



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

FACULDADE DE CIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIA

GABRIEL AUGUSTO CAÇÃO QUINATO

**EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, CTSA E ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES AO APERFEIÇOAMENTO DE SITUAÇÕES DE
APRENDIZAGEM SOBRE ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DE ENERGIA**

BAURU – SP

2013

GABRIEL AUGUSTO CAÇÃO QUINATO

**EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, CTSA E ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES AO APERFEIÇOAMENTO DE SITUAÇÕES DE
APRENDIZAGEM SOBRE ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DE ENERGIA**

Dissertação de Mestrado submetida como pré-requisito final para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós Graduação em Educação para Ciência da Faculdade de Ciências, UNESP/Campus Bauru sob a orientação do Prof. Dr. Danilo Rothberg.

BAURU – SP

2013

Quinato, Gabriel Augusto Cação.

Educação Científica, CTSA e Ensino de Física:
Contribuições ao aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem
sobre Entropia e Degradação de Energia / Gabriel Augusto
Cação Quinato, 2013.

218 f.

Orientador: Danilo Rothberg.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual

Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2013.

1. Educação Científica. 2. Ensino de Ciências. 3. CTSA. 4.
Cidadania I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de GABRIEL AUGUSTO CAÇÃO QUINATO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 08 dias do mês de fevereiro do ano de 2013, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. DANILO ROTHBERG do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Profa. Dra. MARIA CRISTINA PIUMBATO INNOCENTINI HAYASHI do(a) Departamento de Ciência Da Informação / Universidade Federal de São Carlos, Prof. Dr. WASHINGTON LUIZ P DE CARVALHO do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de GABRIEL AUGUSTO CAÇÃO QUINATO, intitulado "Educação Científica, CTSA e Ensino de Física: Contribuições ao Aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem sobre Entropia e Degradação de Energia.". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovado . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. DANILO ROTHBERG


Profa. Dra. MARIA CRISTINA PIUMBATO INNOCENTINI HAYASHI


Prof. Dr. WASHINGTON LUIZ P DE CARVALHO

GABRIEL AUGUSTO CAÇÃO QUINATO

**EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, CTSA E ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES AO APERFEIÇOAMENTO DE SITUAÇÕES
DE
APRENDIZAGEM SOBRE ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DE
ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração em Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências, UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Danilo Rothberg
UNESP – Campus Bauru

Profª. Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini
Hayashi
UFSCAR – Campus São Carlos

Prof. Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho
UNESP – Campus Ilha Solteira

Bauru, 09 de Fevereiro de 2013

RESUMO

A concepção de educação científica encontra-se na atualidade permeada por princípios eventualmente incompatíveis entre si. Desenvolvimento de habilidades cognitivas, preparação para a continuidade dos estudos em nível superior, ingresso no mercado de trabalho e formação da cidadania estão entre os objetivos da educação para a ciência, que muitas vezes competem entre si no cotidiano escolar. No contexto do campo CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), a formação para a participação democrática na formulação de políticas de ciência e tecnologia deve ser contemplada pelo Ensino de Ciências. O objetivo geral desta pesquisa realizada em nível de Mestrado é trazer contribuições ao aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem em relação à educação científica proporcionada por conteúdos de Física presentes na Proposta Curricular do Ensino Médio no Estado de São Paulo. Os objetivos específicos foram: a) caracterizar correntes teóricas que colaboram na construção da concepção de educação científica no ensino brasileiro contemporâneo; b) caracterizar concepções de educação científica subjacentes ao enfoque CTSA; c) identificar concepções de educação científica subjacentes às Situações de Aprendizagem referentes ao Tema ‘Entropia e Degradação da Energia’ presente nos Cadernos do Professor e do Aluno para o Ensino de Física, parte integrante do Conteúdo Programático da Proposta Curricular do Ensino Médio do Estado de São Paulo, 2ª série, volume 2, 2009; d) propor indicações coerentes com o enfoque CTSA para o aperfeiçoamento das Situações de Aprendizagem referentes ao Tema ‘Entropia e degradação da energia’ dos Cadernos do Professor e do Aluno para o Ensino de Física, 2ª série, volume 2, 2009; e) avaliar, através da realização de grupos focais, a adequação das indicações produzidas no âmbito da pesquisa por professores do Ensino Médio no Estado de São Paulo. Os resultados indicam que as mudanças propostas aos Cadernos do Professor e do Aluno foram, em geral, bem aceitas pelos professores participantes dos grupos focais, com ressalvas, no entanto, à viabilidade de sua aplicação no quadro das atuais limitações da escola e da formação docente.

Palavras-chave: Educação Científica; Ensino de Ciências; CTSA; cidadania.

ABSTRACT

The concept of scientific literacy has been pervaded by principles which may be mutually incompatible. Development of cognitive skills, preparation for the continuation of studies in higher education, entering the labor market and citizenship are among the goals of science education, which often compete with each other in everyday school life. Within the field CTSA (Science, Technology, Society and Environment), the training for democratic participation in policy formulation science and technology should be contemplated by Science Education. The overall goal of this Masters's research is to bring contributions to improve the teaching-learning process in relation to scientific literacy content provided by Physics Curriculum in the high schools in the state of São Paulo. Specific objectives was: a) characterize theories that collaborate in the construction of the concept of scientific literacy in education in Brazil; b) characterize concepts of scientific literacy underlying the CTSA field; c) identify concepts of scientific literacy underlying Learning Situations regarding the theme 'Entropy and Degradation Energy' present in the Collection of Professor and Student for Teaching Physics, part of Program Content of Proposed Curriculum of Secondary Education of the State of São Paulo, series 2, volume 2, 2009; d) propose directions consistent with the field CTSA to improve Learning Situations for the theme 'Entropy and dissipation of energy' of Collection of Professor and Student for Teaching Physics, series 2, volume 2, 2009; e) assess the adequacy of indications generated under research by secondary school teachers in the state of São Paulo. The results indicate that the proposed changes to the Teacher's and Student's Books were generally well accepted by teachers participating in the focus groups, with reservations, however, the viability of its application in the context of current constraints of school and teacher formation .

