia o nível de compreensão dos alunos sobre o subtema Usinas Nucleares, através de uma atividade em grupo. Além de atender aos critérios de avaliação da escola, pois os alunos receberão uma nota por sua realização, esta atividade pretende desenvolver atitudes de tomada de decisão e ação social responsável, atendendo também ao segundo objetivo.

O teste mencionado será aplicado após o término da sequência didática, pois representa a avaliação final da pesquisa. Ele atenderá aos dois objetivos avaliativos descritos acima, pois será atribuído 2,0 pontos por sua realização, mas principalmente, ao segundo objetivo, pois irá avaliar a eficiência da sequência didática em relação aos objetivos da proposta. A primeira questão é igual à da avaliação prévia, a fim de comparar as respostas e verificar se houve evolução no nível de conhecimento dos alunos sobre o tema central. As demais questões pretendem avaliar se os alunos compreenderam a função, os impactos e os riscos da Usina Nuclear de Angra dos Reis e se eles conseguem avaliar as vantagens e desvantagens dos diferentes modos de produção de energia e decidir qual seria o mais adequado para a cidade, ou mesmo se a usina nuclear é realmente necessária, se compreenderam a importância de estudar o tema e de entenderem sobre ciência e tecnologia para estarem aptos a opinar diante dos processos decisórios que ocorrem no país.

A prova, aplicada após a aula 14, com valor de 4,0 pontos, atende somente ao primeiro objetivo. Assim como a prova aplicada no terceiro bimestre, esta (Prova 4º bimestre/apêndice B) também traz questões que abordam aspectos políticos, ambientais, sociais e econômicos sobre o subtema, como também os fenômenos físicos envolvidos na produção de energia, mas como estas questões são, em sua maioria, de múltipla escolha, não serão consideradas como parâmetro para avaliação da proposta. As questões desta prova também foram extraídas das provas SAERJ dos anos anteriores, consistindo em uma preparação dos alunos para realizar a prova SAERJ do bimestre.

A prova SAERJ, aplicada no quarto bimestre, também não é elaborada pelo professor e atende apenas ao primeiro objetivo, representando 20% da nota do bimestre.

Na tabela 4 estão resumidas as avaliações e seus respectivos objetivos para cada bimestre.

Tabela 4: Resumo das avaliações.

Bimestre	Avaliação	Tipo	Atividade	Objetivo	Valor
Final do 2º	Avaliação Prévia	Prévia	Avaliação Prévia/ Apêndice B	2	0,0
3º	Trabalho	Intermediária	Aulas 2 e 3/Apêndice A	1 e 2	2,0
	Teste	Intermediária	Aula 5/Apêndice A	1 e 2	2,0
	Prova	Escola	Prova 3º Bimestre/Apêndice B	1	4,0
	Prova SAERJ	Escola	Prova SAERJ	1	2,0
4º	Trabalho	Intermediária	Aula 14/Apêndice A	1 e 2	2,0
	Teste	Final	Teste 4º Bimestre/Apêndice B	1 e 2	2,0
	Prova	Escola	Prova 4º Bimestre/Apêndice B	1	4,0
	Prova SAERJ	Escola	Prova SAERJ	1	2,0

A tabela 5 apresenta somente as avaliações que serão consideradas como parâmetros para avaliar esta proposta, já a tabela 6 apresenta as avaliações que foram aplicadas somente para atender aos critérios de avaliação da escola e não constituirão a sequência didática.

Tabela 5: Avaliações que serão consideradas como parâmetro para avaliar a proposta.

Avaliação	Tipo	Atividade
Avaliação Prévia	Prévia	Avaliação Prévia/ Apêndice B
Trabalho	Intermediária	Aulas 2 e 3/Apêndice A
Teste	Intermediária	Aula 5/Apêndice A
Trabalho	Intermediária	Aula 14/Apêndice A
Teste	Final	Teste 4º Bimestre/Apêndice B

Tabela 6: Avaliações aplicadas somente para atender aos critérios de avaliação da escola.

Avaliação	Tipo	Atividade
Prova	Escola	Prova 3º Bimestre/Apêndice B
Prova SAERJ	Escola	Prova SAERJ

Prova	Escola	Prova 4º Bimestre/Apêndice B
Prova SAERJ	Escola	Prova SAERJ

5.5 Aplicação das Avaliações e da Sequência Didática

Conforme dissemos, a sequência didática elaborada foi aplicada no segundo semestre de 2015 para cinco turmas de segundo ano do ensino médio de uma escola pública de Angra dos Reis/RJ. A aplicação da sequência teve como principal objetivo avaliar a proposta, a fim de aprimorá-la para elaboração de uma versão final. Esta versão final da sequência consiste no produto deste trabalho e servirá como apoio para professores que desejem adotar esta proposta.

Cada aula lecionada teve uma repercussão diferente, o que permitiu que a proposta fosse melhor adequada às necessidades e interesses dos alunos. Algumas atividades foram modificadas ou substituídas por outras. A seguir, serão descritos as observações e resultados de cada uma das avaliações aplicadas e aulas lecionadas.

5.5.1 Avaliação prévia

A avaliação prévia foi a primeira atividade aplicada para a turma, no entanto ela não faz parte da sequência, mas seus resultados foram utilizados como base para elaboração da sequência. Estes resultados foram descritos na sessão 5.2.

5.5.2 Aula 1

A aula 1 teve como objetivo introduzir por meio da problematização o primeiro subtema: Hidrelétricas. Por meio de sete vídeos previamente selecionados, foram apresentadas as hidrelétricas, sua importância, seu funcionamento e seus impactos em diversos aspectos. Os vídeos apresentados foram de curta duração, de modo que foi possível fazer observações e questionamentos entre eles.

Os cinco primeiros vídeos apresentados na aula tiveram a intenção de apresentar as hidrelétricas, causando um impacto visual e impressionando os alunos pela grandiosidade e benefício que proporcionam. Esse objetivo foi alcançado, pois além de despertar o interesse para o tema, eles geraram dúvidas sobre o funcionamento e impactos causados pelas hidrelétricas. Todos os alunos ficaram atentos aos vídeos; alguns comentavam entre eles enquanto os vídeos eram exibidos, enquanto outros faziam perguntas nos intervalos entre um vídeo e outro.

O quinto vídeo exibido foi, aparentemente, o que mais impressionou os alunos, pois apresentava as dez maiores hidrelétricas do mundo. O que causou grande impacto foi o fato de três das dez hidrelétricas estarem no Brasil, fato este, totalmente desconhecido pelos alunos. Suas reações demonstraram que eles não tinham ideia do potencial de geração de energia hidrelétrica que o Brasil possui.

Após a exibição dos cinco primeiros vídeos, foram feitos comentários e questionamentos sobre eles, chamando a atenção para o fato dos vídeos mostrarem apenas os benefícios das hidrelétricas e questionando se não haveriam desvantagens desse tipo de usina.

A participação dos alunos no debate foi intensa e mostrou que eles tinham grande interesse pelo tema, mas conheciam muito pouco a respeito.

O sexto vídeo, sobre o Movimento Gota D'água, despertou grande curiosidade nos alunos sobre os impactos causados pelas hidrelétricas, pois é um vídeo em que vários artistas famosos falam sobre a Usina Belo Monte. Ele foi amplamente divulgado em 2011, mas os alunos jamais o tinham visto, provavelmente devido à idade que tinham na época. O fato do vídeo ter sido produzido para chamar a atenção do pública ajudou muito a despertar o interesse dos alunos pelo assunto.

O último vídeo exibido nesta aula teve a pretensão de apresentar a real situação da construção da Usina Belo Monte através de um documentário. Embora seja um vídeo mais longo e menos atrativo que os demais, o conteúdo é muito rico de informações e dados importantes sobre o assunto. Como o subtema já havia sido problematizado através dos outros vídeos e debates, os alunos se mostraram muito interessados no documentário.

O objetivo da primeira aula da sequência didática foi introduzir e problematizar o subtema Hidrelétricas. Neste sentido, os vídeos se mostraram muito satisfatórios, pois despertam a atenção dos alunos através das belas imagens e riqueza de detalhes e informações que apresentam. Os debates e questionamentos incentivam os alunos a participar e refletir mais sobre o assunto, favorecendo o processo de aprendizagem.

Todos os vídeos exibidos nesta aula foram mantidos na proposta. No entanto, a primeira aula será dividida em duas aulas, sendo acrescentados quatro vídeos, pois verificou-se que o vídeo que divulga o movimento Gota d'água (6º vídeo) poderia estar influenciando a opinião dos alunos, levando-os a se posicionarem contra a geração de energia através das hidrelétricas. Então, foi selecionado um vídeo para expor outro ponto de vista sobre o movimento, de modo que eles terão a oportunidade de refletir sobre as opiniões divergentes e avaliar os dois lados.

Do mesmo modo, o documentário sobre a Usina Belo Monte pode se apresentar um tanto tendencioso, expondo somente os pontos negativos de sua construção. Sendo assim, foram selecionados mais três vídeos apresentando as características e os benefícios da Usina Belo Monte para se contraporem aos pontos negativos apresentados pelo documentário. Essa contradição apresentada pelos diferentes vídeos também levarão os alunos a refletir sobre o poder de influência que a mídia pode ter sobre as pessoas, o que aponta para a necessidade de compreender o assunto e todos os aspectos envolvidos para poder avaliar os pontos de vista divergentes.

Deste modo, na sequência final, a aula 1 será dividida em duas aulas. Na primeira serão exibidos os vídeos de 1 a 6, acrescido de um vídeo apresentando outro ponto de vista sobre o Movimento Gota d'água. Já na segunda aula, serão propostos o vídeo 7 mais os três novos vídeos incluídos sobre a Usina Belo Monte. Ambas as aulas terão momentos reservados para o debate a respeito dos vídeos.

5.5.3 Aulas 2 e 3

Na aula 2 foi realizada uma atividade que teve como objetivo incentivar a discussão e o posicionamento dos alunos a respeito do assunto, a descrição da atividade encontra-se na aula 2 do apêndice A. Eles se dividiram em grupos, em que os membros compartilhavam da mesma opinião, a favor ou contra as usinas hidrelétricas, e então tinham que defender suas opiniões, expondo vantagens e desvantagens das mesmas através da confecção de cartazes.

Foi solicitado aos alunos que procurassem notícias sobre as hidrelétricas, em revistas, jornais ou na internet, e levassem os recortes ou as impressões para que pudessem montar cartazes em defesa de suas opiniões. No entanto, essa foi a maior dificuldade para realização desta atividade, pois os alunos não se empenharam em procurar as notícias. Entre os poucos que procuraram, muitos disseram não ter tido como imprimir as notícias que encontraram na internet ou que não tinham acesso a revistas e jornais para fazer os recortes. Desta forma, muito poucos alunos tinham o material solicitado para realizar a atividade. Foi, então, providenciado algum material na escola para que a atividade fosse desenvolvida, porém a escola também não tinha muitos recursos deste tipo disponíveis.

Mesmo com todas as dificuldades com o material, a atividade foi muito produtiva. Os alunos debateram entre os membros dos grupos e fizeram excelentes cartazes expondo vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas.

Na aula 3, cada grupo apresentou o cartaz confeccionado para o restante da turma, justificando suas ideias e opiniões. Devido à falta de recursos e materiais, os grupos foram compostos por 8 alunos em média, o que dificulta o trabalho em grupo, pois nem todos participam de forma igual. Contudo, a atividade atendeu as expectativas de uma forma geral e cumpriu os objetivos de promover o debate, a reflexão crítica, o posicionamento sobre o tema e o desenvolvimento de uma ação social, que consistiu na exposição dos cartazes para as demais turmas da escola.

Os cartazes foram apenas colados nos expositores, mas se houver tempo suficiente, os alunos podem apresentá-los para as demais turmas da escola, promovendo a conscientização e o conhecimento de outras pessoas.

Esta atividade, como um todo, foi excelente para envolver os alunos nas discussões e para que eles pudessem efetivamente participar do processo de aprendizado de forma ativa. Eles se mostraram muito empenhados em confeccionar os cartazes e defender suas opiniões ao apresentá-los. Para que esta atividade possa ser ainda melhor aproveitada, é preciso que eles tenham acesso a revistas e jornais para recorte, ou imprimir as notícias na escola. O ideal é que o professor ofereça esse material e as pesquisas sejam feitas em sala de aula. Isso demandaria mais tempo e recursos. Ou ainda, o professor deverá adotar uma estratégia para incentivá-los a levar o material solicitado, como pontos extras, por exemplo.

5.5.4 Aula 4

Na aula 4, a atividade realizada teve como objetivo introduzir os conceitos físicos envolvidos na produção de energia elétrica. Primeiramente, foram distribuídos aos alunos cartões com os dados técnicos das seis maiores usinas hidrelétricas do Brasil para conhecerem e analisarem, conforme descrição na aula 4 do apêndice A. Desde o primeiro momento, os alunos já se mostraram muito interessados pela atividade; eles comentavam entre si e comparavam os dados das diferentes usinas. O fato de estarem trabalhando com informações reais foi o fator mais atrativo. Eles se mostravam impressionados com a altura, a capacidade de produção e começaram a fazer perguntas para a professora, querendo saber o que significava MW (megawatts), o que diferenciava as turbinas, qual era a relação entre os dados, entre outras perguntas.

Em seguida, os dados foram organizados no quadro para que pudessem ser ordenados por capacidade de produção e separados por tipo de turbina. Durante todo esse processo, que foi realizado com a participação ativa dos alunos (pois eles iam informando os dados para que a professora transcrevesse no quadro), eles estiveram muito atentos, faziam perguntas o tempo

todo e demonstraram grande interesse pela atividade. Ao apresentar os conceitos e equações, os alunos não demonstraram dificuldade em compreender.

Esta atividade, de um modo geral, foi muito produtiva e atingiu os objetivos propostos. A partir dela, foi elaborado um jogo didático para desenvolver esse mesmo processo, porém de uma forma mais dinâmica, atrativa e lúdica.

5.5.5 Jogo didático: Super Energia

A partir da atividade realizada na aula 4, foi desenvolvido um jogo didático com o objetivo de tornar a atividade mais dinâmica, atrativa e lúdica. Este jogo foi baseado em um jogo chamado Super Trunfo, o qual é composto por 32 cartas contendo dados técnicos sobre um determinado item, como carros, motos, aviões, entre outros. Analogamente, o jogo desenvolvido é composto por 20 cartas, contendo dados técnicos sobre usinas hidrelétricas, ou seja, cada carta contém informações sobre uma determinada usina. A quantidade de cartas foi reduzida para que o jogo seja mais rápido e a continuação da atividade se torne mais viável dentro do tempo disponível.

Este jogo foi pensado a partir da necessidade de organizar melhor a atividade e torná-la mais atrativa para os alunos, uma vez que as cartas apresentam, além das informações técnicas, imagens das usinas e a localização de cada uma. Dois exemplos de cartas são apresentados na figura 2.

	
Itaipu Binacional	Paraibuna
Altura: 118,4 m	Altura: 78,3 m
Turbina: Francis	Turbina: Francis
Vazão: 13 800 m ³ /s	Vazão: 68 m ³ /s
Quantidade de turbinas: 20	Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 14 000 MW	Capacidade: 85 MW
Local: Foz do Iguaçu/PR	Local: Paraibuna/SP

Figura 2: Cartas do jogo Super Energia.

As informações apresentadas nas cartas foram escolhidas de acordo com as relações que podem ser feitas com os conceitos físicos envolvidos na produção de energia elétrica. A altura (da queda d'água) se relaciona com a energia potencial, a vazão se relaciona com o volume e a velocidade, que por sua vez, se relaciona com a energia cinética. A partir da vazão também é possível deduzir a massa de água que atravessa a turbina a cada segundo, o que é essencial tanto para o cálculo de energia potencial, quanto de energia cinética. A capacidade,

que representa a quantidade máxima de potência fornecida pela usina, se relaciona com a quantidade de energia mecânica que é extraída do movimento das águas e transformada em energia elétrica em cada usina. A quantidade e o tipo de turbinas são dados necessários para comparação entre as usinas, de modo que é possível deduzir qual a potência fornecida por cada turbina e comparar turbinas do mesmo tipo. Só então, será possível comparar os demais dados.

Como é possível notar, o que difere o jogo da atividade inicial é a forma como os dados são apresentados. Acredita-se, que ao utilizar as informações para um determinado fim, que seria comparar os dados para vencer o jogo, os alunos tenham mais facilidade para compreender as diferenças e assimilá-las.

Conforme explicado anteriormente, o jogo foi desenvolvido a partir de uma necessidade verificada durante a aplicação da sequência didática, portanto, ele ainda não foi aplicado em sala de aula. A inclusão do jogo na sequência didática faz parte da reformulação da sequência, de acordo com as necessidades verificadas em sua aplicação.

A versão completa do jogo se encontra no apêndice C e fará parte da sequência didática, de modo que o professor que deseje adotar essa proposta poderá imprimir as cartas e utilizá-las com seus alunos. Acredita-se que uma aula de 100 minutos seja mais que suficiente para os alunos brincarem e na aula seguinte o professor poderá dar continuidade à atividade proposta, conforme a sequência didática. Desta forma, a aula 4 será proposta em duas aulas na sequência didática final, sendo uma aula apenas para os alunos jogarem e a aula seguinte para trabalhar os dados técnicos e conceitos físicos apresentados através do jogo.

5.5.6 Aula 5

Na aula 5, a atividade proposta teve como objetivo verificar o aprendizado das aulas anteriores. Na aula 4, foram introduzidos os conceitos físicos envolvidos na produção de energia elétrica e suas respectivas equações e unidades, tais como energia mecânica, energia cinética, energia potencial gravitacional e potência elétrica.

A atividade desta aula consistiu em uma lista com dez exercícios do modelo tradicional, que utilizam bolinhas, móveis e partículas para o cálculo da energia associada ao movimento desses objetos, ou seja, essa atividade representou uma mudança do concreto para o abstrato, com o objetivo de verificar se, após a compreensão dos conceitos e equações apresentados por meio de algo real, que são as usinas hidrelétricas, os alunos teriam mais facilidade para resolver exercícios que abordam situações hipotéticas com objetos abstratos.

Foi constatado que, mesmo os alunos tendo compreendido bem os conceitos e equações apresentados na aula 4, eles não conseguem fazer bem a transposição do concreto para o abstrato. Eles apresentaram muita dificuldade para resolver os exercícios propostos na lista, mesmo sendo exercícios de nível fácil e mesmo tendo a ajuda da professora. Além disso, ficou evidente a desmotivação dos mesmos ao retornarem para o modelo tradicional a que já estão acostumados; não houve questionamentos, nem participação semelhante à das aulas anteriores.

Esta atividade consistiu apenas em uma forma de comparar o modelo tradicional de ensino de física com a abordagem CTS, portanto ela não fará parte da sequência didática final, uma vez que o objetivo da proposta CTS não é compatível com este tipo de atividade.

5.5.7 Aulas 6 e 7

Na aula 6, foi introduzido o subtema: Outros modos de produção de energia. Foram exibidos seis vídeos, que apresentaram as usinas termoelétricas, com diversos tipos de combustíveis, as usinas de ondas, as usinas solares e as usinas eólicas.

Esses vídeos não são tão atrativos como os que apresentam as usinas hidrelétricas e, conseqüentemente, chamam menos a atenção dos alunos. Contudo, eles apresentam todos os outros modos de produção de forma detalhada, evidenciam com imagens, entrevistas e informações, os impactos das termoelétricas a carvão, diferenciam claramente os tipos de combustíveis e os impactos causados por cada um e mostram as vantagens das usinas solares, eólicas e de ondas. Em outras palavras, são vídeos muito ricos, que atendem ao objetivo proposto, a saber, o de apresentar para os alunos as formas complementares de produção de energia elétrica.

Os alunos se mostraram bastante interessados em conhecer esses novos processos, sobre alguns dos quais a maioria dos alunos jamais tinha ouvido falar. Por esse motivo, eles participaram bastante da aula, questionando e debatendo as questões levantadas pela professora. Eles ficaram particularmente bem impressionados com os impactos causados pelas termoelétricas e também com a simplicidade e benefício da usina de ondas.

No período em que este assunto estava sendo discutido em sala de aula, um vídeo da então Presidente da República, Dilma Rousseff, estava sendo veiculado nas redes sociais, no qual ela falava a respeito de energia eólica. Este vídeo foi exibido também nesta aula para fomentar o debate e teve uma ótima repercussão com os alunos, uma vez que o vídeo estava sendo muito comentado e satirizado em redes sociais, por conta de seu conteúdo. Os alunos demonstraram muita satisfação em discutir esta questão em sala de aula. Por este motivo, este vídeo será incluído na sequência didática com o objetivo de enriquecer as discussões sobre outros modos de produção de energia elétrica.

A aula 7 teve como objetivo esclarecer os processos apresentados na aula 6, uma vez que os vídeos apresentam os modos de produção, mas não abordam os processos físicos. Com o auxílio de slides, a professora abordou os principais conceitos físicos envolvidos nestes modos de produção de energia complementares, sem aprofundamento em nenhum deles. Esta aula foi essencial para esclarecer as dúvidas e dar continuidade ao debate sobre vantagens e desvantagens das diversas fontes de energia. Pode-se observar que, ao compreenderem cada processo, os alunos demonstram um interesse cada vez maior, pois sentem segurança no aprendizado.

O professor que deseje adotar essa proposta deve observar durante a aula 6 as principais dúvidas, os pontos de maior interesse dos vídeos e os aspectos mais importantes a serem abordados em cada modo de produção, para que, assim, possa preparar seu material de apoio de acordo com as necessidades de sua turma.

5.5.8 Aplicação da prova 3º bimestre

A prova 3º bimestre (apêndice B) foi composta por 10 questões, sendo 2 questões dissertativas e 8 questões de múltipla-escolha. Embora esta prova não tenha sido elaborada para fazer parte da sequência didática (pois não é objetivo deste trabalho sugerir o modo de avaliação, uma vez que cada escola possui seus critérios específicos), suas questões atendem aos critérios da proposta CTS, pois abordam o tema de maneira contextualizada, crítica e ao mesmo tempo envolvem conhecimentos físicos. As questões tratam dos impactos sociais e ambientais e dos diversos aspectos envolvidos nos diferentes modos de produção de energia

estudados até o momento. Elas foram extraídas de provas SAERJ de anos anteriores e, portanto, atendem aos objetivos propostos no currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro. Esta prova foi elaborada deste modo, pois era exigência da escola que os alunos se preparassem para a prova SAERJ, a qual é aplicada ao final de cada bimestre.

A aplicação desta prova apresentou resultados muito bons, considerando o desempenho dos alunos, contudo não é possível fazer qualquer conclusão através da análise quantitativa dos mesmos, pois não há resultados anteriores à aplicação da sequência didática para comparação, uma vez que o trabalho com estas turmas foi iniciado pouco antes do início da pesquisa. Uma análise qualitativa é apresentada na figura 3.

Foram considerados com um excelente desempenho os alunos que acertaram 100% das questões, muito bom os que acertaram entre 75 e 97,5%, bom os que acertaram entre 50 e 74,9%, regular os que acertaram entre 25 e 49,9% e ruim os que acertaram abaixo de 25%.

O terceiro bimestre foi finalizado com a aplicação desta prova, encerrando, desta forma, os subtemas “Usinas hidrelétricas” e “Outros modos de produção de energia”.

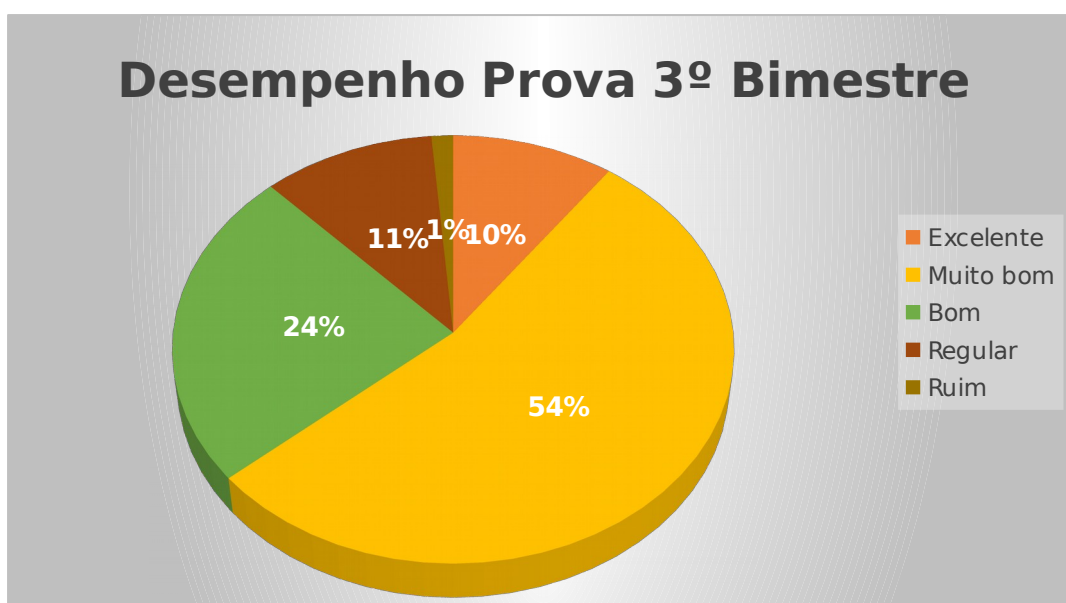


Figura 3: Análise qualitativa do desempenho dos alunos na prova 3º bimestre.

5.5.9 Aula 8

Na aula 8, o subtema Usinas Nucleares foi introduzido através de um documentário que relata o acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl, na União Soviética, em 1986. A descrição do vídeo se encontra na aula 8 do apêndice A.

A exibição deste vídeo causou grande impacto nos alunos, como esperado, pois eles puderam conhecer uma situação real ocorrida em uma usina nuclear em outro país, mas que pode ser transferida para a realidade deles. Através do vídeo, foi possível mostrar a dimensão do risco oferecido por uma usina nuclear e a importância de conhecer e compreender os processos envolvidos neste modo de produção de energia.

O vídeo chamou muito a atenção dos alunos, pois apresenta uma simulação um tanto dramática sobre o acidente, o que os levou os a se enxergar em tal situação. Com isto, foi despertado o interesse por conhecer os motivos do acidente, o que exige um conhecimento físico para entendimento, ou seja, por meio da apresentação de uma situação real, o assunto foi problematizado, o que despertou o interesse pelo aprendizado para compreender tal situação.

Durante a exibição do vídeo, os alunos se mantiveram atentos e curiosos, comentando entre si e expressando reações aos acontecimentos. Após o vídeo começaram a perguntar sobre os processos físicos, a debater os motivos do acidente e a comparar aquilo que foi mostrado com sua realidade, questionando-se sobre a Usina Nuclear de Angra dos Reis.

A introdução do subtema através deste documentário se mostrou muito eficiente no sentido de despertar o interesse pelo aprendizado e levar os alunos a refletir sobre sua própria realidade.

5.5.10 Aula 9

Na aula 9 foi exibido um documentário sobre o lançamento da bomba atômica sobre a cidade de Hiroshima, no Japão, ocorrido em 1945. Este documentário teve como objetivo promover reflexões sobre o poder e a aplicação da energia nuclear no mundo e fazer uma relação com a tecnologia utilizada em uma usina nuclear.

O vídeo despertou muito a curiosidade nos alunos, tanto sobre os processos físicos envolvidos, quanto sobre as questões históricas e políticas envolvidas no acontecimento. Após a exibição foi iniciado um debate sobre todas essas questões e os alunos demonstraram grande interesse, participando e questionando sobre os efeitos da bomba atômica.

Esse documentário representou a continuação da problematização do subtema e cumpriu o objetivo de despertar nos alunos a vontade de aprender sobre a física envolvida no processo e compreender todos os aspectos envolvidos neste acontecimento.

5.5.11 Aula 10

A aula 10 teve como objetivo esclarecer todas as dúvidas geradas na aula anterior sobre os acontecimentos apresentados e abordar todos os fenômenos físicos envolvidos, tanto na produção de energia através das usinas nucleares, como no lançamento de uma bomba atômica. Foram enfatizados os impactos ambientais e os riscos oferecidos por uma usina nuclear, sempre tomando como exemplo a Usina Nuclear de Angra dos Reis e identificando na realidade dos alunos esses impactos e riscos.

Embora esta aula tenha sido uma aula expositiva com a utilização de slides, os alunos não foram passivos no processo de aprendizagem, pois sua participação foi constante, perguntando e comentando sobre o assunto. Eles se mostraram interessados e curiosos por entender todos os processos físicos envolvidos; durante todo o tempo associavam aquilo que estava sendo mostrado à realidade deles, comparando com a Usina Nuclear de Angra dos Reis.

Foi possível constatar que os vídeos exibidos nas aulas anteriores foram determinantes para tornar esta aula dinâmica e participativa, pois os alunos se mostravam ansiosos por compreender o que havia sido apresentado.

A utilização do aplicativo virtual foi essencial para a compreensão das reações nucleares e foi muito atrativo, pois de uma forma muito simples, os alunos conseguiram visualizar o processo, facilitando, assim, o entendimento.

5.5.12 Aula 11

Na aula 11, os alunos foram levados à Usina Nuclear de Angra dos Reis para uma visita ao centro de informações. Infelizmente, não foi possível fazer a visita no interior da usina, pois não é permitido pela empresa o acesso a pessoas com menos de 18 anos.

As aulas 8, 9 e 10 representaram uma preparação para esta atividade e foram essenciais para despertar o interesse dos alunos, pois, durante essas aulas, eles já se mostravam muito ansiosos pela visita. Eles foram incentivados a anotar suas dúvidas, levantar questionamentos e observar detalhes a que, provavelmente, não se atentariam se não tivessem assistido às aulas.

O local onde os alunos foram recebidos é um centro de informações que fica ao lado da usina, porém não muito perto; só é possível avistar a usina de um mirante a aproximadamente 500 metros de distância, como mostrado na imagem 1. Nesse local há um auditório e um pequeno museu, com uma réplica de um reator nuclear, uma maquete da usina e uma exposição com informações gerais e com a história da usina.



Imagem 1: Usina Nuclear de Angra dos Reis vista do centro de informações.

A empresa disponibiliza um ônibus, sem custo, para buscar e levar os alunos, partindo da escola e retornando a ela após a visita. É importante ressaltar que esta atividade, como um todo, foi muito motivadora para os alunos, não somente pelo interesse que eles tinham em conhecer a usina, mas também pela oportunidade que eles têm de interagir entre eles e com o professor desde a saída da escola, o que torna mais próxima, tanto a relação entre eles, como a relação deles com o professor. Essa aproximação contribui de forma positiva para o aprendizado, pois é uma atividade prazerosa que desperta interesse e atenção.

A visita se iniciou com uma palestra ministrada por uma colaboradora da usina. A palestra foi bem simples e breve, foram apresentados alguns slides sobre o funcionamento do reator, alguns vídeos mostrando as vantagens deste modo de produção de energia e enfatizando os cuidados com a segurança e o meio ambiente e foi disponibilizado um momento para fazer perguntas. Os alunos se mantiveram atentos, comentando entre eles e vários participaram fazendo perguntas para a palestrante. Foram levantados questionamentos, principalmente, sobre a segurança e os impactos ambientais.

Após a palestra, os alunos foram direcionados para o museu e ficaram à vontade para conhecer. Eles gostaram muito de poder ver a réplica do reator em tamanho real e a maquete mostrando o interior da usina, porém ficaram ainda mais curiosos para entrar na usina real.

Em seguida, os alunos foram levados para outro local, onde fica um simulador da sala de controle do reator nuclear. A palestrante acompanhou os alunos e fez uma breve explicação sobre o funcionamento da sala, sobre o treinamento dos operadores da sala de controle e abriu espaço para perguntas. Os alunos participaram e gostaram muito desse momento da visita, pois puderam ver de perto os operadores em treinamento, como se estivessem na usina real. Além disso, no documentário exibido sobre o acidente na usina de Chernobyl, esse espaço foi bastante mostrado, então eles puderam ver que a usina de Angra dos Reis é semelhante à de Chernobyl, o que mostrou que os riscos oferecidos por elas são os mesmos. A imagem 2 mostra o simulador da sala de controle.



Imagem 2: Simulador da sala de controle da Usina Nuclear de Angra dos Reis.

A visita se encerrou após esse momento e os alunos retornaram para a escola. Em geral, a visita foi muito produtiva e atendeu aos objetivos propostos. Os alunos ficaram muito satisfeitos em conhecer a usina mais de perto. Alguns já tinham feito essa visita em anos anteriores e alguns nunca tinham nem passado em frente à usina. Mesmo os alunos que já conheciam o centro de informações tiveram a oportunidade de ter uma nova visão, pois não foi uma visita aleatória, mas houve uma preparação.

Esta atividade pode não ser viável para qualquer professor que deseje adotar a proposta, como por exemplo, caso não seja uma escola de Angra dos Reis, ou não seja possível agendar uma data por falta de vagas, ou ainda a data não coincida com a ordem da sequência didática, no entanto, o professor deverá adequar a atividade à sua realidade e de seus alunos, substituindo a visita por uma aula que apresente a Usina Nuclear de Angra dos Reis com vídeos, imagens e informações que podem ser obtidas facilmente na página da própria usina. É muito importante que os alunos saibam e conheçam a única usina nuclear que existe no Brasil. Além disso, o professor poderá também levar seus alunos para conhecer outro tipo de usina que seja de fácil acesso para ele, independentemente de ter ido ou não à usina nuclear. As visitas à espaços não formais de educação sempre enriquecerão o aprendizado e dentro deste tema existem muitas possibilidades para fazer este trabalho.

5.5.13 Aula 12

Na aula 12, foi exibido um vídeo sobre o acidente Césio-137 ocorrido na cidade de Goiânia, no Brasil, em 1987. O objetivo desta aula foi apresentar outras aplicações da física nuclear, introduzir o conceito de radioatividade e enfatizar a importância do conhecimento e da informação para todo cidadão.

Os alunos ficaram atentos durante toda a exibição do vídeo, faziam comentários entre eles e expressavam reações com a simulação do acidente apresentada no documentário. Ao final da exibição fizeram muitas perguntas sobre a radioatividade, suas aplicações e consequências.

Foi possível notar que eles não tinham conhecimento nenhum a respeito do assunto e que ficaram muito curiosos por aprender. Outro ponto importante foi o fato de ter sido um acidente de repercussão mundial que ocorreu no Brasil, isso chama muito a atenção dos alunos, pois demonstra a importância de trabalhar este tema.

5.5.14 Aula 13

Na aula 13 foi apresentado o conceito de radioatividade e todas as suas implicações. A aula foi apresentada em slides com muitas imagens e exemplos de aplicações, sempre abordando os eventos apresentados nas aulas anteriores (acidente na usina de Chernobyl, lançamento da bomba em Hiroshima e acidente com Césio-137 em Goiânia). Todas as dúvidas levantadas sobre esse assunto foram esclarecidas.

Embora tenha sido uma aula expositiva, foi muito dinâmica, com a participação ativa dos alunos. A problematização com os vídeos, a visita à usina, bem como a aula explicativa sobre energia nuclear foram essenciais para facilitar e motivar o aprendizado sobre este assunto.

Ao final da aula foi proposta uma atividade para ser feita em casa e apresentada na aula seguinte. Os alunos deveriam formar grupos em que todos os membros se posicionassem com a mesma opinião, contra ou a favor das usinas nucleares. Então eles deveriam criar vídeos de conscientização expondo suas opiniões e motivos. Esses vídeos seriam apresentados na aula seguinte.

5.5.15 Aula 14

Na aula 14 foram realizadas as apresentações da atividade proposta na aula anterior. Alguns grupos se empenharam e fizeram excelentes vídeos, explicando como funciona e para

que serve uma usina nuclear, apresentando suas desvantagens, riscos e impactos. Outros grupos fizeram entrevistas com professores e funcionários da escola perguntando suas opiniões, se eram contra ou a favor da usina nuclear e no final do vídeo os próprios alunos expuseram suas opiniões. Alguns alunos fizeram músicas e gravaram. Por fim, alguns alunos não fizeram a atividade sob a alegação de que não tinham acesso a computador ou não sabiam fazer os vídeos, entre outras.

A maior dificuldade desta atividade foi envolver todos os alunos em sua realização. Contudo, essa é uma dificuldade que se apresenta em todas as atividades que são realizadas fora da escola. Alguns alunos esquecem de fazer ou simplesmente dizem que não fazem porque não querem. Apesar disso, muitos dos participantes superaram as expectativas apresentando excelentes trabalhos e cumpriram o objetivo da atividade, que era apresentar sua produção em sala de aula e explicar seus motivos, promovendo um debate sobre o assunto.

Para que esta atividade fosse melhor aproveitada, seria ideal que eles realizassem na escola. No entanto, a maioria das escolas não oferecem os recursos necessários para isto. Desta forma, cabe ao professor adotar estratégias para que todos os alunos participem de forma igualitária.

5.5.16 Aula extra

Nesta aula, os alunos foram levados para conhecer uma exposição sobre o lançamento da bomba atômica em Hiroshima, a qual estava sendo realizada em homenagem às vítimas desta tragédia, que completou 70 anos em 2015.

Esta aula não foi planejada em conjunto com a sequência didática, porém, como estava acontecendo a exposição na cidade e coincidia com o assunto que os alunos iriam estudar, representou uma grande oportunidade para complementar o aprendizado.

No período da exposição os alunos ainda estavam estudando sobre hidrelétricas e nem todos sabiam do que se tratava tal acontecimento. Nem todos tinham conhecimento sobre energia nuclear, mas apenas alguns alunos ficaram desmotivados; a maioria gostou muito e participou durante toda a visita. Apesar de a exposição não ter coincidido com o período em que estavam estudando o assunto, quando começamos a estudar usinas nucleares e energia nuclear, eles lembraram da exposição e foi possível associar as informações enriquecendo o aprendizado.

Esta atividade, embora não planejada, despertou o interesse para o assunto que seria estudado mais adiante. Além disso, o conteúdo da exposição relacionava o lançamento da bomba atômica com os riscos oferecidos pela usina nuclear e apresentava muitas informações históricas sobre os movimentos contra a construção da Usina Nuclear de Angra dos Reis que aconteceram na época de sua construção. Isso aproximou o conteúdo da realidade dos alunos, o que chamou a atenção dos alunos e despertou grande interesse pelo assunto.

O que foi possível concluir com esta atividade é que é muito importante que as atividades extraclasse, como as visitas a espaços não formais de educação, sejam planejadas em coerência com o que está sendo ensinado em sala de aula, é muito importante que haja uma preparação e uma continuidade para a atividade, para que ela seja totalmente aproveitada. No entanto, as oportunidades não podem ser desperdiçadas e o professor deve saber adequá-las ao seu planejamento.