Keywords: Scientific Educacion; Science Education; STSE; citizenship

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relevância para o Ensino de Ciências.....	15 - 16
Quadro 2 - Comparação entre uma orientação CTSA para Reprodução Social e uma orientação CTSA para Reconstrução Social.....	30
Quadro 3 - Propostas educativas para o Ensino de Ciências promovido pelo movimento CTS.....	31 - 32
Quadro 4 - Características atribuídas às QSC e sua relação com o CTSA.....	40
Quadro 5 - Características dos professores participantes dos Grupos Focais.....	106
Quadro 6 - Características escolas onde se realizaram os Grupos Focais.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reprodução da apresentação dos itens da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	54
Figura 2 - Reprodução da atividade “Lição de Casa” da Situação de Aprendizagem 6 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	55
Figura 3 - Reprodução da introdução e primeira atividade da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	56
Figura 4 - Reprodução da segunda atividade presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	58
Figura 5 - Reprodução de questão proposta na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	59
Figura 6 - Reprodução da terceira atividade presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	60 - 61
Figura 7 - Reprodução dos itens da Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	65
Figura 8 - Reprodução das orientações para o início da Situação de Aprendizagem 8 presentes no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	66
Figura 9 - Reprodução da atividade “Lição de Casa” presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	67
Figura 10 - Reprodução da introdução da Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	68
Figura 11 - Reprodução da proposta de pesquisa individual presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	69
Figura 12 - Reprodução do encaminhamento da ação prevista na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	70
Figura 13 - Reprodução da segunda atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	71
Figura 14 - Reprodução da tabela a ser preenchida pelos alunos na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	72
Figura 15 - Reprodução da terceira atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	73

Figura 16 - Reprodução da questão a ser respondida pelos alunos presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	74
Figura 17 - Reprodução da quarta atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	75
Figura 18 - Reprodução da lista de <i>sites</i> para aprofundamento de estudos presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	75
Figura 19 - Reprodução das orientações para avaliação do Tema 3 presente no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	76
Figura 20 - Reprodução da primeira questão proposta como exemplo para avaliação presente no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009.....	77
Figura 21 - Reprodução da página 59 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009 contendo a resposta esperada da primeira questão, a segunda e terceira questões com suas respectivas respostas esperadas e parte da quarta questão propostas como exemplo para avaliação.....	78
Figura 22 - Reprodução da página 60 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009 contendo parte da quarta questão e também quinta questão com suas respectivas respostas esperadas propostas como exemplo para avaliação.....	79
Figura 23 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte para o Brasil para o ano de 2010, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 16).....	90
Figura 24 - Consumo Final percentual por Fonte para o Brasil, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 24).....	91
Figura 25 - Consumo Final em TEP por Fonte para o Brasil, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 22).....	92
Figura 26 - Distribuição da Matriz Energética Mundial nos anos de 1973 e 2008, disponível no Balanço Energético Nacional (2011, p. 163).....	94
Figura 27 - Projeção de Demanda de Etanol para o Brasil entre os anos de 2011 e 2020, disponível no PDE 2020 - Sumário, p. 53.....	95
Figura 28 - Reprodução da Tabela 8 do PDE 2020 – Sumário (BRASIL, 2011b, p. 31).....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Academia Brasileira de Ciência
BEN	Balço Energético Nacional
BSSC	Biological Science Study Committee
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBA	Chemical Bond Approach
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CT	Ciência e Tecnologia
CTS	Ciência, Tecnologia, Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LHC	Large Hadrons Colider
M	Identificação do Moderador (pesquisador) nas transcrições dos Grupos Focais
MME	Ministério de Minas e Energia
NdC	Natureza da Ciência
P1 a P17	Identificação nas transcrições dos professores participantes dos Grupos Focais
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PDE 2020	Plano Decenal de Expansão de Energia 2020
PISA	Programme for International Student Assessment
PSSC	Physical Science Study Committee
QSC	Questões Sociocientíficas
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

STS	Science, Technology, Society
STSE	Science, Technology, Society, Environment
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo

AGRADECIMENTOS

A minha mãe e a minha irmã, por estarem sempre presentes, nos melhores momentos, mas também nos mais complicados, pela compreensão e pelo companheirismo nesses dois anos de dedicação e comprometimento com a pesquisa.

A Diany, pelo carinho, pelo convívio, pelo amparo, e por tudo o mais que compartilhamos, por abrir mão de quase tantas coisas quanto eu para que essa pesquisa pudesse realizada.

Ao meu pai pela compreensão do quase completo ‘sumiço’ nesses últimos dois anos em razão da realização da presente pesquisa.

Para o restante da minha família que pacientemente compreendeu minha ausência do convívio diário, e sempre esteve presente nos momentos de necessidade.

Ao meu orientador, prof. Dr. Danilo Rothberg, pela colaboração, paciência, ensinamentos e por todas as oportunidades de troca de experiências propiciadas em nossas discussões.

Aos professores membros da banca examinadora: Prof. Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho e Profa. Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi.

A todos os colegas do programa de pós-graduação, tanto alunos, como professores e funcionários, por me acolherem em um excelente espaço colaborativo que permitiu a execução desse trabalho, mas principalmente aos estimados Paulo Gabriel, Marcela, Rosana, João Ricardo, Rodrigo e Luís pelas horas de companheirismo, pela partilha das preocupações e também pelas excelentes amizades construídas ao longo desse período.

A Secretaria Regional de Ensino da cidade de Bauru, na pessoa do professor Rafael, por nos ceder o espaço para os primeiros encontros e principalmente por nos possibilitar também o primeiro contato com os professores participantes da pesquisa.

A todos os professores participantes dos Grupos Focais pelas inestimáveis contribuições para a finalização desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

ALBERT EINSTEIN

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. ASPECTOS TEÓRICOS RELEVANTES	6
2.1. Educação para Ciência	6
2.2. Educação Científica	11
2.3. Natureza da Ciência (NdC)	19
2.4. Educação CTSA	22
2.5. Questões Sociocientíficas (QSC).....	37
2.6. Políticas de ciência e tecnologia, PDE 2020 e CTSA.....	44
3. METODOLOGIA	48
3.1. Grupo Focal.....	49
3.2. Análise de Conteúdo.....	51
4. AS CONCEPÇÕES DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO MATERIAL DIDÁTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	53
4.1. Situação de Aprendizagem 7 – “Uma pergunta intrigante: por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?”	54
4.2. Situação de Aprendizagem 8 – “O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na terra” 64	
5. PROPOSTAS PARA O APERFEIÇOAMENTO DE SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM PRESENTES NO MATERIAL DIDÁTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	82
5.1. Situação de Aprendizagem 7.....	82
5.2. Situação de Aprendizagem 8.....	88
6. RESULTADO DOS GRUPOS FOCALIS E DISCUSSÃO	105
6.1. Avaliação de características presentes no material didático já utilizado.....	107
6.2. A realidade escolar extraclasse e sua influência sobre a prática docente.....	110
6.3. A formação do professor e os limites da função docente	115
6.4. A perspectiva da formação crítica e as propostas de material didático.....	119
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
8. REFERÊNCIAS.....	129
ANEXO 1: REPRODUÇÃO DO TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO ALUNO DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO VOLUME 2.....	135
ANEXO 2: REPRODUÇÃO DO TEMA 3, PRESENTE NO CADERNO DO PROFESSOR DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO VOLUME 2.....	150
ANEXO 3: PARECER DE ACEITE DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO PELO CÔMITE DE ÉTICA EM PESQUISA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS.....	165

APÊNDICE 1: TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO ALUNO DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, VOLUME 2, COM A ADOÇÃO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS.....	166
APÊNDICE 2: TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO PROFESSOR DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, VOLUME 2, COM A ADOÇÃO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS.....	188
APÊNDICE 3: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AOS PROFESSORES ANTES DA REALIZAÇÃO DOS GRUPOS FOCAIS.....	202

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário socioeconômico global, a presença da ciência e da tecnologia é marcante: a maioria dos instrumentos que usamos, assim como as atitudes e os comportamentos que adotamos são permeados por ciência e tecnologia. Temas como transgênicos, conservação ambiental, reprodução assistida, clonagem, energia nuclear, efeito estufa e nanotecnologia são cada vez mais discutidos pela sociedade. Até mesmo os novos conflitos e tensões existentes no mundo são em certa medida provenientes das relações existentes entre a ciência e a tecnologia, e de como essas duas se relacionam com a sociedade em que estão inseridas. As mudanças científico-tecnológicas são fatores que contribuem para modelar nossas formas de vida, constituindo um assunto público de primeira magnitude. É por esses motivos que se relacionar de forma crítica com ciência e tecnologia torna-se cada vez mais importante para consolidar nosso papel enquanto cidadãos perante a sociedade em que vivemos. Torna-se importante vincular a formação cidadã a uma formação científica crítica.

Nessa perspectiva, as interações entre os processos de avanço do conhecimento e a sociedade devem repercutir sobre a formação para a cidadania de seus indivíduos. Dar condições para que o cidadão possa interagir ativamente com a sociedade na esfera da formulação de políticas públicas e com relação às decisões sobre o desenvolvimento e as aplicações de ciência e tecnologia tem se mostrado um objetivo importante a ser alcançado no mundo contemporâneo, destacando-se inclusive a responsabilidade da Educação para a Ciência nesse cenário.

Por esse motivo, as democracias contemporâneas passaram a criar, gradativamente, espaços, oportunidades e procedimentos para que as pessoas sem conhecimento especializado acerca de assuntos que envolvam ciência e tecnologia possam compreender e expressar suas opiniões sobre as decisões de gestão pública que geram impacto sobre o uso cotidiano dessa ciência e tecnologia. Esse tipo de iniciativa ainda se mostra bastante incipiente e pouco aproveitada no Brasil, comparada a países em que esses procedimentos já possuem uma maior tradição, como é o caso da Inglaterra. Mas já existem iniciativas que começam a direcionar para um melhor aproveitamento desse tipo de ferramenta democrática em nosso país.

No entanto, a concepção de educação científica encontra-se na atualidade permeada por princípios eventualmente incompatíveis entre si. Desenvolvimento de habilidades cognitivas, preparação para a continuidade dos estudos em nível superior, formação de mão de obra minimamente qualificada para ingresso no mercado de trabalho e formação da cidadania, características essas que se mostram cada vez mais como necessárias na busca por um maior desenvolvimento socioeconômico de qualquer nação, estão entre os objetivos da Educação para a Ciência, que muitas vezes competem entre si no cotidiano escolar. No âmbito de um enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), a formação para a participação democrática na formulação de políticas de ciência e tecnologia deve ser contemplada pelo Ensino de Ciências. Neste contexto, um dos objetivos da educação científica torna-se preparar os cidadãos para a participação democrática nos processos de formulação, validação e aplicação de decisões na esfera política que envolvam em algum grau ciência e tecnologia.

Nas democracias contemporâneas, inclusive no caso brasileiro, a participação democrática na formulação de políticas de ciência e tecnologia tem sido concretizada, com frequência, através de consultas públicas realizadas pela internet. Essas consultas se apresentam como uma oportunidade para a participação pública na formulação de políticas. Um setor governamental submete uma versão preliminar do documento para consulta *online* possibilitando que setores específicos, ou mesmo indivíduos, se familiarizem com suas propostas com o intuito de que possam contribuir com sugestões ou críticas, e até mesmo tomarem contato com outras opiniões acerca do assunto abordado, participando assim de um processo de construção conjunta da versão final desse documento.

Embora as consultas públicas sejam realizadas com frequência crescente pelo governo brasileiro e envolvam diversos temas de ciência e tecnologia, constituindo um importante meio para a ampliação da participação cidadã, permanece em aberto a caracterização da formação e da informação necessárias à participação nesses instrumentos de democratização da gestão pública. De que maneira o ensino formal poderia contribuir para a preparação de indivíduos aptos a compreender as questões em jogo e expressar suas perspectivas em consultas públicas? Como o ensino de Ciências Naturais poderia comportar o desenvolvimento de situações de aprendizagem que envolvam o tratamento de questões relativas à compreensão das escolhas subjacentes às políticas nacionais de ciência e tecnologia? De que maneira a formação para a cidadania, considerada como exercício de direitos civis, políticos e sociais nas sociedades democráticas contemporâneas, poderia ser contemplada pelo Ensino de Ciências Naturais?

Com estas questões de pesquisa em mente, reunimos conhecimentos relevantes ao tema e sugerimos alterações no material didático produzido pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para a rede pública do Ensino Médio, mais especificamente para o Tema 3, “Entropia e Degradação de Energia”, presente nos Cadernos do Professor e do Aluno para o Ensino de Física, parte integrante da Proposta Curricular do Ensino Médio do Estado de São Paulo, 2ª série, volume 2, 2009. Com essas alterações propostas, visamos aproximar os conteúdos abordados com o que julgamos condizente com um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA, visando à formação cidadã crítica dos alunos.

Apresentamos a proposta do material reformulado a professores da área que poderiam utilizá-lo em sua prática docente na rede pública de educação do Estado de São Paulo, em perspectiva comparativa com o material original, visando coletar, através da metodologia de grupo focal, opiniões desses professores acerca das alterações feitas, com sugestões e críticas, contribuindo assim para esse processo de busca por um aperfeiçoamento do material.