Esta aula não fará parte da sequência didática final, por ter sido uma aula extra, complementar para a sequência. Contudo, é muito importante que o professor sempre se atente aos eventos que estão acontecendo nos teatros, museus e centros de exposições da

cidade, ou ainda procure conhecer as possibilidades que a região oferece, como por exemplo, procurar saber se tem algum tipo de usina próxima à sua cidade, ou alguma empresa que tenha sua própria central de produção de energia, pois sempre haverá alguma possibilidade de enriquecer o aprendizado dos alunos com atividades extraclases bem planejadas e de fácil acesso.

5.5.17 Aplicação da prova 4º bimestre

A prova 4º bimestre foi aplicada após o encerramento da sequência didática e fez parte dos critérios de avaliação da escola. Esta prova possuiu as mesmas características da prova 3º bimestre e, analogamente, os resultados da mesma não serão utilizados como parâmetro para esta pesquisa, pois não é objetivo desta proposta avaliar os alunos. Apenas uma análise qualitativa é apresentada na figura 4. Da mesma forma, não é possível tirar conclusões destes resultados, pois não há resultados anteriores ao início da pesquisa para comparação.

Foram considerados com um excelente desempenho os alunos que acertaram 100% das questões, muito bom os que acertaram entre 75 e 97,5%, bom os que acertaram entre 50 e 74,9%, regular os que acertaram entre 25 e 49,9% e ruim os que acertaram abaixo de 25%.

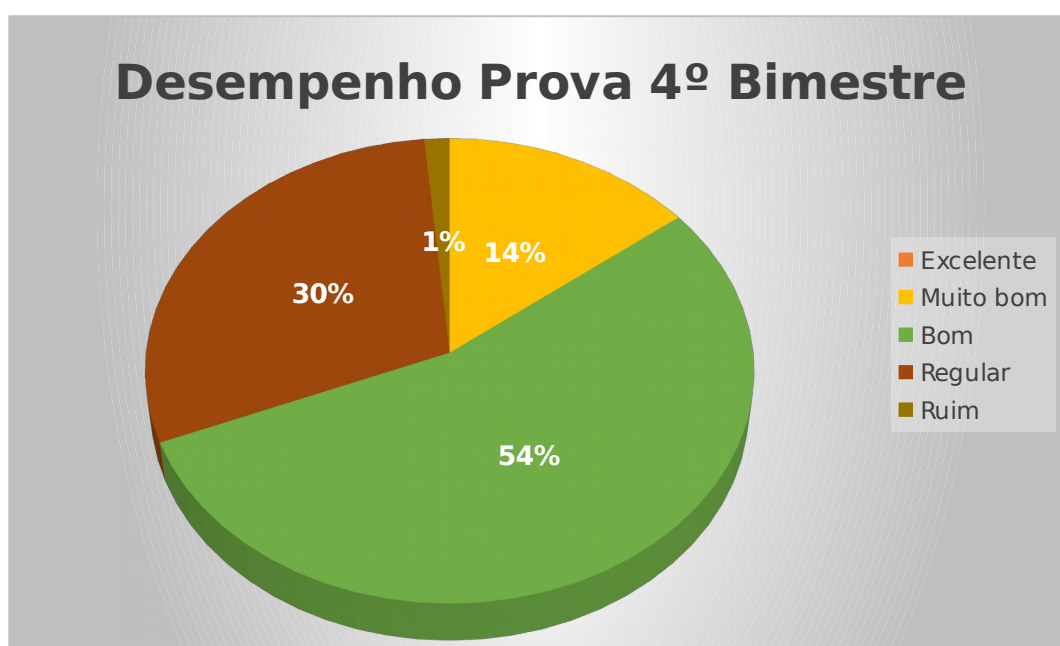


Figura 4: Análise qualitativa do desempenho dos alunos na prova 4º bimestre.

5.5.18 Avaliação final

A avaliação final (Teste 4º Bimestre – Apêndice B) teve como objetivo verificar o aprendizado dos alunos em relação à toda sequência didática aplicada durante o 3º e o 4º bimestre.

Esta avaliação foi composta por oito questões: as sete primeiras foram sobre o tema estudado e tiveram como objetivo verificar se houve alguma evolução em relação à avaliação prévia, pois as perguntas tratam dos mesmos assuntos, mas de forma mais específica. Já a última teve como objetivo saber se os alunos gostaram das aulas e dos recursos utilizados,

saber a opinião deles sobre o próprio aprendizado e se sentiram falta de algum recurso que estavam acostumados. As questões são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4: Avaliação Final

1 – De onde vem a energia elétrica que chega até a sua casa?

Descreva como e onde ocorre a produção de energia elétrica e como ela é transferida até a sua casa. Não se esqueça que existem várias formas de se obter energia elétrica, as quais estudamos no 3º e 4º bimestre, fale sobre todas que se lembrar.

2 - Em sua opinião, é necessária a existência da usina nuclear em Angra dos Reis? Ela poderia ser substituída por outro tipo de usina? Explique.

Lembre-se que é preciso pensar nos recursos disponíveis na região. Pensando nisso, dê um exemplo de usina que poderia substituir a nuclear.

3 - Você acha que um acidente, como o que ocorreu na usina de Chernobyl, poderia ocorrer nas usinas de Angra dos Reis? Justifique sua resposta.

4 – Você saberia o que fazer caso um acidente ocorresse na usina nuclear de Angra dos Reis?

5 – Em sua opinião, qual foi a importância do nosso estudo sobre a produção de energia elétrica desde o início do 3º bimestre?

Fale sobre o que você aprendeu de novo e como isso contribui para sua vida.

6 – Você achou importante conhecer as situações reais que envolvem a produção de energia elétrica? Porquê?

Como, por exemplo, o processo de construção da Usina Belo Monte ou o acidente na usina nuclear de Chernobyl.

7 - Agora que você conhece um pouco mais sobre a energia nuclear, comente sobre os perigos que ela oferece para o mundo.

Fale também sobre os perigos da bomba atômica e sua relação com as usinas nucleares.

8 - Para terminar, dê sua opinião sobre as aulas de física nestes dois últimos bimestres.

Fale se gostou dos debates, dos vídeos, dos assuntos discutidos. Essas atividades contribuíram para o seu aprendizado? Você sentiu falta de algo (como copiar a matéria no caderno, utilizar fórmulas ou alguma outra coisa)? Você gostou de aprender física dessa forma ou acha que o que estudamos não tem muito a ver com física?

Em relação à primeira questão, alguns alunos responderam de forma bem sucinta e sem maiores detalhes, porém de forma correta, como por exemplo:

“A energia elétrica é produzida nas usinas e ela é transferida através de cabos de eletricidade até os postes de luz.”

Outros alunos responderam de forma bem detalhada, explicando todo o processo desde a produção até a distribuição, como se pode ver na fala a seguir:

“No Brasil a energia elétrica é gerada principalmente pelas hidroelétricas (gerador movido pela força das águas) e termoelétricas (geração de energia por gás). Pode ser produzida através de diferentes fontes de energia: carvão mineral, derivados de petróleo, bagaço de cana. Depois de produzidas a energia elétrica vai para as cidades através de linhas e torres de transmissão de alta tensão. Quando a eletricidade chega nas cidades ela passa pelos transformadores de tensão nas subestações que diminuem a voltagem. A partir daí a energia elétrica segue pela rede de distribuição, onde os fios instalados nos postes levam a energia até a sua casa.”

Observa-se que, embora os alunos ainda apresentem certa dificuldade em se expressar utilizando os termos técnicos, a maioria deles compreendeu que a energia elétrica pode ser produzida de diversas formas diferentes e que todas as fontes abastecem um sistema único de distribuição, ou seja, a ideia inicial que eles tinham, de que a energia produzida na Usina Nuclear de Angra dos Reis não era utilizada na própria cidade e que por isso a energia custava mais caro, foi superada. Em geral, houve grande evolução em relação às respostas da avaliação prévia para esta questão, variando entre respostas mais completas e detalhadas ou mais sucintas e diretas, mas não houve respostas erradas.

Em relação à segunda questão, a maioria dos alunos respondeu que não é necessária a existência de uma usina nuclear na cidade, justificando que outras formas de produção de energia poderiam ser utilizadas. No entanto, nem todos sugeriram outras fontes segundo um critério tecnicamente correto, como é possível ver na fala a seguir, em que o aluno sugere a substituição por uma usina eólica, sendo que na cidade de Angra dos Reis não há o suficiente para isso.

“Não pois nossa energia nem se quer é utilizada dessas usinas. Ela poderia ser substituída por uma usina Eólica pois acredito que o clima da cidade ajude bastante no funcionamento da mesma.”

Alguns, justificaram com o fato de a usina nuclear produzir uma quantidade relativamente pequena para valer a pena o risco que oferece e explicaram o motivo de não ser possível construir outros tipos de usinas na cidade. Embora não tenha considerado todos os tipos, as justificativas foram totalmente coerentes:

“Não, a usina nuclear de Angra dos Reis não é necessária já que ela corresponde apenas a 3% da matriz energética do Brasil. Em Angra dos Reis não existe recursos para uma substituição já que é cercada por morros impedindo a corrente de vento, o que impediria a produção de energia eólica (pois não possui vento forte) e Angra também não tem rios para a construção de uma usina hidrelétrica.”

Alguns alunos abordaram questões políticas em sua justificativa e fizeram sugestões mais coerentes com a realidade da cidade:

“Não, pois acho que a usina nuclear foi construída mais para "promover a ditadura" do que produzir uma energia menos poluente. Sim, poderia ser substituída por uma usina de ondas (já que moramos na costa) que foi construída recentemente no Ceará sendo a primeira usina de ondas construída no Brasil.”

Alguns alunos, no entanto, responderam que sim, a usina nuclear é necessária para a cidade e as justificativas foram diversas, como se pode ver nas falas a seguir:

“Acho que não poderia ter outro tipo de usina, pois para fazer uma usina de outro porte, a cidade não tem além de capital, não temos matéria prima e nenhuma estrutura para isso.”

“Sim, porque as usinas nucleares contam com sistemas de segurança passivos que entram automaticamente para impedir acidentes e também, desligar e resfriar os reatores em situações de emergências. Na minha opinião ela não pode ser substituída por outro tipo de usina.”

“Sim é necessário porque é o único meio que angra tem para podermos produzir uma energia elétrica, não temos água suficiente para uma hidrelétrica, ventos suficientes para eólica, creio que sol suficiente para uma energia solar também não tem. Então a resposta é Não, ela não poderia ser substituída por outro tipo de usina na minha opinião.”

Como se pode ver, em geral, os alunos ainda fazem algumas confusões em relação às fontes de energia e aos recursos disponíveis na cidade, porém, todos eles expressam suas opiniões, justificam e fazem sugestões, o que mostra que, apesar da dificuldade de alguns para

total compreensão do tema, foi desenvolvido um senso crítico em relação e eles conseguem interpretar a questão, associar à sua realidade e se posicionar a respeito.

Em relação à terceira questão, quase todos os alunos responderam que acreditam que poderia ocorrer na Usina Nuclear de Angra dos Reis um acidente semelhante ao ocorrido na usina em Chernobyl. Os comentários e justificativas foram bem variados, mas em geral, eles acreditam que pode ocorrer uma falha humana na operação da usina ou que podem existir problemas desconhecidos na construção dos reatores - ambos os motivos foram os supostos causadores do acidente em Chernobyl. O que é possível concluir é que os alunos, com raras exceções, se tornaram conscientes dos riscos oferecidos pela usina nuclear e conseguem enxergar esses riscos em suas realidades. Na avaliação prévia, a maioria não sabia exatamente o que era a usina nuclear e muito menos conhecia os riscos que ela oferece, o que mostra que houve grande evolução no aprendizado e o despertar do senso crítico neste sentido. As falas apresentadas a seguir exemplificam este ponto de vista:

“Pode ocorrer em qualquer usina nuclear do mundo, pois o acidente foi causado pelo homem, o que pode ocorrer aqui da mesma forma.”

“Claro, por uma falha humana, ou técnica.”

“Acho, por que nenhuma usina nuclear pode ser considerada segura.”

“Sim, nenhuma usina é 100% segura, por mais que tenha prevenções sempre pode acontecer um erro humano, que por sua vez faz o reator explodir ou outra coisa.”

“Sim, pois não sabemos se o funcionamento dos reatores estão perfeitamente adequados, e todos podem cometer falhas assim como ocorreu em Chernobyl também poderia acontecer aqui em Angra.”

“Eu acho que pode ocorrer sim. Mesmo que as pessoas que trabalham na Usina digam que têm todo o cuidado, são prevenidos, nunca se sabe o que pode acontecer. Até porque um acidente nunca é proposital. Todos os seres humanos cometem falhas.”

“Acho que sim! Pois o Brasil em si, não conhece muito bem esse tipo de tecnologia/energia, só conhece o que os outros países já sabem, e até eles que sabem temem um acidente, que por sua vez já aconteceu. Não vejo motivo para não descartar essa possibilidade.”

Ainda em relação à terceira questão, os alunos que responderam não acreditar na possibilidade de um acidente na usina nuclear de Angra dos Reis, em geral, justificaram dizendo que os operadores são bem treinados, que a tecnologia de hoje é muito mais avançada que naquela época, ou simplesmente que a usina de Angra dos Reis está em perfeitas condições, como se pode ver nas falas a seguir:

“Não, pois aqui todos os funcionários que trabalham na área que tem o reator tem que ser totalmente treinados para qualquer acidente, então eles devem tomar todas as normas de segurança para que não aconteça nenhum descontrole.”

“Com a tecnologia de hoje em dia seria um acontecimento com zero chances de acontecer.”

“Não, por que a usina de Angra dos Reis está precavida para evitar algo parecido como de Chernobyl.”

“Acho que não, pois já basto um acidente daquele para tomarmos muitos mais cuidados com os nossos reatores e com a tecnologia avançada, seria mais difícil de acontecer.”

Em relação à quarta questão, muitos alunos apenas responderam que não saberiam o que fazer caso ocorresse um acidente na usina nuclear de Angra dos Reis, outros, porém, disseram de variadas formas que iriam para bem distante da cidade o mais rápido possível e outros responderam que não sairiam de casa, trancariam portas janelas e aguardariam recomendações. Em geral, as respostas foram curtas e objetivas e se resumem nestas três opções. Houveram apenas algumas respostas mais extensas e diferentes destas, como se pode ver nas falas a seguir:

“Sinceramente ninguém nunca veio na minha casa explicar nada a minha família e nem a mim, mas de acordo com as aulas de física acredito que o mais correto caso seja confirmado o acidente é que todos os moradores de Angra sejam retirados da cidade o mais rápido possível.”

“Seguir as instruções da defesa civil.”

“Caso eu não fosse morto na hora, a primeira coisa a fazer seria correr para o hospital mais próximo, ou ao menos se juntar com outras pessoas e com a minha família para ver o que restou recursos e etc.”

“Não. As pessoas se sentiriam obrigadas a se retirarem da cidade, mas teria um trânsito enorme que prenderia a todos por saírem ao mesmo tempo.”

“Não. Nunca fui instruída do que fazer, nem por parte da prefeitura, defesa civil, ou mesmo pela equipe da usina nuclear, caso um acidente acontecesse na Usina e tenho quase certeza de que muitos dos moradores de Angra dos Reis diriam a mesma coisa.”

Como se pode notar, as respostas foram muito variadas para esta questão, indicando que não ficou claro para os alunos as implicações de um acidente nuclear, os procedimentos de segurança e quais as áreas de maior risco. Sendo assim, seria interessante para os professores que desejem adotar essa proposta trabalhar mais este assunto, pois é essencial que

os alunos tenham consciência dos riscos reais e dos procedimentos de segurança. Uma sugestão seria levá-los a uma palestra na defesa civil para tratar este assunto. No caso de outras cidades e outros tipos de usinas, uma sugestão seria trabalhar a questão da segurança para a usina mais próxima.

Em relação à quinta questão, todos os alunos responderam que consideram importantes os estudos sobre produção de energia elétrica. As justificativas foram diversas, algumas respostas interessantes são apresentadas a seguir:

“Num país tão rico de fornecimento de energia e importante saber como a energia é criada acho que deveríamos aprofundar mais nesse assunto.”

“O nosso estudo sobre a produção de energia foi muito importante, pois através dele, ficamos cientes sobre os riscos, as vantagens e desvantagens de cada tipo de produção de energia, ficamos cientes também das diversas formas de produção de energia e como as mesmas afetam ou não o meio ambiente.”

“Foi importante pois agora sabemos como ocorre a transformação de energia de todos os tipos que existem.”

“Aprender de onde vem a energia elétrica, de quais formas pode ser gerada, quais os processos, quais os benefícios e malefícios de cada tipo foi muito importante porque agora eu tenho uma certa noção do que pode ocorrer e de onde vem a facilidade de poder assistir tv, ligar microondas, geladeira, tomar banho, ter um ar condicionado e entre outros.”

“Aprendi sobre as hidrelétricas e outras formas de energia que não sabia, como a feita pelo carvão, que é a termoelétrica, a hidro só tinha ouvido falar, mais não sabia como era realmente feito a energia da hidroelétrica e a usina aprendi como se faz a energia pelo urânio e como se faz.”

“Foi importante para mim pois aprendi sobre as várias formas de energia e sobre aquelas que são melhores e oferecem menos riscos a saúde de população. Abriu meus olhos para ver o quão perigoso um pequeno erro na nossa usina pode afetar nossa cidade.”

“Foi importante pois conhecemos uma forma de energia que é gerada no nosso ambiente de convívio social, estamos constantemente sendo influenciados pela usina de Angra, então na minha opinião foi muito interessante!”

“A importância e que agora se alguém me pergunta algo sobre Usinas, bomba atômica, energias, eu saberia responder de uma forma mais certa sobre o assunto, que antes só ouvimos falar e falávamos o que bem entendemos. Agora posso responder com base em meus conhecimentos sobre esse assunto.”

“Ter consciência dos danos que certas usinas podem causar ao meio ambiente e à sociedade, para opinar em qualquer assunto do tipo. Como ninguém conseguiria impedir a construção de usinas elétricas, então o melhor a se fazer seria não morar em locais que as tenha.”

Em relação à sexta questão, apenas um aluno respondeu que não achou importante conhecer as situações reais que envolvem a produção de energia elétrica, sua resposta é apresentada a seguir:

“Não. Por mais que seja necessário saber as consequências de uma falha no sistema de uma usina, já que na cidade onde eu moro tem duas, e estão construindo uma terceira, eu não quero imaginar ter que abandonar a cidade onde eu nasci e cresci e nunca mais poder voltar pra ela. Mesmo eu tendo vontade de morar em outro lugar um dia, que seja por escolha própria e não por questão de vida ou morte.”

Todos os demais alunos responderam que sim, é importante conhecer as situações reais e suas justificativas foram bem variadas. As falas descritas a seguir mostram algumas das diversas respostas:

“Eu achei muito importante ter os conhecimentos sobre a produção de energia mesmo as situações sendo críticas. Pois pelo menos eu fiquei mais informada sobre o que as usinas podem causar.”

“Sim e não sabia o quanto grave podia ser um acidente nuclear sempre bom o saber.”

“Sim , pois assim podemos ver o estrago que faz ao ambiente, ou qual a falha de uma certa usina ao material usado na construção, riscos dentre outras coisas.”

“Sim, pois a partir dessas situações reais, pudemos conhecer os riscos tanto para o ser humano como para o meio ambiente da produção de energia, e também os cuidados necessários na produção de energia.”

“Sim, pois assim será mais fácil de formar uma opinião sobre tal tema.”

“Sim. Por que sabemos quais são mais baratas, mais caras, com custo de construção mais caro. Sabemos também os riscos que temos com usinas nucleares e que existem fontes melhores.”

“Sim. Acompanhando o processo da Usina de Belo Monte, mesmo que de longe, pude verificar que foi retirada grande quantidade de vegetação para a produção do lago artificial. Tive noção de que pode oferecer riscos a várias espécies aquáticas. E também o acidente na usina nuclear de Chernobyl, eu já tinha ouvido falar sobre, mas nunca procurei saber mais

sobre o assunto. Vendo os vídeos e simulações, é possível enxergar os erros e as tragédias que levaram muitas pessoas à morte.”

“Sim, porque moramos em uma cidade que tem usinas, e para nos sabermos os riscos que estamos correndo e como elas funcionam na nossa cidade.”

“Sim. Por que a produção de energia não está ligada somente a riscos de acidentes, problemas ambientais etc... está diretamente ligada ao bolso dos consumidores. Todos os tópicos são importantes e precisam ser mostrados para a população, afinal, somos os principais afetados.”

“Sim. Porque podemos ver os riscos que a Usina apresenta causando acidentes e que podem também acontecer na Usina de Angra, como aconteceu em Chernobyl. E também tomamos os conhecimentos que a produção de energia elétrica apresenta.”

“Sim, porque além de vermos a realidade exposta em situações até mesmos favoráveis às pessoas, com o conhecimento de todas elas podemos ter uma opinião e quem sabe, até voz para tentar mudar algumas perspectivas”

“Sim. Porque nos habilita melhor em caso de algo assim acontecer perto de nós. E se não conosco, podemos ajudar a quem sofreu com isso. Além de que podemos nos mobilizar e impedir que algo como o que aconteceu no Pará continue acontecendo. Teremos uma base melhor e poderemos melhor lidar com isso.”

“Sim , pois ficamos por dentro do assunto é não ficamos igual a maioria da população ignorante.”

Sobre a sétima questão, em geral as respostas foram bem completas e semelhantes, a maioria dos alunos mencionou os riscos da exposição à radiação, a produção de lixo atômico, as semelhanças com a bomba atômica, entre outros. O que se pode notar é houve uma grande evolução no senso crítico em relação às usinas nucleares e na conscientização sobre os riscos que ela oferece. Algumas respostas são apresentadas a seguir para exemplificar:

“Bom, o perigo que oferece ao mundo, são doenças causadas por exposição a radiação e também que não é só por acidentes que podem ocorrer tragédias, e sim por ataques ou terroristas ou por um ataque a bomba de algum país com interesses financeiros.”

“O perigo da usina nuclear é que para a produção de energia nela é usado o urânio, um elemento muito radioativo e que em caso de uma explosão de uma usina nuclear os problemas delas seriam irreversíveis como o de Chernobyl, as bombas atômicas também são feitas com urânio e o estrago dela é maior pelo fato dela ser projetada para a contaminação do maior espaço possível como vimos com o ocorrido em Hiroshima.”

“As usinas nucleares, ao meu ver, são fachadas para estudos sobre armas nucleares. O armamento nuclear, é perigoso para todo o mundo, afinal podem atingir proporções inimagináveis e afetar não só a região atingida pela bomba, mas todo um continente.”

“Se, por um lado, a energia nuclear oferece uma fonte de eletricidade livre de emissões que causam o efeito estufa, também pode criar perigos que são únicos a essa indústria, pois é a única fonte de energia que produz lixo radioativo e tem consequências catastróficas em casos de falhas graves de segurança. Enquanto os perigos do lixo da energia nuclear são similares de algumas maneiras aos dos outros lixos tóxicos, os vazamentos radioativos têm o potencial de envenenar um ambiente por séculos, e não anos. Além disso, os perigos de um acidente com um reator são incomparáveis aos de qualquer outro acidente.”

A oitava questão foi a mais significativa para a pesquisa, pois seu objetivo foi conhecer a opinião dos alunos sobre todas as atividades realizadas durante os dois bimestres. De acordo com as respostas dos alunos, em geral, eles ficaram muito satisfeitos com as aulas, tanto com o tema, quanto com os métodos utilizados, principalmente os vídeos e os debates. Apenas um aluno fez uma crítica aos vídeos, dizendo ter sido um pouco repetitivo a quantidade de vídeos exibidos. Poucos alunos disseram ter sentido falta de ter a “matéria” no caderno para estudar posteriormente. Muito poucos, também, disseram ter sentido falta da utilização de cálculos e “fórmulas” e um aluno demonstrou preocupação com o vestibular neste sentido. A não ser por essas críticas, as atividades desenvolvidas na sequência didática foram muito bem aceitas e agradaram muito os alunos. São apresentadas, a seguir, algumas respostas como exemplo:

“Eu gostei bastante, mas acho que deveria ter um resumo no caderno pra gente dar uma revisada porque muitas coisas a gente esquece depois de um tempo e se tivesse algo no caderno ou uma apostila seria melhor pra fixar na memória.”

“Eu gostei das formas de ensino por meio de vídeos e slides mas acho que faltou matéria no caderno.”

“As aulas de físicas para mim forma ótimas, gostei dos métodos de vídeos e slides pois assim fica muito mais fácil de saber como é, o fato de poder olhar e absorver as imagens e os vídeos com entrevistas e simulações ajudaram muito a entender o conteúdo da melhor forma possível, quem procurou aprender gostou desse método pois assim a gente aprende não fica só anotando e decorando frases.”

“O que eu mais gostei nessas aulas de física foram os debates, pois assim, nós conhecemos a opinião de cada um. Os vídeos foram bem produtivos. Contribuíram muito. Não senti falta de nada, pois a professora fez o melhor dela para nós compreendermos todo o mundo das usinas. Eu gostei muito de aprender física dessa maneira, melhor que ficar copiando matéria no quadro e muita gente não copia ou presta atenção, então com os vídeos e os debates todos participam.”

“Sim, eu achei muito interessante, pois saímos daquela rotina de aula chata, fizemos muitas coisas como passeios e tudo mais, acho que todas as aulas de física deveriam ser assim, não entediantes, como as suas”

“Eu achei ótimo a forma em que nossas aulas ocorreram pelo bimestre, foi muito ótimo saber a matéria sem precisar copiar para gravar o conteúdo, dessa forma será difícil eu esquecer a matéria desses curtos e muito proveitosos bimestres, debatendo, conversando sobre nossa opinião, os passeios super animados e importantes, aprendendo física de uma forma ótima. Adorei esses bimestres!”

“É sempre legal trazer novos métodos de estudo, como vídeos e slides, facilita bastante, mas repeti-los toda aula fica cansativo. Não é que fique chato, os assuntos são interessantes, só fica repetitivo. Mas esse tipo de prova eu gostei bastante. É a primeira vez que faço assim.”

“Não vou desmerecer os professores que escrevem no quadro e tudo mais, mas acho muito melhor estudar por slides, vídeos e audiovisual, por que consigo entender melhor, e também por que é um tipo de ensino mais interativo e melhor explicado que os outros. Não acho que senti falta do meu caderno, fórmulas físicas e tudo mais e como dito antes, é bem melhor estudar dessa forma. Antes eu não gostava de física, mas essas aulas me fizeram repensar muito sobre a matéria e eu gostei bastante disso.”

“Eu gostei muito de aprender a matéria dessa forma, não é necessário copiar a matéria no caderno e nem gravar fórmulas, dessa forma eu aprendi mais sobre o assunto.”

“Gostei bastante das aulas com vídeos, slides e apresentações. Pra mim aulas assim é mais fácil de entender, pois tem imagens e vídeos. Eu queria aprender mais em utilizar fórmulas isso que eu sentir falta. Eu gostei de aprender dessa forma e o que estudamos tem tudo a ver com física.”

“Achei muito legal aprender sobre usinas, não sabia do acidente que ocorreu em Chernobyl, não sabia como funcionava uma usina hidrelétrica, não sabia como funcionava um reator, isso tudo eu aprendi nesses últimos bimestres”

“Em minha opinião, os vídeos e os debates que tivemos foram essenciais para uma melhor compreensão do assunto, além de que, ver em vídeo o que aconteceu em Chernobyl e no estado de Goiás, com o Césio 137 nos ajudou muito, pois quando nos sensibilizamos com algo, prestamos mais atenção e entendemos melhor. Eu pessoalmente, gosto muito de usar fórmulas e etc. Mas acho que matéria no caderno não faz muita falta. Os vídeos com certeza valem a pena!”

“Eu gostei dos assuntos em debate junto aos vídeos, pois deu aos alunos oportunidade de conhecer as reais situações ocorridas por causa das usinas elétricas, tanto seus benefícios quanto malefícios. Talvez tenha precisado um pouco da utilização de fórmulas, pois é o

cobram os vestibulares. Mas foi de grande utilidade aprender dessa forma, para o conhecimento e construção de opiniões próprias sobre assuntos de nossa realidade.”

“Eu achei bem diferente, gostei dos vídeos e também da visita à usina nuclear. Achei mais legal não ter que copiar matéria, ter que decorar fórmulas como normalmente é. Achei bom aprender sobre os diversos riscos que a usina oferece e sobre outros tipos de produção de energia.”

“Sim!! Achei a matéria fundamental. Afinal, somos o futuro de um país que a maioria não faz idéia dos riscos que uma usina nuclear tem. Muitos gostam de seus banhos quentes, sua Internet, enfim... mas não sabem, que para isso, pessoas (índios e ribeirinhos), animais, vegetação, a natureza... sofrem consequências desumanas e cruéis. É fundamental que saibamos dos riscos, dos problemas e das consequências! ”

Esta avaliação final mostrou que a proposta deste trabalho é muito promissora tanto em relação à aprendizagem, como em relação à motivação para o estudo de física. As respostas das questões 1 a 7 mostram que houve grande evolução no aprendizado sobre o tema, no senso crítico dos alunos em relação à todos os aspectos envolvidos na produção de energia elétrica e em relação à tomada de decisão, embora ainda haja dificuldades para total compreensão e assimilação do tema. A questão 8 mostrou o quanto essa proposta é promissora no sentido de despertar o interesse pela física e pela ciência.

6 CONCLUSÕES

A abordagem temática com enfoque CTS para o ensino de física representa uma mudança nos propósitos do ensino de ciências, que deixa de ser aplicar fórmulas, resolver equações, memorizar conceitos ou, no máximo, aprender como funciona um aparato tecnológico, para promover uma educação científica para o desenvolvimento de atitudes e valores para tomada de decisões e ação social responsável diante dos problemas que envolvem a sociedade. Esta mudança deve vir acompanhada de uma mudança metodológica, não necessariamente nos recursos didáticos, mas principalmente na forma de abordagem, que tira o foco dos conceitos e fenômenos e prioriza os temas; os conceitos e fenômenos serão abordados como elementos na compreensão dos temas. Em outras palavras, a prioridade não é dada para o entendimento dos aspectos científicos e tecnológicos, mas sim para a compreensão dos aspectos sociais, ambientais, políticos, econômicos, históricos, éticos e culturais atrelados aos temas científicos e tecnológicos. Desta forma, a compreensão dos fenômenos e conceitos científicos envolvidos no tema se torna apenas uma condição para que os demais aspectos sejam compreendidos efetivamente.

Com a abordagem temática, é possível tratar educação científica de forma não disciplinar. Isso é feito nesta proposta. Embora ela tenha sido desenvolvida para a disciplina de física devido ao modelo de ensino atual, ela também pode ser aplicada tanto nas disciplinas de ciências naturais, como química, biologia e ciências, como também em disciplinas de ciências humanas, como geografia e história, por exemplo. O enfoque de cada área pode ser escolhido pelo professor que irá aplicá-la. Do mesmo modo, ela pode ser aplicada para diferentes níveis de educação, desde o ensino fundamental até o ensino superior, fazendo-se as devidas adequações no nível de aprofundamento sobre o tema.

O tema escolhido para este trabalho se apresentou como uma excelente opção para este tipo de abordagem, uma vez que ele envolve todos os aspectos considerados importantes no enfoque CTS e faz parte da realidade dos alunos, pois a energia elétrica está presente em seu dia-a-dia e sua origem é motivo de curiosidade para a maioria deles. Além disso, é um tema de ampla abrangência, pois pode ser tratado em nível local, nacional ou mundial, cabendo ao professor que pretende trabalhar a proposta buscar informações sobre sua região, procurando, por exemplo, centrais de produção de energia, de pequeno ou grande porte, para poder aproximar o tema ainda mais da vivência dos alunos, e em seguida expandir o tratamento ao nível nacional e mundial. Neste sentido, embora esta proposta tenha sido desenvolvida para o público da cidade de Angra dos Reis, ela pode ser adotada em qualquer região do país, examinando-se as especificidades do contexto local (por exemplo, sempre há uma central de produção de energia elétrica próxima), além de ser um assunto de interesse mundial, sendo indispensável sua compreensão para qualquer cidadão do Brasil ou do mundo.

A diversificação das atividades aplicadas na proposta foi essencial para o seu sucesso, pois essa dinamicidade manteve os alunos sempre motivados durante as aulas, sendo uma experiência diferente daquelas a que eles estavam acostumados, como as aulas expositivas no quadro, com cópia da matéria no caderno e resolução de listas de exercícios. As aulas com vídeos, os debates, a utilização do aplicativo virtual e de jogos, as atividades em grupo, a visitas aos espaços não formais de educação e as aulas com slides e data show, todos esses recursos se apresentaram como excelentes formas de manter a atenção e o interesse pelas aulas e mostraram que é possível torná-las mais dinâmicas, mesmo sem a necessidade de laboratórios sofisticados ou aparelhos tecnológicos de alto custo. Contudo, é importante

ressaltar que o objetivo deste trabalho não foi o de discutir quais os melhores ou piores recursos didáticos, mas apenas utilizá-los como ferramenta para promover uma educação científica de qualidade que tenha como propósito a formação de um cidadão crítico e participativo.

Durante os dois bimestres em que a sequência didática foi aplicada, não foram utilizados cadernos para anotações ou livros didáticos, e mesmo alguns alunos sentindo falta destes materiais, os resultados das provas e trabalhos foram muito bons e satisfatórios. Embora tampouco seja objetivo deste trabalho fazer uma análise quantitativa dos resultados, estes foram totalmente satisfatórios do ponto de vista dos critérios da escola. Contudo, a sequência didática elaborada neste trabalho se apresenta apenas como um guia para o professor que deseje adotar esta proposta, apontando para a necessidade de elaboração de um material didático que possa servir de apoio tanto para os alunos como para os professores, pois estes últimos nem sempre possuem conhecimento sobre o tema.

Na elaboração da versão final da sequência didática, produto desta pesquisa, algumas atividades precisaram ser modificadas por não terem atingido os objetivos pretendidos, ou, ainda, por terem sido verificadas algumas necessidades, como por exemplo, a inclusão de mais vídeos, a exclusão de determinada atividade e a modificação de outras, bem como a substituição de uma das atividades por um jogo didático, o qual também fará parte do produto. Todavia, este é o sentido de um estudo baseado na pesquisa-ação: ele deve estar em constante processo de evolução, sempre melhorando de acordo com as necessidades verificadas em sua aplicação. Neste sentido, o produto deste trabalho não pretende ser um manual para reprodução das atividades propostas, mas seu objetivo é oferecer ao professor uma proposta para que ele possa adequar à sua realidade e desenvolver um trabalho ainda melhor.

Para isto, o professor deve estar atento às necessidades de seus alunos, aos assuntos em discussão na mídia e nas redes sociais no período em que estiver trabalhando, deve procurar conhecer sua região e ver as possibilidades que ela oferece como espaços de aprendizagem, deve buscar formas de enriquecer o seu trabalho. É preciso saber “driblar” as dificuldades do dia-a-dia, como a falta de tempo, a escassez dos recursos, as cargas horárias excessivas, entre outras, procurando otimizar seu trabalho, evitando trabalhos que exijam correções, provas extensas e aulas trabalhosas.

APÊNDICE A

SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA

AULA 1

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Hidrelétricas

Assunto: Usinas Hidrelétricas/Como funciona/A Batalha de Belo Monte

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Não são necessários conhecimentos prévios para a compreensão desta aula.

Objetivos: Apresentar aos alunos, por meio de vídeos, as usinas hidrelétricas e seu funcionamento. Apresentar as dez maiores hidrelétricas do mundo, para que descubram que as hidrelétricas brasileiras estão entre as maiores. Apresentar o vídeo de divulgação do Movimento Gota D'água para levantar questionamentos sobre os impactos negativos causados pelas hidrelétricas e para introduzir a polêmica da construção da Usina Hidrelétrica Belo Monte. Apresentar um documentário que apresenta a situação real da Usina Belo Monte, para que os alunos, ao conhecerem os impactos de sua construção, possam opinar a respeito.

Desenvolvimento do tema: Serão exibidos sete vídeos durante a aula. Após a exibição dos cinco primeiros vídeos, na ordem descrita abaixo, serão levantadas algumas questões para debate. Em seguida, será exibido o sexto vídeo e, então, novos questionamentos serão levantados. Por fim, o último vídeo será exibido e, em seguida, será dada continuidade ao debate.

1º vídeo – O Brasil e suas usinas hidrelétricas: O primeiro vídeo, com duração de 5 minutos e 20 segundos, produzido pela Eletrobras, apresenta a importância das usinas hidrelétricas para o Brasil. O vídeo traz informações sobre a quantidade de hidrelétricas que existem no Brasil e quanto elas representam da oferta total de energia. Mostra também a importância da energia elétrica para o progresso do país. Apresenta a rede de transmissão, o Sistema Interligado Nacional (SIN) e apresenta, também, as maiores hidrelétricas do Brasil em funcionamento e algumas que estão em construção, fornecendo alguns dados sobre essas usinas e ressaltando seus pontos positivos. O vídeo fala, ainda, sobre as vantagens da energia hidrelétrica sobre outras fontes e como as hidrelétricas são importantes para a vida dos brasileiros.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GtJVxVU17Xs>

2º vídeo - Como funciona uma usina hidrelétrica 1: O segundo vídeo é uma animação, com duração de 2 minutos e 18 segundos, também produzido pela Eletrobras, apresenta o funcionamento de uma usina hidrelétrica, desde a produção de energia até sua distribuição, ressaltando também suas vantagens em relação aos outros modos de produção de energia e os cuidados com o meio ambiente.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iYPMZamqSH4>

3º vídeo - Como funciona uma usina hidrelétrica 2: O terceiro vídeo, que também é uma animação produzida pela Eletrobras, com duração de 3 minutos e 47 segundos, apresenta o funcionamento da hidrelétrica de outra forma e com novas informações. Inicialmente, apresenta, a estrutura de uma usina hidrelétrica e a função de cada elemento. Em seguida, é explicada, brevemente, a diferença entre uma usina com grande reservatório e uma usina a fio d'água e as vantagens de cada uma. Por fim, é enfatizada a segurança da barragem sobre riscos de rompimento.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3xshEp2AIBY>

4º vídeo – Hidrelétrica: Principal fonte de energia do Brasil: O quarto vídeo, com duração de 2

minutos e 55 segundos, é uma animação produzida pelo governo federal e evidencia a importância da eletricidade para todas as áreas. O vídeo mostra, novamente, como ocorre o processo de geração de energia elétrica, mas acrescenta informações sobre os estudos que devem ser realizados para a construção de uma usina hidrelétrica, tanto em relação às características físicas do rio, como em relação aos impactos ambientais que irá provocar. Ressalta a importância das licenças ambientais e trata sobre as diferentes tensões de transmissão de utilização da energia elétrica.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9lX-71NXnwA>

5º vídeo – As 10 maiores hidrelétricas do mundo: O quinto vídeo é uma apresentação das dez maiores usinas hidrelétricas do mundo. O vídeo de 2 minutos e 12 segundos, produzido por um blog chamado Gigantes do Mundo, traz, além do nome, localização e imagens de cada usina, a capacidade de produção em MegaWatts (MW), apresentadas da menor para a maior.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gL0j4E6RGk>

Após a exibição desses cinco vídeos, serão abordados os pontos mais importantes apresentados, tais como a importância das hidrelétricas para o Brasil e quanto elas representam na oferta de energia elétrica, a transformação de energia mecânica em energia elétrica e qual o papel da água nesse processo, enfatizando que não há geração de energia, mas sim uma transformação, e serão retomadas as funções de cada elemento de uma usina hidrelétrica. Em seguida, o professor iniciará o debate levantando alguns questionamentos para turma:

- 1) Tendo em vista que os vídeos apresentados são de produção da Eletrobras e do Governo Federal, foram apresentados apenas os pontos positivos das usinas hidrelétricas, será que não há pontos negativos?
- 2) Será que todos os cuidados com o meio ambiente são tomados conforme mostram os vídeos?
- 3) Será que a energia de uma hidrelétrica pode ser considerada limpa e segura?
- 4) Quais os impactos que elas podem causar na opinião de vocês?
- 5) Será que elas só impactam no meio ambiente ou existem outros impactos?