A metodologia empregada na realização desse trabalho consistiu primeiramente em uma pesquisa teórica e bibliográfica acerca das concepções de educação científica presentes atualmente no ensino brasileiro e também das concepções referentes ao tema no âmbito do campo CTSA. O produto desta primeira tarefa está no capítulo 2 deste volume. Esclarecimentos sobre a metodologia estão no capítulo 3.

Como segunda etapa, realizamos uma análise do conteúdo das Situações de Aprendizagem referentes ao Tema ‘Entropia e Degradação da Energia’, identificando, nesses materiais, relações entre o tema e as concepções de educação científica elencadas na literatura especializada. O resultado desta etapa está no capítulo 4.

No capítulo 5, apresentamos nossas propostas de aperfeiçoamento das Situações de Aprendizagem sobre o Tema “Entropia e Degradação da Energia”, buscando sua adequação a uma educação científica condizente com o campo CTSA e que vise uma formação cidadã crítica dos alunos. As alterações fazem referência ao PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, posto em consulta pública pelo Ministério de Minas e Energia em junho de 2011 e aprovado pela Portaria n. 689, de 28 de dezembro de 2011. O documento, que aborda questões de demanda e produção de energia para o Brasil no período compreendido entre os anos de 2011 e 2020, foi parte de um processo de formulação compartilhada de políticas de ciência e tecnologia ligadas ao tema em questão e oferece uma oportunidade de inserir no material didático contribuições à formação cidadã que considere a preparação para participar na produção de políticas públicas.

No capítulo 6, apresentamos recortes das transcrições das avaliações obtidas através dos grupos focais com os professores, visando traçar um panorama sobre as discussões desses grupos. Para sua realização, professores da rede estadual de educação pública que estão envolvidos diretamente com a utilização desses materiais em sala de aula, divididos em grupos de 5 a 7 professores, foram convidados a opinar sobre a viabilidade de aplicação efetiva do material proposto em sala de aula. A técnica de grupo focal nos permitiu, a partir da discussão ativa com sujeitos que possuem vivências e experiências com o Ensino de Física no nível médio, obter subsídios para avaliar a adequação das indicações que produzimos. O grupo focal permite emergir uma multiplicidade de pontos de vista a partir de um grupo de pessoas que possuem alguns traços comuns de vivência e aproximação com o tema discutido, não sendo direcionado pelo pesquisador, buscando assim um retrato mais real de determinada situação. Ainda no capítulo 6, discutimos os dados resultantes dos grupos focais e apresentamos considerações acerca das propostas de modificações que elaboramos a fim de atingir os objetivos propostos.

O capítulo 7 traz considerações conclusivas. Com a realização dos grupos focais e sua respectiva análise consideramos ter tido a oportunidade de tecer considerações consistentes entre a viabilidade de utilização do material proposto e a prática de professores do Ensino de Ciências em nível médio. As perspectivas postas pelos professores participantes nos possibilitaram a discussão acerca do potencial de contribuição do material proposto para o Ensino de Ciências em linha com as perspectivas CTSA.

Percebemos que as mudanças propostas aos Cadernos do Aluno e do Professor foram, em geral, bem aceitas pelos professores participantes dos grupos focais, com ressalvas, no entanto, à viabilidade de sua aplicação no quadro das atuais limitações da escola e da formação docente.

Nos Anexos 1 e 2, reproduzimos o Tema “Entropia e Degradação da Energia” conforme apresentado pelo material didático produzido e distribuído pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para a rede pública do Ensino Médio, presente nos Cadernos do Aluno (Anexo 1) e do Professor (Anexo 2) para o Ensino de Física, parte integrante da Proposta Curricular do Ensino Médio do Estado de São Paulo, 2ª série, volume 2, 2009.

No Anexo 3 apresentamos o parecer de aprovação para realização dos grupos focais pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus Bauru sob o processo nº 12039/46/01/12.

Já nos Apêndices 1 e 2, apresentamos novamente o conteúdo presente no material didático já citado, agora incorporando a esse material as sugestões propostas no capítulo 5. O Apêndice 1 apresenta o material referente ao Caderno do Aluno com suas respectivas modificações, e o Apêndice 2 apresenta o Caderno do Professor com suas respectivas modificações.

O Apêndice 3 apresenta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado aos professores antes da realização dos grupos focais.

2. ASPECTOS TEÓRICOS RELEVANTES

2.1. Educação para Ciência

A existência da preocupação sobre como os cidadãos viam a ciência é bastante antiga, remontando ao século XVI. Mas apesar disso, somente mais tarde é que ela passou a ser objeto de preocupação também da escola, já que “a partir do século XIX, tanto na Europa como nos Estados Unidos, a ciência incorporou-se ao currículo escolar” (SANTOS, 2007, p. 474). Mas foi somente nos séculos seguintes que maior atenção começou a ser dispensada nesse sentido.

No início do século XX, a alfabetização ou letramento científico começou a ser debatido mais profundamente. [...] Esses estudos passaram a ser mais significativos nos anos de 1950, em pleno período do movimento cientificista, em que se atribuía uma supervalorização ao domínio do conhecimento científico em relação às demais áreas do conhecimento humano. A temática tornou-se um grande *slogan*, surgindo um movimento mundial em defesa da educação científica (SANTOS, 2007, p. 474).

Para o Brasil esse tipo de preocupação chegou um pouco mais tarde. No século XIX, “o currículo escolar (brasileiro) era marcado predominantemente pela tradição literária e clássica herdada dos jesuítas” na época do Brasil colônia (SANTOS, 2007, p. 475). A preocupação com o ensino de Ciências só começou a ser incorporada ao currículo escolar brasileiro a partir da década de 1930 e se deu sob a influência do movimento renovador da Escola Nova e do Manifesto dos Pioneiros.

O movimento da Escola Nova teve como objetivo reformular e redefinir o ensino, os espaços e as relações escolares, acompanhando estratégias de reorganização social fundamentados em uma racionalidade científica que se espalhou por toda a sociedade brasileira, constituindo novos processos de trabalho e da educação (LEMME, 2005).

Dentro desse movimento se deu a elaboração do Manifesto dos Pioneiros, documento composto e assinado por mais de 100 intelectuais ligados à Educação e às Ciências Sociais e que tinha como objetivo se constituir em um plano de reestruturação nos níveis da política e da legislação educacional, no nível dos sistemas de ensino (propondo a constituição de um Sistema Nacional de Ensino) e no nível das escolas, propondo a reestruturação dos currículos.

Dentre vários pontos tocados pelos Pioneiros da Educação Nova, podem ser ressaltados alguns pontos inovadores e de grande contribuição. Os pioneiros eram a favor de uma educação pública, gratuita, mista, laica e obrigatória. Isto quer dizer que o Estado deveria

se responsabilizar pelo dever de educar o povo, responsabilidade esta que era, a princípio, atribuída à família. O Estado, para este fim, deveria proporcionar uma escola de qualidade e gratuita. A principal crítica a respeito da educação brasileira daquele momento é de que se compunha de um ensino fragmentado, sem articulação entre os diversos ensinamentos deles com o mundo (LEMME, 2005). Dentre essas várias preocupações emerge também a preocupação com o ensino de Ciências, e sua importância para a formação dos cidadãos.

Nardi (2005), Krasilchik (2009, 1980) e Werthein e Cunha (2009) abordaram a fase de transformação do currículo escolar brasileiro que se deu como uma tentativa de atualização curricular em uma nova fase mundial deflagrada pela competição entre o Ocidente capitalista e a União Soviética pela hegemonia política, econômica e científica, e que, por esse motivo acabaram criando projetos ambiciosos de formação de novos cientistas.

A partir da década de 1950, começa a se pensar e a se investir em uma universalização do ensino fundamental no Brasil, mas ainda sem as condições para uma educação eficiente. Também nessa mesma década, através da criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), os cientistas brasileiros começam a ganhar voz mais ativa e representativa na discussão. Além de tentar chamar atenção do poder público para o problema da educação, começam também a se organizar através de suas universidades e entidades representativas no intuito de promover experiências pioneiras com o desenvolvimento de projetos e ações programadas de ensino de Ciências em apoio aos sistemas educacionais estaduais e municipais de educação (NARDI, 2005; WERTHEIN; CUNHA, 2009).

Com essas iniciativas, começam a surgir programas e materiais que visavam, de alguma forma, a melhoria do Ensino de Ciências no Brasil.

Nessa linha, sobrepõem o papel da Sociedade Brasileira para o progresso da Ciência (SBPC) e o da Academia Brasileira de Ciências (ABC), em cujas agendas sempre estiveram presentes a educação científica e a popularização das ciências. Sobrepõem, ainda, as iniciativas e ações da Academia Paulista de Ciências e de várias entidades especializadas, como as Sociedades Brasileiras de Matemática, Física e Química (WERTHEIN; CUNHA, 2009, p. 19).

Já na década de 1950 o Brasil começava a destinar esforços a atividades que visavam melhorar a compreensão de Ciências pela população. Como exemplo podemos citar a produção da coleção *Os Cientistas*, que era composta por 50 kits e era vendida em bancas de jornal para a realização de experimentos, acompanhada de bibliografia sobre um investigador em cujas descobertas baseavam-se as experiências. Esses kits “[...] são citados até hoje como

inspiradores de atitudes, formas de analisar evidências e estimular o interesse e entusiasmo pela carreira científica” (KRASILCHIK, 2009, p. 208), mas é a partir da década de 1960 que iniciativas desse tipo, e mais especificamente que visavam reestruturações curriculares, começam a ganhar mais força.

Projetos internacionais como o Physical Science Study Committee (PSSC), na área da Física, Biological Science Curriculum Study (BSSC) e Biological Science Study Committee (BSCS), na área da Biologia, e o Chemical Bond Approach (CBA), na área da Química, que visavam reestruturações curriculares para suas respectivas áreas são desenvolvidos ao redor do mundo:

[...] tal empreendimento, que teve amplo suporte de recursos e atraiu para sua execução cientistas e educadores de primeira linha, pautou os trabalhos, nas décadas seguintes, com base nos materiais produzidos e com a formação de líderes de movimentos de repercussão internacional” (KRASILCHIK, 2009, p. 207).

Mas, numa tentativa de transferência acrítica para a realidade brasileira, essas iniciativas acabam não alcançando totalmente os objetivos esperados. A falta de congruência entre as propostas internacionais e a realidade escolar brasileira foi benéfica para o país, já que esse entrave mobilizou os educadores brasileiros a se organizarem e produzirem seus próprios materiais na busca por uma melhora no Ensino de Ciências. E foi também a partir dessa organização que “[...] teve início efetivo a pesquisa na área de educação em Ciências no Brasil” (SANTOS, 2007, p. 475).

Na contramão dessas iniciativas, esteve presente no Brasil uma constante política de governo para a educação, e nunca uma política de estado, que por esse motivo sofria mudanças com as transições de governo existentes no país, seja a nível municipal, estadual ou federal. Como alertaram Werthein e Cunha, “[...] não correspondeu o poder público, em que pesem iniciativas meritórias que não se sustentaram devido a sucessivas trocas de governo, [...] perceber o alcance da educação científica e tecnológica para o desenvolvimento do país” (WERTHEIN; CUNHA, 2009, p. 20). As boas iniciativas políticas no país com relação à educação tenderam a ser insuficientes “[...] dada à dimensão do problema e a complexidade dos fatores envolvidos na questão”; e por esse motivo “os resultados positivos alcançados ainda estão longe de mudar o panorama geral da educação” (ROITMAN, 2009, p. 134).

Além disso, as questões avaliativas também possuem forte influência nas definições desse ensino, já que “os alunos são preparados para satisfazerem o que lhes é solicitado nos testes” (D’AMBROSIO, 2009, p. 244). Por esse motivo, avaliações de larga escala como o

ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e o PISA (Programme for International Student Assessment), além das próprias avaliações seletivas de grandes universidades acabam influenciando o Ensino de Ciências.

São várias as dificuldades que o Ensino de Ciências tem de enfrentar na busca por sua melhora, por isso ele tem recebido atenção crescente não só de educadores, mas também de diversos outros profissionais, tais como cientistas, políticos e empresários. Torna-se assim necessário indagar qual é o objetivo que cada um desses grupos atribui ao Ensino de Ciências. De acordo com Santos (2007):

[...] torna-se importante discutir os diferentes significados e funções que se têm atribuído à educação científica com o intuito de levantar referenciais para estudos na área de currículo, filosofia e política educacional que visem analisar o papel da educação científica na formação do cidadão (SANTOS, 2007, p. 475).

Em uma breve discussão sobre quais seriam os objetivos esperados para a educação científica atualmente, Santos (2011) os apresenta como englobados por uma gama polissêmica que possui como seus extremos a formação de cientistas de um lado e a formação cidadã do outro. “Os propósitos que têm sido atribuídos variam desde a popularização científica até a defesa da formação especializada de cientistas”; em geral, “o objetivo central da educação científica tem oscilado entre a formação de cientistas e a formação para a cidadania” (SANTOS, 2011, p. 22).