Neste momento, os alunos serão incentivados a participar dando opiniões e o professor não responderá a esses questionamentos, mas apenas ouvirá as opiniões dos alunos. Outros questionamentos poderão ser levantados de acordo com o debate. Após essa discussão, será dada continuidade à exibição dos vídeos.

6º vídeo – Movimento Gota D'água: O sexto vídeo é um vídeo que foi produzido para a divulgação do movimento Gota d'água, foi publicado em 2011 e tem duração de 5 minutos e 7 segundos. Neste vídeo, diversos artistas famosos levantam questionamentos sobre a Usina Hidrelétrica de Belo Monte com o objetivo de conseguir assinaturas para uma petição que tem por objetivo parar a construção da usina.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DlPAbXsWH7U>

Após a exibição deste vídeo, será dada continuidade ao debate com novos questionamentos:

- 1) Vocês já ouviram falar da Usina Hidrelétrica de Belo Monte?
- 2) Vocês já tinham visto este vídeo?
- 3) Se as hidrelétricas são boas para o Brasil, porquê, na opinião de vocês, existe um movimento contra a construção desta usina?
- 4) Na opinião de vocês, porque esses artistas estão participando deste movimento?
- 5) Na opinião de vocês, quais são os interesses por trás deste movimento?

O professor apenas ouvirá as respostas e opiniões, sem expor sua própria opinião, e, em seguida será apresentado o último vídeo da aula.

7º vídeo – A Batalha de Belo Monte: O último vídeo é um documentário intitulado “A Batalha de Belo Monte” produzido pela TV Folha, o qual foi ao ar em 12 de janeiro de 2014. Possui duração de 23 minutos e 27 segundos. O vídeo é uma compilação no formato curta metragem do programa de três blocos: “O Canteiro”, “Altamira” e “Os Impactados”. O vídeo é dividido nestes mesmos três blocos, porém resumidos. “O Canteiro” apresenta o canteiro de obras da usina, mostrando em que situação ele se encontrava na época em que o vídeo foi gravado (2014) e informações sobre sua construção. “Altamira” apresenta a situação da cidade de Altamira, que é a mais próxima da usina. “Os impactados”

apresenta a situação de índios e ribeirinhos que vivem às margens do Rio Xingú, onde a usina foi construída.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CUqGWNyZSIQ&list=PLEU7Upkdqe7E6L8-istmKZSrtaydqvsJ->

Após a exibição do último vídeo, serão abordadas mais algumas questões para dar continuidade ao debate até o término da aula.

- 1) Agora que vocês conhecem a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, na opinião de vocês, ela deve ser construída ou não?

Todas as questões levantadas durante a aula servem como base para o debate, podendo ser modificadas conforme as discussões, ou ainda, outras questões podem ser acrescentadas. Os questionamentos são uma iniciativa para que os alunos participem e exponham suas opiniões.

Recursos Didáticos: Data show e computador (ou televisão);

Verificação de Aprendizagem: A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o assunto da aula.

AULA 2

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Hidrelétricas

Assunto: Vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: É necessário que os alunos tenham participado da aula 1, ou tenham assistido os vídeos apresentados em casa.

Objetivos: Através de uma atividade em grupo, promover a discussão sobre vantagens e desvantagens, levando a uma tomada de decisão a favor ou contra as usinas hidrelétricas.

Desenvolvimento do tema: Na aula anterior, deverá ser solicitado aos alunos que procurem notícias sobre hidrelétricas, em jornais, revistas ou na internet, e levem impressas para esta aula. Cada aluno deverá levar pelo menos uma notícia. A turma será dividida em grupos de quatro pessoas. Para dividir os grupos será usado o seguinte critério: os alunos terão que se posicionar se são contra ou a favor das hidrelétricas e os grupos serão formados por alunos que tenham a mesma posição. Então, cada grupo irá confeccionar um cartaz para defender ou criticar as hidrelétricas, utilizando as notícias que trouxeram.

Recursos Didáticos: Jornais, revistas, materiais impressos, canetinhas, tesoura, cola e cartolina.

Verificação de Aprendizagem: Será feita a apresentação dos cartazes na aula seguinte

AULA 3

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Hidrelétricas

Assunto: Vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: É necessário que os alunos tenham participado da aula 2.

Objetivos: Apresentar para a turma os cartazes confeccionados pelos grupos na aula anterior, promovendo, desta forma, um debate sobre as vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas. Promover a divulgação e conscientização das demais turmas da escola através da exposição dos cartazes.

Desenvolvimento do tema: Após a confecção dos cartazes na aula anterior, os grupos irão apresentar seus cartazes, justificando suas opiniões, gerando, deste modo, um debate, que será conduzido pelo professor. Em seguida, os cartazes serão expostos na escola para divulgação e conscientização das demais turmas.

Recursos Didáticos: Materiais impressos, tesoura, cola, canetinhas, cartolinas e fita adesiva.

Verificação de Aprendizagem: Ao observar o debate e as apresentações dos cartazes, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o assunto.

AULA 4

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Hidrelétricas

Assunto: Transformação de energia

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: É necessário que os alunos compreendam os conceitos de altura, velocidade, massa, área, volume e densidade, bem como conheçam suas respectivas unidades. É importante que tenham participado das aulas anteriores, porém, não ter participado não será um impeditivo para compreensão desta aula.

Objetivos: Apresentar aos alunos as seis maiores hidrelétricas do Brasil e algumas de suas características. A partir dos dados técnicos dessas usinas, fazê-los compreender a relação entre a altura, vazão e capacidade produção de energia elétrica. Introduzir os conceitos de energia potencial, energia cinética, energia mecânica e potência elétrica.

Desenvolvimento do tema: Serão distribuídos aos alunos dados técnicos sobre as seis maiores usinas hidrelétricas do Brasil. Cada dupla ou trio receberá uma folha constando nome, foto, localização, capacidade de produção, altura da queda d'água, vazão, quantidade de turbinas e tipo de turbina de uma das dez usinas escolhidas. Em seguida, a professora irá montar uma tabela no quadro, solicitando os dados aos alunos, ordenando essas 6 usinas em relação a sua capacidade de produção, conforme exemplo abaixo:

Usina	Capacidade	Altura	Vazão	Quantidade de turbinas	Tipo de Turbina
Itaipu	14.000 MW	118,4 m	13.800 m ³ /s	20	Francis
Belo Monte (Princ.)	11.000 MW	87 m	13.950 m ³ /s	18	Francis
Tucuruí	8.370 MW	60,8 m	6.900 m ³ /s	25	Francis
Jirau	3.750 MW	19,9 m	18.500 m ³ /s	50	Bulbo
Santo Antonio	3.568 MW	25 m	30.000 m ³ /s	50	Bulbo
Ilha Solteira	3.444 MW	41,5 m	7.960 m ³ /s	20	Francis

Em seguida, a professora irá dividir essa tabela por tipo de turbina, mantendo a ordem em relação a capacidade de produção, conforme exemplo a seguir:

Turbina Francis					
Itaipu	14.000 MW	118,4 m	13.800 m ³ /s	20	Francis
Belo Monte (Princ.)	11.000 MW	87 m	13.950 m ³ /s	18	Francis
Tucuruí	8.370 MW	60,8 m	6.900 m ³ /s	25	Francis

Ilha Solteira	3.444 MW	41,5 m	7.960 m ³ /s	20	Francis
Turbina Bulbo					
Jirau	3.750 MW	19,9 m	18.500 m ³ /s	50	Bulbo
Santo Antonio	3.568 MW	25 m	30.000 m ³ /s	50	Bulbo

Então, será perguntado aos alunos:

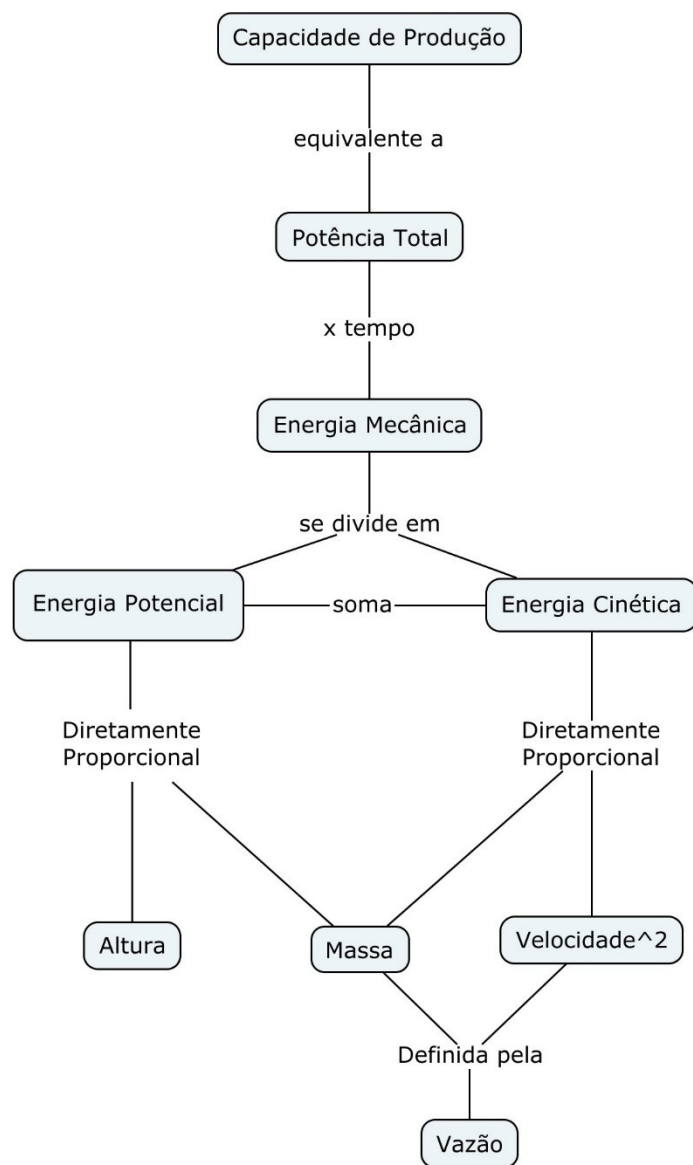
- ❖ Vocês perceberam alguma relação entre a capacidade de produção e os demais dados?

De acordo com as respostas dos alunos, serão introduzidos os seguintes conceitos:

- ❖ Potência Elétrica, relacionando a capacidade de produção, que representa a potência total produzida pela hidrelétrica, com energia e tempo e suas respectivas unidades;
- ❖ Energia Mecânica, assimilando com a energia elétrica produzida, introduzindo, deste modo, o fenômeno de transformação de energia mecânica em energia elétrica e esclarecendo que a energia mecânica total representa a soma da energia potencial gravitacional com a energia cinética do movimento;
- ❖ Energia Potencial, relacionando a altura com a quantidade de energia produzida;
- ❖ Energia Cinética, relacionando a vazão com a quantidade de energia produzida;

As equações de energia potencial, energia cinética, energia mecânica e potência serão deduzidas a partir destas relações, com a participação ativa do aluno.

O esquema abaixo representa como se dará a introdução de todos os conceitos.



Recursos Didáticos: Quadro e pincel, material impresso;

Verificação de Aprendizagem: A verificação de aprendizagem referente a esta aula será feita na aula seguinte.

AULA 5

Local: Escola

Data: A definir

Assunto: Energia mecânica, energia potencial e energia cinética.

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: É necessário que os alunos tenham compreendido os conceitos de energia mecânica, energia cinética e energia potencial, bem como suas equações e unidades.

Objetivos: Resolver exercícios sobre energia mecânica, energia cinética e energia potencial.

Desenvolvimento do tema: Será entregue aos alunos uma lista de exercícios (anexo) impressa sobre energia mecânica, energia potencial e energia cinética. O professor irá resolver e explicar alguns, sempre associando ao tema “Produção de Energia”, e, em seguida, os alunos irão resolver os outros sozinhos, ou com a ajuda dos colegas, para entregar como forma de avaliação.

Recursos Didáticos: Material impresso, quadro e pincel.

Verificação de Aprendizagem: A verificação de aprendizagem será feita por meio da correção da lista posteriormente.

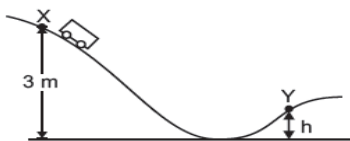
Anexo

Lista de Exercícios

1 - Para medir a energia de uma bola de borracha, com massa de 100 g, Davi subiu em uma árvore, com altura de 2 m em relação ao solo, e soltou essa bola. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , qual foi o valor encontrado por ele? Qual forma de energia que a bola possuía no exato momento de abandono?

2 - Júlia estava andando de patins e decidiu calcular a energia desse movimento. Para fazer esse cálculo, ela sabia que sua massa somada à dos patins era igual a 50 kg e que a velocidade desenvolvida era de 10 m/s ao percorrer um plano horizontal. Qual o valor e a forma de energia de seu movimento?

3 - O esquema abaixo representa um trecho de uma montanha-russa. Nessa montanha-russa, um carrinho de massa 2 kg inicia a descida de uma altura de 3 m partindo do repouso. Após certo instante, ele atinge o ponto Y, com uma velocidade de 4 m/s. Desprezando o atrito e considerando a gravidade igual a 10 m/s^2 , calcule a altura h.



4 - Observe, no esquema ao lado, a altura relativa ao solo das massas m_1 e m_2 , em que $m_2 = 10m_1$. Nesse esquema, a energia potencial gravitacional no solo é igual a zero.

Com base nesse esquema, qual é a energia potencial gravitacional da massa m_2 em relação à massa m_1 ?

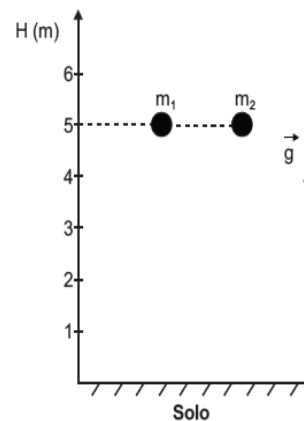
A) A energia potencial gravitacional das duas massas é a mesma, pois essa energia independe das massas.

B) A energia potencial gravitacional das duas massas é a mesma, pois estão na mesma altura.

C) A energia potencial gravitacional das duas massas é a mesma, pois estão sujeitas à mesma aceleração gravitacional.

D) A energia potencial gravitacional de m_2 é maior que a de m_1 , pois a massa de m_2 é maior que a massa de m_1 .

E) A energia potencial gravitacional de m_2 é menor que a de m_1 , pois esse tipo de energia é inversamente proporcional à massa.



5 - O esquema abaixo mostra um carrinho que desce uma rampa de uma altura h .

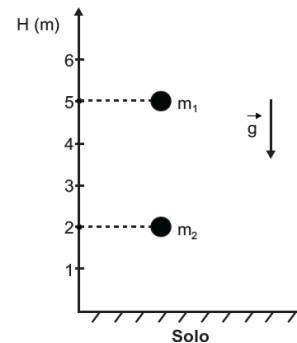
De acordo com esse esquema, na posição 1, o carrinho possui energia

- A) cinética e potencial elástica.
- B) cinética e potencial gravitacional.
- C) somente cinética.
- D) somente potencial elástica.
- E) somente potencial gravitacional.

6 - Observe, no esquema abaixo, as massas m_1 e m_2 , em que $m_1 = m_2$. Nesse esquema, o eixo vertical representa a altura relativa ao solo de cada uma dessas massas. A energia potencial gravitacional no solo é igual a zero.

Com base nesse esquema, qual é a energia potencial gravitacional da massa m_1 em relação à massa m_2 ?

- A) A energia potencial gravitacional de m_1 é igual à de m_2 , pois a massa m_1 é igual à massa de m_2 .
- B) A energia potencial gravitacional de m_1 é igual à de m_2 , pois estão sujeitas à mesma aceleração da gravidade.
- C) A energia potencial gravitacional de m_1 é igual à de m_2 , pois estão posicionados na mesma coordenada horizontal.
- D) A energia potencial gravitacional de m_1 é maior que a de m_2 , pois a altura de m_1 é maior que a altura de m_2 .
- E) A energia potencial gravitacional de m_1 é menor que a de m_2 , pois m_2 está mais próximo do solo.



7 - Durante uma viagem, em um determinado trecho da estrada, um veículo de massa M teve que reduzir sua velocidade pela metade. Considere que a energia cinética antes da redução vale E_{C1} e depois da redução vale E_{C2} . Qual é a relação entre E_{C1} e E_{C2} desse veículo?

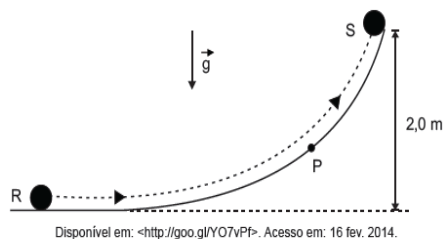
- A) $E_{C2} = E_{C1}$
- B) $E_{C2} = 2E_{C1}$
- C) $E_{C2} = 4E_{C1}$
- D) $E_{C2} = \frac{E_{C1}}{2}$
- E) $E_{C2} = \frac{E_{C1}}{4}$

8 - Observe, na imagem abaixo, a trajetória de uma esfera de massa M . Ela parte do ponto R com uma velocidade igual a V_R , passa pelo ponto P com velocidade V_P , até atingir o ponto S com velocidade V_S .

Considere que apenas forças conservativas estão agindo sobre essa esfera.

Qual é a energia mecânica total dessa esfera quando ela passa pelo ponto P dessa trajetória?

- A) É a diferença entre as energias cinética e potencial.
- B) É a multiplicação entre as energias cinética e potencial.
- C) É a soma das energias cinética e potencial.
- D) É igual à energia cinética no ponto P.
- E) É igual à energia potencial no ponto P.



9 - Um carrinho de controle remoto de massa igual a 0,5 kg tem, em determinado instante, velocidade escalar 2,0 m/s. Qual é a energia cinética do carrinho nesse instante?

10 - A imagem ao lado mostra um carro descendo uma rua.

Na posição 2, a energia mecânica do carro será:

- A) $E_M = E_c + E_{pel}$.
- B) $E_M = E_c + E_{pg}$.
- C) $E_M = E_c$.
- D) $E_M = E_{pg} + E_{pel}$.
- E) $E_M = E_{pg}$.