É interessante ressaltar também que esse ensino assumiu diversas perspectivas ao longo do tempo, uma vez que “[...] a educação deve responder aos projetos e problemas de cada época” (MENEZES, 2009, p. 181). Podemos citar então algumas dessas perspectivas da seguinte maneira:

Enquanto na década de 1950 priorizou-se a formação de elites científicas como uma alternativa para contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico, nas décadas de 1970 a 1980 valorizou-se a ciência como um elemento de formação do cidadão-trabalhador, resultante de um breve período de governo democrático seguido pelo regime autoritário no qual os objetivos das reformas educacionais resumiram-se a formar pessoal capacitado para a produção na fase do ‘milagre econômico’ (KRASILCHIK, 2009, p. 208).

Ainda nessa perspectiva, “[...] com a instalação de um governo democraticamente eleito, as disciplinas científicas assumiram o papel de atuar na criação e desenvolvimento da responsabilidade cívica para o pleno exercício da cidadania” (KRASILCHIK, 2009, p. 208). Hoje, os currículos escolares deveriam ser arquitetados para o ‘estudante-cidadão-

trabalhador’, que precisa aprender a se atualizar constantemente a fim de analisar e usar a massa de informações que está à sua disposição a seu favor, buscando com isso uma participação mais ativa na sociedade em que está inserido, mas na contramão dessa necessidade o ensino oferecido é calcado na memorização e na teoria, não incluindo uma contextualização com o cotidiano dos alunos, transformando-se em uma educação sem significado, “[...] as disciplinas de Ciências não se integram, de forma articulada, ao conjunto curricular escolar” (KRASILCHIK, 2009, p. 209).

“O conceito de que as teorias estão sendo sempre desafiadas deve perpassar o ensino de Ciências e estimular o jovem a repensar o conhecimento existente” (ZANCAN, 2009, p. 122). “O caráter estável do conhecimento desapareceu. Os conceitos científicos mudam continuamente e tornou-se muito difícil avaliar qual será a estrutura da sociedade que um jovem estudante dos dias de hoje irá vivenciar ao chegar à idade adulta” (MEIS, 2009, p. 176). Nessa perspectiva, o aluno deve ser capaz de, ao final de sua educação básica, se adaptar, buscar e interpretar informações e conhecimentos que lhe sejam úteis para sua vida cotidiana enquanto cidadão.

Com essa ideia em mente mostra-se impossível pensar em um ensino de Ciências do modo como ele se apresenta atualmente, estagnado em uma ciência ‘antiga’ e pouco significativa aos alunos. “A formação científica que requer atualmente o desempenho cidadão não é a formação tradicional” (TEDESCO, 2009, p. 165).

Como foi apresentado por Pessoa de Carvalho (2009),

Não basta e na verdade temos dados empíricos mostrando que não adianta, o ensino se reduzir a uma coleção de fatos, conceitos, leis e teorias como tradicionalmente são apresentados aos alunos, pois dessa maneira, no melhor dos casos, o que realmente permanece com eles, no final da escola média, é uma visão reducionista e neutra do que seja produção de conhecimento pela humanidade (PESSOA DE CARVALHO, 2009, p. 72).

E mais importante, ao invés de simplesmente buscarmos transmitir conhecimentos aos alunos, precisamos “[...] levar os alunos a produzirem conhecimento significativo não só sobre o conteúdo das disciplinas científicas como também, e principalmente, sobre o processo da construção da própria ciência” (PESSOA DE CARVALHO, 2009, p. 72 – 73).

Sendo assim, mostra-se extremamente importante a preocupação em como proceder com o ensino de Ciências a fim de formar o cidadão crítico, que tenha consciência sobre como a ciência e a tecnologia afetam sua vida e estão presentes no seu cotidiano. Preocupação essa já expressa por Amabis (2009) quando afirmou que “[...] é imperativo que todas as pessoas

educadas tenham certa compreensão da natureza e dos processos da ciência, e conheçam os principais avanços nas diferentes áreas científicas de modo a poder aplicá-los com sabedoria” (p. 155 – 156).

O ensino de Ciências deve ser considerado como forma de desenvolvimento social e modernização do país, como verdadeiro investimento para o futuro, auxiliando no combate à pobreza e às desigualdades. Segundo Werthein e Cunha (2009, p. 16),

[...] o Brasil, além de outros países da América Latina, está se distanciando da possibilidade de inserção plena no quadro das mudanças sociais e econômicas que se operam em escala mundial por não ter percebido, entre outras coisas, o alcance da educação no processo de modernização e combate à pobreza (WERTHEIN; CUNHA, 2009, p. 16).

Todas as pessoas deveriam ter certa compreensão dos processos e da natureza do conhecimento científico: “[...] a nação que não der atenção à educação científica de sua população estará comprometendo seu desenvolvimento e o futuro da sociedade” (AMABIS, 2009, p. 156). Ou ainda como afirma Pavan (2009, p. 103), “sem investimentos na área o retrocesso social é inevitável”.

Como foi apresentado por Druck (2009), essa suposta alienação de parte da população quanto ao conhecimento científico chega até mesmo a causar sua exclusão.

Informações sobre saúde, alimentação, cálculos de impostos, gráficos de distribuição de renda, a incrível velocidade com que se divulgam informações pela internet, e muitos outros benefícios espetaculares do conhecimento científico, estão indisponíveis para grandes massas da população brasileira que incapazes de entendê-los e usá-los adequadamente, permanecem à margem do progresso científico (DRUCK, 2009, p. 234).

Atualmente, quando pensamos em como avançar com o ensino de Ciências, discutimos mais comumente acerca de uma educação científica que estaria incluída dentro dessa perspectiva maior que é o próprio ensino. O assunto será discutido na próxima seção.

2.2. Educação Científica

Quando pensamos no atual cenário socioeconômico em que o Brasil se encontra, torna-se prioritária a busca pelo aperfeiçoamento de um Ensino de Ciências de qualidade que vise à formação de um cidadão crítico perante a sociedade em que está inserido. Não basta que o aluno tenha consciência dos processos da ciência, de seus mecanismos intrínsecos; para

conviver em sociedade, atualmente o cidadão precisa ser capaz de relacionar essa ciência com o seu entorno, deve conseguir transpor os muros da escola e trazer esses processos e mecanismos intrínsecos da ciência para sua realidade, e precisa compreender como esses processos lhe influenciam e são influenciados por ele. A ciência ainda é vista como uma das principais formas de salvação para a sociedade, mas cada vez mais “[...] surgem novas concepções ligada às dimensões sociais, políticas, econômicas e culturais que modificam seu entendimento” (ZAUITH; OGATA; HAYASHI, 2011, p. 21), e nesse sentido, o Ensino de Ciências também precisa acompanhar essas mudanças. Como defende Goldemberg (2009), “por mais que atualmente as demais áreas presentes na educação básica não devam ser esquecidas nem subjugadas, mostra-se cada vez mais clara a importância que uma educação científica de qualidade vem ganhando em nossa realidade” (GOLDEMBERG, 2009, p. 152).

Mesmo com essa realidade em mente, hoje em dia existe um abismo cada vez maior entre as formas com as quais os países ditos ricos e desenvolvidos e os países ditos em desenvolvimento produzem ciência e tecnologia, tanto nas questões referentes a investimentos, como no tempo gasto entre produção e implementação dessas inovações.

O próprio modelo de produção socioeconômico brasileiro, baseado na exportação de matéria prima ou de produtos industrializados que necessitam em sua grande maioria de baixa qualificação em sua produção, não direciona necessariamente para um futuro de melhores condições de vida para a população e conseqüentemente para um maior desenvolvimento do país como um todo (PAVAN, 2009). Por mais que esse modelo permita certo desenvolvimento socioeconômico para o país, melhorando com isso também as condições de vida de sua população, com maior geração de empregos, infraestrutura de base, como saneamento, saúde e educação; sem uma maior atenção destinada a um desenvolvimento científico-tecnológico, esse desenvolvimento se torna incompleto, sem uma perspectiva de manutenção dessa suposta condição de desenvolvimento, o que não coloca o nosso país em pé de igualdade com as grandes nações do mundo, que já destinam a devida atenção a esse desenvolvimento científico-tecnológico, e com isso possuem um panorama mais favorável para o futuro, propiciando a manutenção dessas condições de bem-estar socioeconômico. Mesmo entendendo que um maior desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado como o único fator que contribui ou não para o desenvolvimento socioeconômico de um país, não podemos deixar de considera-lo como um dos fatores importantes na realização desse processo.

Perdurando o que tem se mostrado nos últimos anos, dentro de pouco tempo sofreremos com uma grave crise de escassez de mão-de-obra qualificada que possa auxiliar no desenvolvimento do país, dificultando ainda mais a busca por uma mudança da realidade atual, e assim acabaremos sendo obrigados “[...] a importar profissionais de países mais desenvolvidos que já perceberam a gravidade desse tipo de problema e buscaram soluções para educar científica e tecnologicamente sua população de maneira mais eficiente e consistente” (CARVALHO FILHO, 2009, p. 98).

Em contrapartida a esses problemas gerados pelo baixo desenvolvimento em ciência e tecnologia apresentado pelo nosso país, existe uma linha de pensamento que defende que as melhorias provenientes do aumento de recursos para desenvolvimento de ciência e tecnologia acabariam por melhorar os setores industrial e educacional, nos conduzindo ao caminho de uma sociedade mais justa (PAVAN, 2009; TEDESCO, 2009).

Nessa perspectiva, ressaltamos que se pensamos e buscamos um maior desenvolvimento científico-tecnológico para o país, precisamos também pensar intensamente em como preparar nossos cidadãos para viver, conviver e participar ativamente nesse processo de desenvolvimento. Para isso, devemos buscar meios e estratégias que visem uma educação científica mais crítica para essa sociedade como um todo, considerando que a principal via para essa busca se dá por meio de um Ensino de Ciências de qualidade. Como diria Pavan (2009, p. 108) “[...] não poderemos ser uma potência em termos científicos e tecnológicos se não houver uma reestruturação no sistema educacional de nossa pátria [...]”, ou ainda segundo Werthein e Cunha (2009, p. 16) “[...] nenhum país avança sem educação de qualidade”.

Nesse sentido também deve ser levado em conta que, se o que buscamos é uma formação mais crítica para a sociedade como um todo, os processos referentes a essa formação devem chegar ao maior número possível de pessoas.

Sendo assim, a educação científica que buscamos deve ser de cunho democrático, deve chegar ao maior número possível de cidadãos e camadas sociais, possibilitando uma maior participação popular na educação, que deve ser vista e considerada como um benefício no sentido de incluir interesses e perspectivas mais amplas para as discussões tecnocientíficas de interesse da população, já que,

[...] continuar aceitando que grande parte da população não receba formação científica e tecnológica de qualidade agravará as desigualdades do país e significará seu atraso no mundo globalizado. Investir para constituir uma população cientificamente preparada é cultivar para receber de volta cidadania e produtividade

que melhoram as condições de vida de todo o povo (WERTHEIN; CUNHA, 2009, p. 15).

E ainda, “[...] a educação em ciência em sentido amplo, sem discriminação e abrangendo todos os níveis e modalidades do ensino, é um requisito fundamental da democracia e do desenvolvimento sustentável” (WERTHEIN; CUNHA, 2009 p. 21). Cresce no mundo a consciência de que, se a população não for minimamente letrada em assuntos científico-tecnológicos a própria democracia ficará comprometida (CHAVES, 2009).

“A escola brasileira atual é uma instituição cujo objetivo maior deve ser a inclusão social do cidadão, eliminando diferenças que excluam os menos privilegiados” (KRASILCHIK, 2009, p. 210).

Mas vale ressaltar que, por mais importante que o processo de educação científica se mostre, ainda existe por grande parte dos alunos preconceito para com esse tipo de educação, e isso pode ser atribuído a diversos fatores, entre os quais chama-nos atenção, conforme destacado por Acevedo (2004), o fato do ensino de Ciências ser justificado sempre como um empreendimento que terá utilidade para o futuro, quando os professores de ciências são questionados sobre qual o intuito de se estudar essas disciplinas sempre são obrigados a responde-las com ideias como “[...] você verá isso mais adiante, ou nos próximos cursos” (ACEVEDO, 2004, p. 3), mas nunca com uma significação para o presente. Esse fato em específico chama-nos atenção devido ao fato de demonstrar que o ensino de Ciências ainda é considerado como um ensino propedêutico, ou seja, que visa especificamente à preparação dos alunos que pretendem seguir com seus estudos em níveis superiores, deixando de lado a possibilidade, e por que não, a necessidade, de se formar cidadãos conscientes já nesse estágio da educação. Ainda para Acevedo (2004), essa visão continua se perpetuando pois se encaixa aos moldes e desejos dos pais desses alunos, e da sociedade como um todo, que é o dos alunos chegando à universidade, considerando esse acesso já como um objetivo suficiente para a educação básica.