AULA 6

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Outros modos de produção de energia

Assunto: Usinas Termoelétricas, usinas de energia solar, usinas eólicas e usina de ondas

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Ter compreendido como é o processo de produção de energia nas usinas hidrelétricas.

Objetivos: Apresentar aos alunos outros modos de produção de energia, tais como: usinas termoelétricas e os diversos combustíveis utilizados, usinas de energia solar, usinas eólicas e usina de ondas. Promover um debate sobre vantagens e desvantagens dos diversos modos de produção de energia elétrica.

Desenvolvimento do tema: Serão apresentados seis vídeos durante esta aula. Entre os vídeos serão levantados questionamentos com o objetivo de incentivar o debate entre os alunos. Antes da exibição do primeiro vídeo será feita a seguinte pergunta:

- ❖ Vocês conhecem outras formas de produção de energia além das hidrelétricas?

A partir das respostas dos alunos, outros questionamentos poderão ser levantados para introduzir o tema e gerar interesse.

1º vídeo – Usina Termoelétrica Jorge Lacerda: O primeiro vídeo é um documentário produzido pela Líder Produções, em 2005, com duração de 5 minutos e 34 segundos, e apresenta o Complexo de Usinas Termoelétricas Jorge Lacerda. O vídeo traz imagens e informações sobre o processo de produção de energia a partir das termoelétricas que utilizam carvão como combustível.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_i1eA3SAerc

2º vídeo - Usinas Termoelétricas: O segundo vídeo é uma reportagem do Jornal Jangadeiro do Ceará, com duração de 4 minutos e 20 segundos, e apresenta diversas usinas termoelétricas localizadas no Ceará, que utilizam gás natural como combustível. O vídeo apresenta imagens e informações sobre essas usinas, identificando algumas de suas vantagens em relação às usinas à carvão.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UJDAFL7w6Is>

3º vídeo - Termelétricas Pecém: O terceiro vídeo, produzido pelo Grupo EBX, com duração de 5 minutos e 11 segundos, apresenta um novo projeto de usinas termoelétricas à carvão com novas tecnologias que visam diminuir os impactos e aumentar a produção. O vídeo é uma animação que traz explicações sobre todo o processo de produção desde o recebimento do combustível até a transferência para o Sistema Interligado Nacional, evidenciando todos os cuidados com o meio ambiente.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E2YYyebdiio>

4º vídeo - Usina de Ondas: O quarto vídeo, produzido Coppe UFRJ, com duração de 3 minutos e 15 segundos, apresenta a primeira usina de ondas construída na América Latina, um projeto piloto desenvolvido pela Coppe. O vídeo mostra imagens reais do projeto acompanhadas da explicação de como ocorre o processo de geração de energia nesta usina, além de evidenciar todas as vantagens deste modelo de produção.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=EEmM6Qxnd_w

5º vídeo - Usina de Energia Solar: O quinto vídeo, produzido pela Ecosol Energia Solar, com duração de 21 minutos e 28 segundos, apresenta a primeira usina solar do Brasil, no Ceará, com informações sobre o investimento, a capacidade de produção e os benefícios que ela trouxe para o local. O vídeo apresenta, também, entrevistas com moradores da cidade e os responsáveis pela usina. A reportagem trata, ainda, sobre a diversidade da matriz energética do Brasil, ressaltando a importância das fontes complementares, e discute o potencial de aproveitamento da energia solar no país, a redução de custos desse modo de produção e as perspectivas de crescimento desta energia para o futuro. O vídeo apresenta, também, a Agência Internacional de Energia (AIE), mostrando em que contexto político ela foi criada e quais eram seus objetivos no passado e quais são atualmente.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ehv8AffB3Wg>

6º vídeo - Rumos da Produção de Energia Elétrica no Brasil: O sexto vídeo é uma série de reportagens exibidas de 2 a 9 de junho de 2012 pelo Jornal Nacional, com duração de 26 minutos e 26 segundos, que discute os rumos da produção de energia elétrica no Brasil em todas as formas. O primeiro bloco discute sobre as usinas hidrelétricas e trata, de sua importância, seus impactos e benefícios. O segundo bloco apresenta as termoelétricas à carvão, discutindo seus impactos desde a extração do carvão até a emissão de gases devido à sua queima, apresenta também imagens das cidades onde se localizam algumas dessas usinas e entrevistas com os moradores, que falam, também, dos benefícios que as mesmas proporcionaram para a região. O terceiro bloco apresenta discussões sobre as usinas nucleares, iniciando pelas usinas do Japão, que recentemente foram vítimas de um tsunami e em seguida trata dos rumos da energia nuclear em diversos lugares do mundo e no Brasil, apresentando imagens e informações da Usina Nuclear de Angra dos Reis e apresentando os novos projetos nesta área para o país. No quarto bloco, são discutidas diversas formas de biocombustíveis que, atualmente, estão sendo utilizados nas termoelétricas, mostrando suas vantagens e entrevistas com seus produtores. No último bloco, são apresentadas formas de energia consideradas alternativas como a energia solar e eólica, trazendo dados sobre esses modos de produção e mostrando imagens das usinas que já existem no Brasil nesta área.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=wHj_BWXqkPI

Após a exibição dos vídeos, ou entre eles, o professor irá discutir e se aprofundar em alguns pontos mais importantes apresentados, conforme as reações dos alunos mostrarem a necessidade, levantando questionamentos e incentivando o debate entre os alunos.

Recursos Didáticos: Data show e computador (ou televisão);

Verificação de Aprendizagem: A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o assunto da aula.

AULA 7

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Outros modos de produção de energia

Assunto: Usinas termoelétricas, usinas solares, usinas eólicas e usinas de ondas

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Será assumido que os alunos compreendem os conceitos de potência, pressão e trocas de calor, porém não é necessário que saibam calcular tais grandezas.

Objetivos: Apresentar os fenômenos físicos envolvidos nas usinas termoelétricas, eólicas, usina de ondas e usinas solares. Mostrar que todos os processos de geração de energia elétrica representam um processo de transformação de alguma forma de energia em energia elétrica e não uma geração propriamente dita. Levá-los a compreender as diferenças de cada modo de produção em relação aos fenômenos envolvidos discutir todos os aspectos envolvidos.

Desenvolvimento do tema: A aula será apresentada em slides. Será apresentado o processo de geração de energia através das usinas termoelétricas, evidenciando a transformação de energia térmica em energia elétrica. Serão apresentados os diversos tipos de combustíveis que podem ser utilizados nestas usinas, dando ênfase em seus diferentes impactos e suas vantagens, um em relação aos outros. Serão abordados os processos de extração de carvão mineral, importação de gás natural, produção de gás natural e produção de outros biocombustíveis. Será apenas comentado que a usina nuclear também é uma termoelétrica que utiliza um outro tipo de combustível, porém esse assunto será aprofundado nas próximas aulas. Em seguida, serão abordados os processos de geração de energia através das usinas solares, eólicas e de ondas, apresentando os principais aspectos de cada um, suas vantagens e desvantagens, seus impactos e suas limitações. Serão apresentadas centrais domésticas de produção de energia que utilizam energia solar ou eólica e discutidas suas possibilidades, custos, vantagens, entre outras questões que surgirem durante a aula. O professor irá incentivar a participação dos alunos com perguntas sobre o assunto durante toda a aula.

Recursos Didáticos: Data show e computador;

Verificação de Aprendizagem: A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o assunto da aula.

AULA 8

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Acidente na Usina Nuclear de Chernobyl

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Não são necessários pré-requisitos para compreensão desta aula, pois trata-se do relato de um acontecimento histórico. Alguns conceitos citados no documentário serão abordados nas aulas seguintes.

Objetivos: Apresentar aos alunos um documentário sobre o acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl para fazê-los refletir sobre os riscos que oferecem uma usina nuclear. Apresentar o funcionamento de um reator. Mostrar que um acidente não ocorre apenas por falta de segurança e controle, mas também por erros de operação (erros humanos). Mostrar as consequências da exposição à radiação em excesso. Levá-los a refletir sobre a importância de a tecnologia ser manipulada com bom-senso e segurança. Mostrar que muitas vezes os interesses econômicos e políticos prevalecem sobre as medidas de segurança na tomada de decisões em ciência e tecnologia.

Desenvolvimento do tema: O documentário exibido em vídeo tem duração de 45 minutos e apresenta uma simulação do acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl em 26 de abril de 1986. Além da simulação, o vídeo apresenta uma narração que conta mais detalhes sobre o acidente. São apresentados depoimentos de vítimas e até mesmo do trabalhador responsabilizado pelo acontecimento. O documentário mostra a sala de controle do reator e como é feita a operação do mesmo. Por meio de animações, são mostrados o interior do reator e os fenômenos que resultaram na ocorrência do acidente. São apresentados detalhes sobre a vida pessoal e política do engenheiro chefe do reator que indicam que esses fatores contribuíram em favor do acidente. O vídeo mostra também imagens reais das operações de contenção da radiação e de como ficou o local após o acidente.

Recursos Didáticos: Data show e computador (ou televisão);

Verificação de Aprendizagem: Após o término do vídeo será aberto um espaço para dúvidas e discussões a respeito do vídeo apresentado. A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o conteúdo do vídeo.

AULA 9

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Bomba atômica

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Não são necessários pré-requisitos para compreensão desta aula, pois trata-se do relato de um acontecimento histórico. Alguns conceitos citados no documentário serão abordados nas aulas seguintes.

Objetivos: Apresentar aos alunos um documentário sobre o lançamento da bomba atômica em Hiroshima, no Japão. Apresentar o contexto em que ocorreu o lançamento da bomba nuclear. Introduzir os fenômenos envolvidos na construção da bomba atômica. Mostrar o procedimento realizado para o ataque. Levar os alunos a refletir sobre o uso da ciência e tecnologia como instrumento de poder e dominação. Apresentar as consequências da exposição à radiação em excesso. Mostrar que a tecnologia utilizada na bomba atômica é a mesma da usina nuclear.

Desenvolvimento do tema: O documentário exibido em vídeo tem duração de 40 minutos e relata o lançamento de uma bomba atômica na cidade de Hiroshima, no Japão, ocorrido em 6 de agosto de 1945. O vídeo narra o acontecimento com detalhes sobre os efeitos que a bomba causou, incluindo relatos de vítimas e de soldados que participaram da operação de lançamento. São mostradas imagens reais do dia seguinte após o ataque. São apresentados dados sobre a quantidade de vítimas fatais e feridos, bem como os efeitos sobre o local. São apresentados os efeitos da exposição à radiação. Após o vídeo o professor irá relacionar os dois acontecimentos (o acidente na usina nuclear e o lançamento da bomba) apontando as relações entre eles, não somente em relação aos fenômenos físicos, mas também sobre as relações de poder.

Recursos Didáticos: Data show e computador (ou televisão);

Verificação de Aprendizagem: Após o término do vídeo será aberto um espaço para dúvidas e discussões a respeito do vídeo apresentado. A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o conteúdo do vídeo.

AULA 10

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Reações Nucleares

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Será assumido que os alunos tenham estudado átomos e suas características, bem como conheçam a tabela periódica.

Objetivos: Levar os alunos a compreender a origem da energia nuclear, das reações nucleares e do funcionamento de um reator. Apresentar os processos envolvidos na geração de energia elétrica por meio da usina nuclear, os problemas e vantagens deste tipo de usina. Ajudá-los a compreender as causas técnicas do acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl.

Desenvolvimento do tema: A aula será apresentada em slides. Inicialmente, será exposta a estrutura do átomo, identificando prótons, nêutrons e elétrons e as partículas que constituem estes últimos, os quarks, identificando assim a origem da força nuclear. Serão então introduzidas as reações nucleares, fissão e fusão nuclear, diferenciando os dois tipos de reação e explicando como ocorre cada uma. Será explicado como ocorre a reação em cadeia e os elementos que são utilizados no processo. Será apresentado o processo de enriquecimento do urânio e explicada a diferença entre o combustível utilizado na usina nuclear e na bomba atômica. Será, então, apresentado o funcionamento de um reator nuclear e todo o processo para transformação de energia nuclear em energia elétrica que ocorre na usina. Serão comparados os combustíveis de vários tipos de usinas e explicado sobre a geração, armazenamento e problemas do lixo nuclear. Em seguida, será explicado mais detalhadamente o processo de fusão nuclear exemplificando onde ele ocorre na natureza e como a ciência tem tentado reproduzi-lo. Para finalizar, será discutido novamente o acidente ocorrido na Usina Nuclear de Chernobyl para preparação à visita na Usina Nuclear de Angra dos Reis, porém agora com uma ênfase maior nos processos internos dos reatores e relembrando as causas do acidente apresentadas no documentário. Para melhor compreensão da reação em cadeia e do funcionamento do reator, será utilizado um aplicativo virtual que simula estes processos (applet).

Recursos Didáticos: Data show e computador.

Verificação de Aprendizagem: Durante a aula será aberto espaço para dúvidas e discussões a respeito dos assuntos, possibilitando ao professor avaliar o nível de compreensão dos mesmos.

AULA 11

Local: Usina Nuclear de Angra dos Reis

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Usina nuclear

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Será assumido que os alunos tenham compreendido o funcionamento do reator, bem como todos os processos envolvidos na geração de energia elétrica por meio de uma usina nuclear.

Objetivos: Conhecer a Usina Nuclear de Angra dos Reis, levantar questionamentos a respeito dos riscos, do controle, da segurança, dos impactos ao meio ambiente, do destino do lixo nuclear, entre outros. Mostrar aos alunos que as informações passadas à sociedade pela usina são manipuladas e nem sempre refletem a situação real.

Desenvolvimento do tema: A visita da usina nuclear (centro de informações) tem duração de 2 horas. Os alunos são autorizados apenas a visitar o centro de informações, devido ao fato de serem menores de idade. Os alunos assistem alguns vídeos que apresentam a usina nuclear, o funcionamento do reator e o processo de geração de energia elétrica, onde são enfatizadas as vantagens deste tipo de usina, os cuidados com o meio ambiente e com o lixo nuclear e a segurança da população da cidade. Em seguida, um funcionário se coloca à disposição para tirar dúvidas, explicando um pouco mais sobre os vídeos. Depois, os alunos são encaminhados para uma sala que possui imagens e a história da usina, desde a sua construção, e também uma maquete de um reator nuclear. Após o término na visita ao centro de informações, os alunos são levados para observar a réplica de uma sala de controle de um reator, onde os candidatos a operadores do reator fazem treinamento. A mesma funcionária acompanha os alunos para explicação de como se dá a formação de um operador do reator nuclear e, em seguida, a visita é finalizada.

Recursos Didáticos: Não são necessários recursos didáticos.

Verificação de Aprendizagem: Não há verificação de aprendizagem nesta aula.

AULA 12

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Acidente em Goiânia (Césio 137)

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Não são necessários pré-requisitos para compreensão desta aula, pois trata-se do relato de um acontecimento histórico. Alguns conceitos citados no documentário serão abordados nas aulas seguintes

Objetivos: Apresentar um documentário sobre o acidente ocorrido em Goiânia, no Brasil, com o Césio-137. Compreender as condições e os motivos que levaram ao acidente e suas conseqüências. Mostrar a importância da informação e conhecimento sobre a ciência e a tecnologia para a sociedade. Compreender que a radiação está presente em outros elementos químicos, além do urânio. Compreender que a tecnologia deve ser manipulada com cautela e bom-senso e que a segurança e o controle devem prevalecer sempre.

Desenvolvimento do tema: O documentário em vídeo tem duração de 37 minutos e apresenta uma simulação do acidente ocorrido em Goiânia, no Brasil, em setembro de 1987. A simulação apresenta os personagens principais, responsáveis pelo acidente, as vítimas, as condições e os motivos que levaram ao acidente, as conseqüências e os procedimentos que foram realizadas para controle após o ocorrido. O vídeo inclui relatos das vítimas, de cientistas e de outras pessoas envolvidas no processo. O documentário apresenta, ainda, dados sobre a quantidade de vítimas, fatais ou não, e outras informações a respeito do local e procedimentos realizados para controle.

Recursos Didáticos: Data show e computador (ou televisão).

Verificação de Aprendizagem: Após o término do vídeo será aberto um espaço para dúvidas e discussões a respeito do vídeo apresentado. A partir das discussões, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o conteúdo do vídeo.

AULA 13

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Radioatividade

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Será assumido que os alunos conhecem a tabela periódica e as características de alguns elementos, bem como compreendem a estrutura do átomo.

Objetivos: Compreender a natureza da radioatividade e saber diferenciá-la do Raio-X. Compreender que existem vários tipos de radiação. Conhecer a aplicação da radiação na medicina. Compreender os riscos que a exposição à radiação pode oferecer. Conhecer o histórico dos estudos com os elementos radioativos e os cientistas que realizaram esses estudos. Compreender o conceito de meia-vida e conhecer as características de alguns elementos radioativos.

Desenvolvimento do tema: A aula será apresentada em slides. Será apresentado o Raio-X e o um breve histórico de seu descobrimento, bem como sua natureza e utilidade. Em seguida serão apresentados alguns elementos radioativos e um breve histórico sobre o descobrimento destes. Serão diferenciadas as naturezas do Raio-X e das demais radiações nucleares. Será apresentada Marie Curie e seus trabalhos. Será explicada a origem da radiação, diferenciando as partículas alfa e beta e os raios gama. Será mostrado o espectro eletromagnético e a diferença entre as radiações que são prejudiciais e as que não são. Serão mostradas as utilidades da radiação para tratamentos médicos, bem como as conseqüências de seu mau uso. Será explicado o conceito de meia vida dos elementos radioativos, exemplificando com dados de alguns elementos.

Recursos Didáticos: Data show e computador.

Verificação de Aprendizagem: Durante a aula será aberto espaço para dúvidas e discussões a respeito dos assuntos, possibilitando ao professor avaliar o nível de compreensão dos mesmos.

AULA 14

Local: Escola

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Vantagens e desvantagens das usinas nucleares

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: É necessário que os alunos tenham participado das aulas 8 a 13.

Objetivos: Através de uma atividade em grupo, promover a discussão sobre vantagens e desvantagens, levando a uma tomada de decisão a favor ou contra as usinas nucleares e ao desenvolvimento de uma ação social responsável.

Desenvolvimento do tema: Na aula anterior, deverá ser solicitado aos alunos que formem grupos de 3 a 4 pessoas e se posicionem contra ou a favor das usinas nucleares, de modo que todos os integrantes do grupo estejam em consenso quanto à opinião. O grupo deverá, então, em casa, criar um vídeo, no qual defendam ou critiquem as usinas nucleares dando enfoque à Usina Nuclear de Angra dos Reis. Para criar o vídeo, poderão usar imagens, animações, outros vídeos e suas próprias gravações, usando a criatividade e os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores. Nesta aula, os vídeos serão exibidos e cada grupo irá defender suas ideias, promovendo um debate em sala de aula. Em seguida, o vídeo poderá ser publicado nas redes sociais para sensibilização da população local sobre o assunto.

Recursos Didáticos: Data show e computador.

Verificação de Aprendizagem: Através das discussões e dos vídeos criados pelos alunos, o professor poderá avaliar o nível de compreensão sobre o assunto.

AULA EXTRA

Local: Centro Cultural Theóphilo Massad – Angra dos Reis

Data: A definir

Subtema: Usinas Nucleares

Assunto: Hiroshima 70 anos

Duração: 100 minutos

Pré-requisitos: Não são necessários pré-requisitos para compreensão desta aula, pois trata-se de uma exposição de fotos sobre energia nuclear. Os eventos retratados nas fotos serão assuntos das próximas aulas.

Objetivos: Conhecer a exposição e os eventos retratados nas fotos expostas. Conhecer o movimento Sociedade Angrense de Proteção Ecológica (SAPÊ), promotor da exposição. Despertar o interesse pelo assunto.

Desenvolvimento do tema: A visita à exposição será acompanhada por um instrutor que explicará as fotos. A descrição da exposição se encontra abaixo.

Recursos Didáticos: Não serão necessários recursos didáticos.

Verificação de Aprendizagem: A verificação de aprendizagem será feita nas próximas aulas.

ANEXO

Exposição Hiroshima 70 anos, em Angra dos Reis



No dia 6 de agosto, entra em cartaz, em Angra dos Reis, a exposição Hiroshima 70, que reúne imagens capturadas por fotógrafos de diversos países desde 1945, quando os Estados Unidos lançaram duas bombas atômicas sobre as cidades japonesas Hiroshima e Nagasaki. A mostra, desenvolvida pela Sociedade Angrense de Proteção Ecológica (Sapê), lança um olhar sobre o universo nuclear, a partir destes fatos detonados no Japão, há 70 anos - uma maneira de relembrar as vítimas das indústrias bélica e nuclear.

As fotografias apresentam, entre outros assuntos, o cenário apocalíptico criado pela explosão das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, a luta contra a energia nuclear, os impactos do ciclo do urânio (material radioativo utilizado tanto no desenvolvimento de bombas nucleares quanto na produção de energia), as consequências de acidentes nucleares sobre o ser humano e a natureza. Além destas imagens, a exposição também apresenta um conjunto de cartazes criados entre 1970 e 2010 por movimentos de resistência antinuclear ao redor do mundo.

A exposição Hiroshima 70 é o destaque da programação deste ano do Hiroshima Nunca Mais, conjunto de ações realizadas anualmente pela Sapê desde a década de 1980. O público vai poder, ainda, participar do Encontro da Articulação Antinuclear Brasileira e do seminário "O programa nuclear na política energética nacional: contradições e perspectivas".

Desde 1971, quando a usina Angra 1 começou a ser construída, os moradores de Angra dos Reis (cidade localizada entre as metrópoles Rio de Janeiro e São Paulo) convivem com a insegurança nuclear. O objetivo da exposição Hiroshima 70 é aproximar a população do debate sobre o uso de energia nuclear, levando em conta a iminente entrada em operação da usina Angra 3, prevista para 2018, e a meta do Plano Nacional de Energia, que prevê a construção de mais quatro usinas nucleares no Brasil até 2030.

APÊNDICE B

AVALIAÇÃO PRÉVIA

1 - Quais os problemas da cidade de Angra dos Reis?

2 - Porque você acha que esses problemas existem?

3 - Quais as soluções para esses problemas em sua opinião?

4 – De onde você acha que vem a energia e a água que chega até a sua casa?

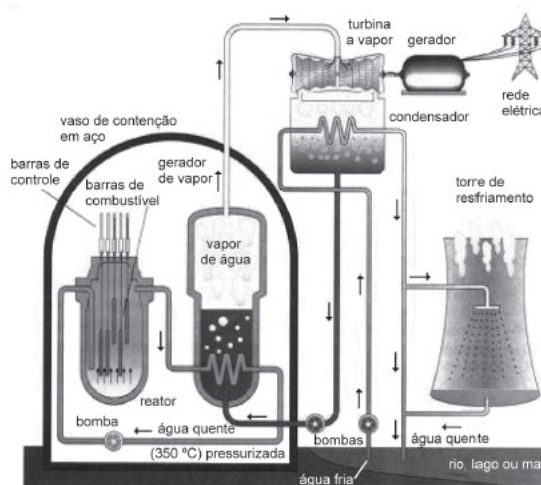
PROVA – 3º BIMESTRE

1 - No Brasil existem diferentes meios de se obter energia elétrica. Um deles é a construção de usinas hidrelétricas, que utilizam a água dos rios e bacias como principal recurso. Porém, as usinas hidrelétricas têm suas desvantagens. O impacto causado por esse tipo de usina é:

- A) a geração de lixo radioativo.
- B) a liberação CO₂ e NO_x.
- C) a necessidade da monocultura.
- D) o alagamento de áreas florestais.
- E) o alto preço dos combustíveis.

2 - O esquema abaixo representa a geração de energia elétrica a partir da energia liberada na forma de calor. Essa instalação é conhecida como

- A) biodigestor.
- B) parque de energia solar.
- C) parque eólico.
- D) usina hidrelétrica.
- E) usina nuclear.



Disponível em: <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/>>. Acesso em: 31 maio 2012.

3 - A energia é fundamental para o desenvolvimento econômico e social e para a melhoria da qualidade de vida. Mas a produção e o consumo crescente de energia provocam diversos problemas ambientais. Em uma usina termelétrica, uma maneira de aquecer a caldeira e fazer funcionar o gerador, é a queima de combustíveis fósseis. Após a queima, os resíduos desses combustíveis são soltos na atmosfera causando grandes impactos ambientais.

Qual fonte de energia é um combustível fóssil?

- A) Resíduos de animais.
- B) Luz do sol.
- C) Força dos ventos.
- D) Força das marés.
- E) Carvão mineral.

4 - Em um reator de uma usina nuclear ocorrem inúmeras fissões em certo núcleo atômico que tem como resultado a geração de calor e vapor. Porém, essa não é a finalidade desse processo. Ao final desse processo é produzida a energia

- A) cinética.
- B) elétrica.
- C) eólica.
- D) mecânica.
- E) térmica.

5 – Leia o texto abaixo:

A eletricidade possui, atualmente, um papel de extrema importância na oferta total de energia no Brasil, correspondendo, em 2010, a 17,2% da oferta de energia no país (PDE 2019). A principal fonte de produção de eletricidade é proveniente de usinas hidrelétricas, que foi responsável, em 2005, por 83,4% da geração de eletricidade (Souza, 2008). [...]

A opção do governo de priorizar a hidroeletricidade é justificada por uma série de fatores. Em primeiro lugar, as características naturais do Brasil facilitam o investimento em hidrelétricas, uma vez que o relevo brasileiro é composto predominantemente por montanhas e planaltos, o que contribui para a formação de rios com queda d'água; o clima brasileiro, com exceção do Nordeste, é bastante chuvoso, o que permite que haja um grande fluxo de água nos rios nacionais (Souza, 2008).

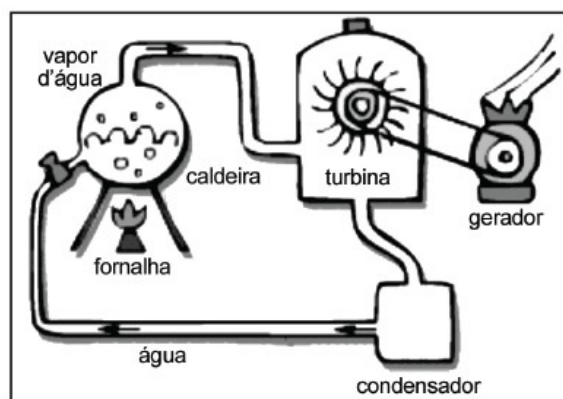
Disponível em: <<http://intercambioclimatico.com/pt-br/2011/06/30/caracteristicas-do-sistema-eletrico-brasileiro-o-grande-enfoque-na-eletricidade-nas-hidreletricas-e-na-amazonia/>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

De acordo com esse texto, devido ao relevo e à grande extensão territorial do Brasil, o investimento na geração de energia proveniente de hidrelétricas se justifica pelo fato de essas usinas

- A) facilitarem a distribuição de energia para toda a América Latina.
- B) modificarem o mínimo da vegetação local.
- C) o Brasil ocupar um grande território, facilitando a instalação de aerogeradores.
- D) o Brasil ser rico em recursos minerais necessários para esse tipo de usina.
- E) o Brasil ter uma quantidade grande de rios.

6 - Observe, na imagem abaixo, o esquema de funcionamento de um tipo de usina de geração de energia elétrica. Qual é a transformação de energia que ocorre nessa usina?

- A) A energia térmica é transformada em energia elétrica.
- B) A energia potencial gravitacional é transformada em energia elétrica.
- C) A energia potencial elástica é transformada em energia elétrica.
- D) A energia luminosa é transformada em energia elétrica.
- E) A energia eólica é transformada em energia elétrica.



Disponível em: <<http://i1.ytimg.com/vi/eJKd1QAMyUI/maxresdefault.jpg>>. Acesso em: 16 fev. 2014.

7 - Leia o texto abaixo.

Região da Amazônia ganhará 15 novas usinas hidrelétricas

A oferta de energia elétrica no país tem de crescer 42.600 megawatts (MW) nos próximos dez anos, e o Brasil vai colocar em operação entre três e quatro usinas hidrelétricas por ano para atender à demanda. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) já planejou a entrada em operação de 34 novas usinas hidrelétricas até 2021, sendo 15 delas na Amazônia Legal. Para Maurício Tolmasquim, presidente da EPE, ampliar a oferta de energia hidrelétrica é condição básica para o desenvolvimento econômico, e a instalação de usinas nos rios amazônicos é inevitável. [...]

Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/regiao-da-amazonia-ganhara-15-novas-usinas-hidreletricas-6633633>>. Acesso em: 28 fev. 2013. Fragmento.

A instalação de usinas hidrelétricas nos rios amazônicos é inevitável devido ao fato de

- A) essas usinas proporcionarem o mínimo de impactos ambientais.
- B) esses rios terem um grande volume de água, o que é essencial para esse tipo de usina.
- C) esses rios ocuparem 5 846 100 km², o que possibilita a instalação de aerogeradores.
- D) ser um ponto estratégico para o fornecimento de energia para todas as regiões.
- E) ser uma área de baixa população absoluta, o que possibilita a instalação de reatores.

8 - Leia o texto abaixo.

Energia Eólica

A energia eólica - produzida a partir da força dos ventos - é abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. Essa energia é gerada por meio de aerogeradores, nos quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. A quantidade de energia transferida é função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento. [...]

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energias-renovaveis/energia-eolica>>. Acesso em: 7 fev. 2013. Fragmento.

De acordo com esse texto, a energia eólica utiliza o vento para a produção energética, que é uma fonte de energia renovável. Porém, esse processo causa impactos ao meio ambiente. Qual é o impacto ambiental relacionado à energia eólica?

- A) Alagamento de terras férteis ou de valor ecológico.

- B) Contaminação do solo por resíduos radioativos.
- C) Emissão de gases como CO₂ e CH₄, provocando o efeito estufa.
- D) Interferência na migração de pássaros e na paisagem.
- E) Poluição de águas superficiais e/ou subterrâneas.

9 – Leia o texto abaixo:

Energia Elétrica e Meio Ambiente:

Para ser gerada, a energia elétrica passa por processos que atingem fatalmente o meio ambiente. Com o aumento desmedido do seu consumo e a manutenção de sua forma tradicional de obtenção criam-se sérios riscos para vida em nosso planeta.

Existem várias fontes para obtenção da energia elétrica. Podemos citar entre elas: o sol, o vento, as águas, a geotermia, as marés, as correntes marinhas, a nuclear, a lenha, o bagaço da cana, o carvão, o gás natural, óleo diesel e outros.

Muitas dessas fontes são renováveis e causam poucos impactos ao meio ambiente, outras, ao contrário, são muito impactantes, assim como as linhas de transmissão, que ocupam faixas contínuas de terras e desfiguram as paisagens.

No Brasil, a eletricidade é predominantemente hidráulica, mas é gerada também em termoelétricas que utilizam carvão mineral, óleo combustível e fissão nuclear.

Os impactos causados pela energia elétrica quase não são percebidos, pois as transformações ambientais ocorrem antes que a energia chegue até nós.

Disponível em: <<http://www.ced.ufsc.br/emt/trabalhos/historiadaeletricidade/ENERGIA%20ELETRICA%20E%20MEIO%20AMBIENTE.htm>>.
Acesso em: 18 fev. 2014.

De acordo com esse texto, existem vantagens e desvantagens na geração de energia elétrica. Cite, pelo menos, um impacto ambiental e um impacto social relacionado à geração de eletricidade a partir das usinas hidrelétricas.

10 – Explique qual a principal diferença entre as usinas hidrelétricas e as usinas termelétricas, no que diz respeito à transformação de energia.

TESTE – 4º BIMESTRE

1 – De onde vem a energia elétrica que chega até a sua casa?

Descreva como e onde ocorre a produção de energia elétrica e como ela é transferida até a sua casa. Não se esqueça que existem várias formas de se obter energia elétrica, as quais estudamos no 3º e 4º bimestre, fale sobre todas que se lembrar.

2 - Em sua opinião, é necessária a existência da usina nuclear em Angra dos Reis? Ela poderia ser substituída por outro tipo de usina? Explique.

Lembre-se que é preciso pensar nos recursos disponíveis na região. Pensando nisso, dê um exemplo de usina que poderia substituir a nuclear.

3 - Você acha que um acidente, como o que ocorreu na usina de Chernobyl, poderia ocorrer nas usinas de Angra dos Reis? Justifique sua resposta.

4 – Você saberia o que fazer caso um acidente ocorresse na usina nuclear de Angra dos Reis?

5 – Em sua opinião, qual foi a importância do nosso estudo sobre a produção de energia elétrica desde o início do 3º bimestre?

Fale sobre o que você aprendeu de novo e como isso contribui para sua vida.

6 – Você achou importante conhecer as situações reais que envolvem a produção de energia elétrica? Porquê?

Como, por exemplo, o processo de construção da Usina Belo Monte ou o acidente na usina nuclear de Chernobyl.

7 - Agora que você conhece um pouco mais sobre a energia nuclear, comente sobre os perigos que ela oferece para o mundo.

Fale também sobre os perigos da bomba atômica e sua relação com as usinas nucleares.

8 - Para terminar, dê sua opinião sobre as aulas de física nestes dois últimos bimestres.

Fale se gostou dos debates, dos vídeos, dos assuntos discutidos. Essas atividades contribuíram para o seu aprendizado? Você sentiu falta de algo (como copiar a matéria no caderno, utilizar fórmulas ou alguma outra coisa)? Você gostou de aprender física dessa forma ou acha que o que estudamos não tem muito a ver com física?

PROVA – 4º BIMESTRE

1 – O poema refere-se à Rosa de Hiroxima como “radioativa, estúpida, inválida”, destacando os efeitos nocivos da radioatividade, um dos subprodutos da energia nuclear e que pode vazar para o ambiente através do lixo atômico ou por acidentes, como o que ocorreu na usina nuclear de Chernobyl, na Ucrânia. Entre as vantagens da energia nuclear, que compensam os perigos de possíveis acidentes, destacam-se:

A) o fato de ser renovável, não causar grandes impactos ambientais, como as hidrelétricas, e não ser fonte de conflitos entre países, pois não é uma fonte finita.

B) a presença, na geração de energia, tanto de capitais privados como estatais, pois as usinas nucleares são investimentos de baixo custo e retorno rápido.

C) o combustível (urânio enriquecido) é relativamente barato, a geração de resíduos é pequena e não há geração de gases que intensificam o efeito estufa.

D) a abundância do combustível (urânio) em todo o mundo, o baixo custo de implantação de usinas nucleares e a tecnologia acessível aos países pobres.

E) o controle internacional sobre a geração de energia nuclear e a legislação ambiental rígida, que restringem a construção de usinas pelos países que não seguem as normas.

2 - Aponte os aspectos positivos e negativos da energia nuclear.

3 - O elemento químico utilizado para a obtenção de energia nuclear é:

- A) Urânio
- B) Césio
- C) Boro
- D) Tório
- E) Chumbo

4 – Qual é o nome do processo de obtenção de energia nuclear? Descreva-o.

5 – Leia o texto abaixo:

Alemanha anuncia fechamento de todas as usinas nucleares até 2022

A coalizão do governo alemão anunciou nesta segunda-feira um acordo para o fechamento de todas as usinas nucleares do país até 2022 [...]. A chanceler (premiê) Angela Merkel havia estabelecido uma comissão de ética para analisar a energia nuclear após o desastre ocorrido na usina japonesa de Fukushima.

BBC Brasil, 30 de maio de 2011 (adaptado).

Rosa de Hiroxima

Pensem nas crianças

Mudas telepáticas

Pensem nas meninas

Cegas inexatas

Pensem nas mulheres

Rotas alteradas

Pensem nas feridas

Como rosas cálidas

Mas, oh, não se esqueçam

Da rosa da rosa

Da rosa de Hiroxima

A rosa hereditária

A rosa radioativa

Estúpida e inválida

A rosa com cirrose

A anti-rosa atômica

Sem cor sem perfume

Sem rosa sem nada

(Vinícius de Moraes)

O motivo que levou a Alemanha, segundo a notícia acima, a acabar com a utilização da matriz nuclear de energia está em algumas de suas desvantagens, entre as quais, podemos citar:

- A) a emissão em massa de poluentes radioativos na atmosfera;
- B) o resfriamento excessivo da água do mar utilizada para manutenção das turbinas;
- C) o risco de acidentes e de contaminação radioativa;
- D) a elevada deposição de lixo em áreas imediatamente próximas;
- E) o alto custo do combustível nuclear.

6 – Leia o texto abaixo:

Ucrânia defende energia nuclear 25 anos após Chernobyl

Primeiro-ministro ucraniano, Nikolai Azarov, afirmou que usinas são "parte inalienável do progresso científico" [...]. "Para a Ucrânia, um país obrigado a comprar gás e petróleo, não há alternativa à energia nuclear", ressaltou o chefe do Governo do país que em 26 de abril de 1986 foi palco do maior desastre nuclear da história.

IG, Último Segundo, 25 abr. 2011. Adaptado.

Apesar de polêmica, a energia nuclear possui os seus defensores em função de alguns dos seus vários pontos positivos, entre os quais, é possível destacar corretamente:

- A) Impactos ambientais nulos na fauna e na flora
- B) Utiliza de recursos naturais renováveis
- C) Gera muitos empregos sem necessidade de qualificação
- D) Emissão nula de poluentes responsáveis pelo efeito estufa
- E) Não gera lixo radioativo.

7 - Além da enorme quantidade de energia produzida no momento da explosão da bomba em Hiroxima, restaram materiais altamente radioativos produzidos por reações de.

- A) fusão nuclear;
- B) fissão nuclear;
- C) combustão;
- D) decaimento radioativo;
- E) polimerização;

8 - Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de:

- A) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- B) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- C) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas,

incluindo os próprios seres humanos.

D) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.

E) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

9 – O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como “combustível”, não é queimado, mas sofre fissão.

II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos. A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que:

A) O primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.

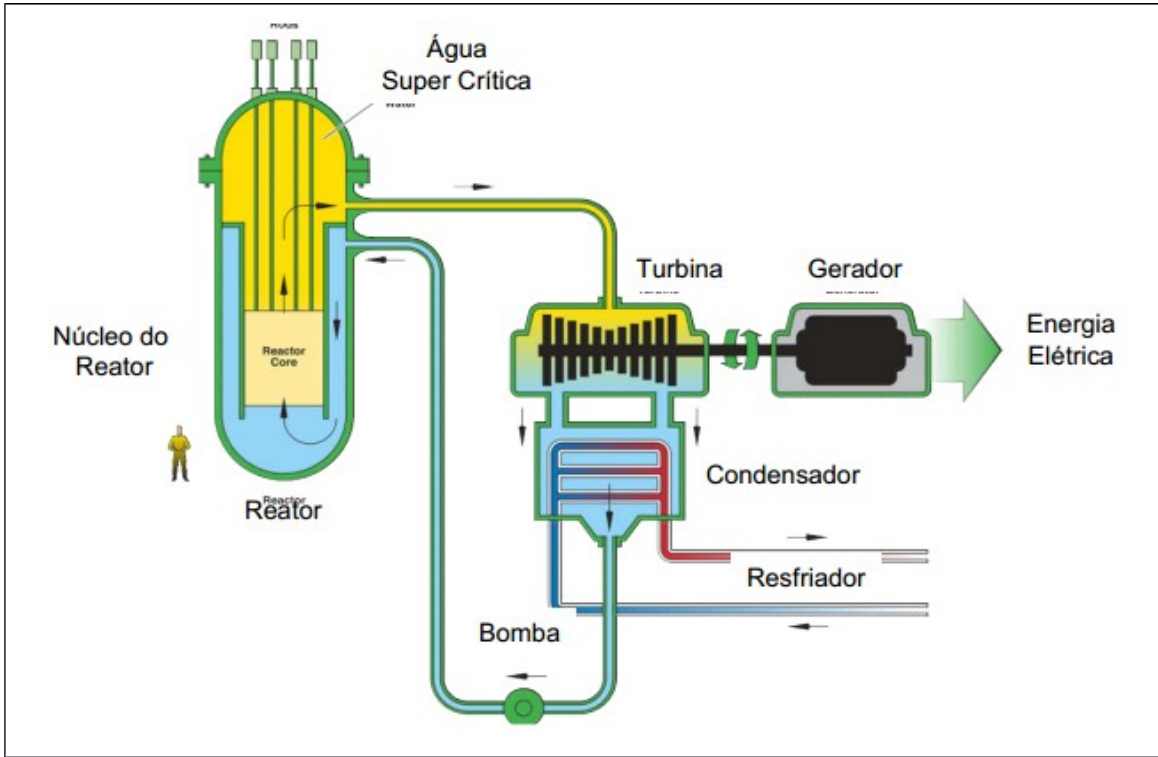
B) O segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.

C) O segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.

D) Ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.

E) Ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está-se tornando uma necessidade inquestionável.

10 – Em um reator nuclear o processo ocorre em uma reação em cadeia, porém é possível acelerar ou reduzir a velocidade desse processo permitindo, assim, o controle da potência do reator. O que é utilizado para esse controle? Explique qual o material utilizado e como ele controla a reação.



APÊNDICE C

JOGO DIDÁTICO: SUPER ENERGIA

Regras do Jogo

Regras

Participantes: 2 ou 4

Nível: Fundamental, Médio ou Superior.

Objetivo:

Ficar com todas as cartas do baralho.

Preparação:

As cartas são distribuídas em número igual para cada um dos jogadores. Cada jogador forma seu monte e só vê a primeira carta da pilha. As cartas possuem informações sobre usinas hidrelétricas como: altura, turbina, vazão, quantidade de turbinas, capacidade e local. É com estas informações que cada um vai jogar.

Como jogar:

Se você é o primeiro a jogar, escolha, entre as informações contidas em sua primeira carta, aquela que você julga ter o valor capaz de superar o valor da mesma informação que se encontra na carta que seus adversários têm em mãos. Por exemplo: você escolhe a informação altura, menciona-a em voz alta e abaixa a carta na mesa. Imediatamente todos os outros jogadores abaixam a primeira carta de suas pilhas e conferem o valor da informação. Quem tiver o valor mais alto ganha as cartas da mesa e as coloca embaixo de sua pilha.

O próximo jogador será o que venceu a rodada anterior. Assim prossegue o jogo até que um dos participantes fique com todas as cartas do baralho, vencendo a partida.

Se dois ou mais jogadores abaixam cartas com o mesmo valor máximo, os demais participantes deixam suas cartas na mesa e a vitória é decidida entre os que empataram. Para isso, quem escolheu inicialmente diz um novo item de sua próxima carta, ganhando as cartas da rodada quem tiver o valor mais alto.

Cartas



Itaipu Binacional

Altura: 118,4 m
Turbina: Francis
Vazão: 13 800 m³/s
Quantidade de turbinas: 20
Capacidade: 14 000 MW
Local: Foz do Iguaçu/PR



Paraibuna

Altura: 78,3 m
Turbina: Francis
Vazão: 68 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 85 MW
Local: Paraibuna/SP



Itaipu Binacional

Altura: 118,4 m
Turbina: Francis
Vazão: 13 800 m³/s
Quantidade de turbinas: 20
Capacidade: 14 000 MW
Local: Foz do Iguaçu/PR



Paraibuna

Altura: 78,3 m
Turbina: Francis
Vazão: 68 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 85 MW
Local: Paraibuna/SP



Jaguari

Altura: 49,9 m
Turbina: Francis
Vazão: 50 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 27,6 MW
Local: São José dos Campos/SP



Tucuruí (1º etapa)

Altura: 60,8 m
Turbina: Francis
Vazão: 6 900 m³/s
Quantidade de turbinas: 12
Capacidade: 4 200 MW
Local: Tucuruí/PA



Jaguari

Altura: 49,9 m
Turbina: Francis
Vazão: 50 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 27,6 MW
Local: São José dos Campos/SP



Tucuruí (1º etapa)

Altura: 60,8 m
Turbina: Francis
Vazão: 6 900 m³/s
Quantidade de turbinas: 12
Capacidade: 4 200 MW
Local: Tucuruí/PA



Tucuruí (Auxiliar 1º etapa)

Altura: 60,8 m
Turbina: Francis
Vazão: 79 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 45 MW
Local: Tucuruí/PA



Tucuruí (2º etapa)

Altura: 61,7 m
Turbina: Francis
Vazão: 7 469 m³/s
Quantidade de turbinas: 11
Capacidade: 4 125 MW
Local: Tucuruí/PA



Tucuruí (Auxiliar 1º etapa)

Altura: 60,8 m
Turbina: Francis
Vazão: 79 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 45 MW
Local: Tucuruí/PA



Tucuruí (2º etapa)

Altura: 61,7 m
Turbina: Francis
Vazão: 7 469 m³/s
Quantidade de turbinas: 11
Capacidade: 4 125 MW
Local: Tucuruí/PA



Jupia

Altura: 21,3 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 6440 m³/s
Quantidade de turbinas: 14
Capacidade: 1551,2 MW
Local: Castilho/SP



Jirau

Altura: 19,9 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 18 500 m³/s
Quantidade de turbinas: 50
Capacidade: 3 750 MW
Local: Porto Velho/RO



Jupia

Altura: 21,3 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 6440 m³/s
Quantidade de turbinas: 14
Capacidade: 1551,2 MW
Local: Castilho/SP



Jirau

Altura: 19,9 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 18 500 m³/s
Quantidade de turbinas: 50
Capacidade: 3 750 MW
Local: Porto Velho/RO



Belo Monte (Principal)

Altura: 87 m
Turbina: Francis
Vazão: 13 950 m³/s
Quantidade de turbinas: 18
Capacidade: 11 000 MW
Local: Altamira/PA



Belo Monte (Complementar)

Altura: 11,4 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 2 268 m³/s
Quantidade de turbinas: 6
Capacidade: 233 MW
Local: Altamira/PA



Belo Monte (Principal)

Altura: 87 m
Turbina: Francis
Vazão: 13 950 m³/s
Quantidade de turbinas: 18
Capacidade: 11 000 MW
Local: Altamira/PA



Belo Monte (Complementar)

Altura: 11,4 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 2 268 m³/s
Quantidade de turbinas: 6
Capacidade: 233 MW
Local: Altamira/PA



Baguari

Altura: 17,3 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 897,4 m³/s
Quantidade de turbinas: 4
Capacidade: 140 MW
Local: Governador Valadares/MG



Santo Antônio

Altura: 25 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 30 000 m³/s
Quantidade de turbinas: 50
Capacidade: 3 568 MW
Local: Porto Velho/RO



Baguari

Altura: 17,3 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 897,4 m³/s
Quantidade de turbinas: 4
Capacidade: 140 MW
Local: Governador Valadares/MG



Santo Antônio

Altura: 25 m
Turbina: Bulbo
Vazão: 30 000 m³/s
Quantidade de turbinas: 50
Capacidade: 3 568 MW
Local: Porto Velho/RO



Estreito

Altura: 18,94 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 6524,56 m³/s
Quantidade de turbinas: 8
Capacidade: 1087 MW
Local: Estreito/MA



Areia Branca

Altura: 34,28 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 71,04 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 19,8 MW
Local: Caratinga/MG



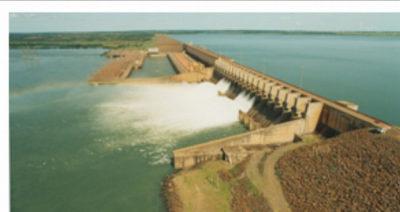
Estreito

Altura: 18,94 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 6524,56 m³/s
Quantidade de turbinas: 8
Capacidade: 1087 MW
Local: Estreito/MA



Areia Branca

Altura: 34,28 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 71,04 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 19,8 MW
Local: Caratinga/MG



Ilha Solteira

Altura: 41,5 m
Turbina: Francis
Vazão: 7960 m³/s
Quantidade de turbinas: 20
Capacidade: 3444 MW
Local: Ilha Solteira/SP



Porto Primavera

Altura: 18,95 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 7070 m³/s
Quantidade de turbinas: 14
Capacidade: 1540 MW
Local: Rosana/SP



Ilha Solteira

Altura: 41,5 m
Turbina: Francis
Vazão: 7960 m³/s
Quantidade de turbinas: 20
Capacidade: 3444 MW
Local: Ilha Solteira/SP



Porto Primavera

Altura: 18,95 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 7070 m³/s
Quantidade de turbinas: 14
Capacidade: 1540 MW
Local: Rosana/SP



Rondonópolis

Altura: 60,5 m
Turbina: Francis
Vazão: 50,25 m³/s
Quantidade de turbinas: 3
Capacidade: 26,6 MW
Local: Rondonópolis/MT



São Salvador

Altura: 22,48 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 1200 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 243 MW
Local: Paranã/TO



Rondonópolis

Altura: 60,5 m
Turbina: Francis
Vazão: 50,25 m³/s
Quantidade de turbinas: 3
Capacidade: 26,6 MW
Local: Rondonópolis/MT



São Salvador

Altura: 22,48 m
Turbina: Kaplan
Vazão: 1200 m³/s
Quantidade de turbinas: 2
Capacidade: 243 MW
Local: Paraná/TO



Salto Osório

Altura: 72 m
Turbina: Francis
Vazão: 1734 m³/s
Quantidade de turbinas: 6
Capacidade: 1050 MW
Local: São Jorge D'Oeste/PR



Cana Brava

Altura: 43,1 m
Turbina: Francis
Vazão: 1245 m³/s
Quantidade de turbinas: 3
Capacidade: 450 MW
Local: Minaçu/GO



Salto Osório

Altura: 72 m
Turbina: Francis
Vazão: 1734 m³/s
Quantidade de turbinas: 6
Capacidade: 1050 MW
Local: São Jorge D'Oeste/PR



Cana Brava

Altura: 43,1 m
Turbina: Francis
Vazão: 1245 m³/s
Quantidade de turbinas: 3
Capacidade: 450 MW
Local: Minaçu/GO

APÊNDICE D

AVALIAÇÃO ENSINO SUPERIOR

- 1 - Explique como ocorrem os processos de fissão e fusão nuclear, dê exemplos e descreva suas aplicações.
- 2 - Como ocorre o processo de produção de energia elétrica em uma usina nuclear, desde a extração do combustível até a geração de energia no gerador?
- 3 - Explique o processo de enriquecimento do urânio, qual é o seu objetivo e porque ele é necessário.
- 4 - Como é feito o controle da reação em cadeia em um reator nuclear?
- 5 - Qual a diferença entre o processo que ocorre em um reator nuclear e em uma bomba atômica?
- 6 - Explique os três processos de decaimento radioativo: alfa, beta e gama. Quais as diferenças entre eles?
- 7 - Qual a diferença entre raios-X e raios gama?
- 8 - Quais os efeitos biológicos da radioatividade?
- 9 - Quais são os riscos que uma usina nuclear oferece para a população? Quais as vantagens de uma usina nuclear em relação a outros tipos de usinas?
- 10 - Qual a importância de estudar este tema para você e para sua profissão? Qual foi a sua experiência com os vídeos sugeridos pela professora? Você tinha conhecimento das ocorrências mostradas nos vídeos? Acredita que situações iguais ou semelhantes poderiam ocorrer no Brasil? Porquê?

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JUNIOR, A.F. **Enquanto se espera pelas diretrizes e bases**. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/direito/article/view/6167/4398>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

ALMEIDA JÚNIOR, João Baptista de. **A evolução do ensino de Física no Brasil**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979.

ALVES, Gilberto Luiz. **O trabalho didático na escola moderna: formas históricas**. Campinas: Autores Associados, 2005.

AULER, D. Enfoque **Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro**. Revista Ciência e Ensino, v. 1, Nov, 2007.

ALVES, R. **Tecnologia e humanização**. In: Revista Paz e Terra, II, n.8, 1968.

BOFF, L. **Ecologia: grito da terra, grito dos pobres**, 2.ed. São Paulo: Ática, 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BYBEE, R. W., MAU, T. **Science and technology related global problems: na international survey of science educators**. In: Journal of Research in Science Teaching, v. 23, n. 7, p.599-618, 1986.

CAMPOS, L. B.; CRUZ, F. A. O.; PORTO, C. M. **Proposta de abordagem temática com enfoque CTS no ensino de física: Produção de energia elétrica**. In: e- Mosaicos – Revista Multidisciplinar de ensino, pesquisa, extensão e cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp – UERJ), v. 5, n. 10. Dez, 2016.

CHAGAS, Valnir. **O ensino de 1º e 2º graus: antes, agora e depois?** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1980.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

CHRISPINO, A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2009.

COMTE, Auguste. **Discurso sobre o espírito positivo**. São Paulo: Escala, 2006. (Coleção Grandes Obras do Pensamento Universal, 30).

CURY, Carlos Roberto Jamil. **A educação e a Primeira Constituinte Republicana**. In: FÁVERO, Osmar (Org.). *A educação nas constituintes brasileiras: 1823-1988*. Campinas: Autores Associados, 1996. p. 69-80.

CURY, Carlos Roberto Jamil. **A desoficialização do ensino no Brasil: a Reforma Rivadavia**. *Revista Educação & Sociedade*, v. 30, n. 108, p. 717-738. Campinas, out. 2009.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DEMO, P. Pesquisa-participante: usos e abusos. In: TOZONI-REIS, M.F.C. (Org.). **A pesquisa-ação-participativa em educação ambiental: reflexões teóricas**. São Paulo: Annablume, 2007. p. 57-81.

EL ANDALOUSSI, K. **Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia**. São Carlos: Edufscar, 2004.

DIOGO, R. C; GOBARA, S. T. **Educação e ensino de Ciências Naturais/Física no Brasil: do Brasil Colônia à Era Vargas**. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. v. 89, n. 222, p. 365-383. Brasília, maio/ago., 2008.

FOUREZ, G. **A construção das ciências – Introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: UNESP, 1995.

FOUREZ, G. **Crise no Ensino De Ciências? Investigações em Ensino de Ciências**, v.2, p. 109-123, 2003.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**, 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARCIA, M. I. G.; CERESO, J.A.L. e LÓPEZ J.L.L. **Ciencia, Tecnologia y Sociedad – Una introducción al estudio social de La ciência y La tecnologia**. Madrid: Tecnos, 1996.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa em educação ambiental**. In: PHILIPPI JUNIOR., A; PELICIONI, M.C.F. (Org.). *Educação ambiental e sustentabilidade*. Barueri: Manole, 2005. p. 577-598. (Coleção Ambiental, 3).

KOBASHIGAWA, A. H.; ATHAYDE, B. A. C.; MATOS, K. F. de OLIVEIRA; CAMELO, M. H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, 2008. p. 212-217.

KRASILCHIK, Myriam. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987. (Temas básicos de educação e ensino).

KRASILCHIK, M. e MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Ed. Moderna, 2004.

LEAL, C. A. **Vamos brincar de quê? Os jogos cooperativos no ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Instituto Federal do Rio de Janeiro. Nilópolis, 2013.

LEWIN, K. **Action research and minority problems**. Journal of Social Issues, Malden, v. 2, n. 2, p. 34-36, 1946.

MERRYFIELD, M. M. **Science-Technology-Society and Global Perspectives**. In: Theory into Practice, v. 30, n. 4, p.288-293, 1991.

MEYER, D.E.E. et al. **“Você aprende. A gente ensina?”: interrogando relações entre educação e saúde desde a perspectiva da vulnerabilidade**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1335-1342, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Ciências e de Matemática: resenhas e reflexões**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Brasília, v. 93, n. 234, p. 486-501, mai/ago. 2012.

NAGLE, Jorge. **Educação e sociedade na Primeira República**. São Paulo: EPU, 1974.

NISKIER, Arnaldo. **Educação brasileira: 500 anos de história, 1500-2000**. 2. ed. Rio de Janeiro: Consultor, 1996.

NUNES, Márcia Thetis. **Ensino secundário e sociedade brasileira**. Rio de Janeiro: MEC, Instituto Superior de Estudos Brasileiros, 1962.

PATRONIS, T.; POTARI, D.; SPILIOPOULOU, V. **Students' Argumentation in Decision - Making on a Socio-scientific Issue: Implications for Teaching**. In: International Journal of Science Education, v.21, n.7, p.745-54, 1999.

RAMSEY, J. **The Science Education Reform Movement: Implications for Social Responsibility**. In: Science Education, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

ROMANELLI, Otaíza de Oliveira. **História da Educação no Brasil: 1930/1973**. Petrópolis: Vozes, 1987.

RUBBA, P. **Integration STS Into School Science and Teacher Education: Beyond Awareness**. In: Theory into Practice, v. 30, n. 4, p. 303-315, 1991.

SAMPAIO, Gládis Maria D'Elia. **A história do ensino de Física no Colégio Pedro II de 1838 até 1925**. Dissertação (Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. **Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências**. In: Ciência e Educação, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira**. In: ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2. Dezembro, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **A formação do cidadão e o ensino de CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade**. In: Educação em química: compromisso com a cidadania. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANTOS, W. L. P. dos; **Educação Científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. In: Revista Brasileira de Educação, v. 12, n. 36, set./dez. 2007.

SANTOS, W. L. P. dos; **Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS**. Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 109-131, mar. 2008.

SAVIANI, Demerval et al. **O Legado Educacional do “Longo Século XX” Brasileiro**. Campinas: Autores Associados, 2004. p. 9-57.

SEEDUC – Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. **Currículo Mínimo de Física**, 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-Ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. **Pesquisa-Ação e Educação: Compartilhando princípios na construção de conhecimentos e no fortalecimento comunitário para o enfrentamento de problemas**. In: *Educação & Sociedade*, v. 34, n. 122, p. 155-173. Campinas, jan/mar, 2013.

TOZONI-REIS, M.F.C. **A pesquisa-ação-participativa e a educação ambiental: uma parceria construída pela identificação teórica e metodológica**. In: TOZONI-REIS, M.F.C. (Org.). *A Pesquisa-ação-participativa em educação ambiental: reflexões teóricas*. São Paulo: Annablume, 2007. p. 121-161.

TOWSE, P. J. **International Newsletter on Chemical Education - IUPAC**, n. 2, p.2-3, 1986. (Tradução de: *International Newsletter on Chemical Education - IUPAC*, n. 26.)

WAKS, L. J. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales**. In: MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (Eds.). *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*. Barcelona: Anthropos / Leioa (Vizcaya): Univesidad del País Vasco, 1990. p.42-75.