E, uma consequência dessa abordagem propedêutica no ensino de Ciências é que ela diminui drasticamente o interesse dos alunos pelas disciplinas científicas, uma vez que “elas deixam de lhes ser significativas” (ACEVEDO, 2004, p. 4), já que esse ensino não possui um fim em si, mas sempre é apresentado como uma coisa a ser utilizada no futuro.

Se levarmos em conta que essa educação científica que estamos defendendo possui um caráter democrático, já que ela é buscada para todos os cidadãos e não somente para uma pequena elite que continuará seus estudos em níveis superiores, Acevedo (2004) se posiciona

contra esse ensino propedêutico, já que “a extensão de uma alfabetização científica a todas as pessoas é, desde sempre, incompatível com uma finalidade exclusivamente propedêutica para o ensino de Ciências” (ACEVEDO, 2004, p. 7).

Considerando então que esse processo de educação científica é necessário, e que o ensino de Ciências deve evitar um caráter meramente propedêutico, mostra-se de extrema importância ter claros os objetivos que esperamos alcançar com esse ensino, já que são eles que nos ajudarão a moldar nossa prática docente. Sendo assim, Acevedo (2004) nos apresenta alguns desses objetivos que podem ser esperados para o ensino de Ciências com suas respectivas características:

Relevância do Ensino de Ciências	Algumas Características
1. Ciência para prosseguir com estudos em áreas científicas.	Concentra-se nos conteúdos e conceitos mais ortodoxos da Ciência. Recebe apoio de muitas instancias, tais como grande parte dos professores de Ciência de todos os níveis educacionais, da própria Universidade e geralmente também das políticas educativas.
2. Ciência para se posicionar e tomar decisões em assuntos públicos que envolvam ciência e tecnologia.	Demanda especial atenção para o exercício da cidadania em uma sociedade democrática. Prepara para enfrentar muitas questões que façam referência à ciência e tecnologia na vida real e para tomar decisões racionais sobre elas. É sustentada por aqueles que defendem uma educação em Ciências para a ação social.
3. Ciência funcional para o mercado de trabalho.	Os conteúdos mais ortodoxos não são ignorados, mas são subordinados à aquisição de habilidades mais gerais. É o ponto de vista preferido por empresários.
4. Ciência para chamar atenção e agradar os alunos	Habitualmente utilizada pelos meios de comunicação de massa, tais como, documentários de televisão, revistas de divulgação científica, etc. As vezes se concentram tanto em abordar os conteúdos de maneira espetacular e sensacionalista que contribui para uma imagem falsa e estereotipada do que é ciência e tecnologia. Muito utilizada por divulgadores de Ciência.
5. Ciência útil para a vida cotidiana.	Inclui muitos dos denominados temas transversais, tais como saúde e higiene, consumo, alimentação, educação sexual, segurança no trabalho, etc. A decisão sobre o que deve ser abordado surge da interação entre os experts e os cidadãos comuns.
6. Ciência para satisfazer curiosidades pessoais.	Demanda especial atenção para os temas científicos que mais podem interessar os alunos, e por esse motivo eles são os principais definidores do que deve ser abordado. Devida às diferenças culturais podem aparecer importantes diferenças para essa categoria entre um país e outro.

7. Ciência como cultura.	Promovem-se conteúdos globais, mais centrados na cultura da sociedade do que nas próprias disciplinas científicas, podendo ainda incluir uma das categorias anteriores. A cultura dos contextos sociais em que vivem os alunos é que define o que é relevante para o ensino de Ciências. No entanto, é preciso chamar atenção para o fato de que se trata de uma visão cultural que ultrapassa a própria cultura popular.
--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Quadro 1: Relevância para o Ensino de Ciências

Fonte: Traduzido de ACEVEDO, 2004, p. 6

Dentro dessas modalidades apresentadas no Quadro 1, acreditamos que as que mais se aproximam do que esperamos para um ensino de Ciências consistente com o tipo de educação que esperamos são: a segunda - Ciência para se posicionar e tomar decisões em assuntos públicos que envolvam ciência e tecnologia -, a quinta - Ciência útil para a vida cotidiana -, e a sétima - Ciência como cultura -. Apesar de se tratarem de três categorias, não julgamos com isso que nossos objetivos sejam polissêmicos, uma vez que as tomamos como extremamente inter-relacionadas, chegando ao ponto até de as considerarmos como complementares. Se os alunos devem se posicionar criticamente, e de forma contínua, com relação a assuntos que façam referência à ciência e tecnologia no seu cotidiano, esse tipo de atividade deve passar a fazer parte integrante de sua vida, o que já nos colocaria em condição de considerar que as categorias dois e cinco se fundiriam em uma só, em uma categoria que trate da ciência que lhe é necessária para o cotidiano, considerando que esse cotidiano lhe exige o posicionamento crítico em questões tecnocientíficas de interesse geral, e, quanto à categoria sete, que faz referência à cultura relacionada à ciência, a partir do momento que deixarmos de considerar a ciência como neutra, não poderemos excluir a cultura presente em suas relações, e por esse motivo essa categoria sete pode ser considerada como relacionada a todas as outras. Sendo assim, esses são, basicamente, os objetivos que esperamos atingir com o ensino de Ciências na busca por uma educação científica de qualidade.

Rutherford (1994) colocou que uma pessoa cientificamente educada é aquela que compreende e é consciente de que a ciência e a tecnologia são empreendimentos humanos interdependentes com poderes e limitações, que compreende conceitos-chave e princípios das ciências, que está familiarizada com o mundo natural e reconhece tanto sua diversidade quanto sua unidade, e que, utiliza o conhecimento e modo de pensar científicos como objetivos individuais e sociais. Nesse sentido podemos considerar atualmente que o cidadão letrado cientificamente é aquele que consegue se relacionar e se expressar com relação a assuntos que envolvam ciência e tecnologia em um contexto não técnico de maneira

significativa, que consegue transpor a ciência para sua realidade, que se utiliza dessa ciência como uma ferramenta que o auxilia nos processos de relacionamento com a sociedade em que está inserido.

Isso envolve a compreensão do impacto da ciência e tecnologia sobre a sociedade em uma dimensão voltada para a compreensão pública da ciência dentro do propósito da educação básica de formação para a cidadania (SANTOS; SCHNETZLER, 1997). Segundo Chassot (2003), a educação científica deve ser considerada como o domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para o cidadão desenvolver-se na vida diária. Já para Santos e Mortimer (2002, p. 134) educar cientificamente esse cidadão não pode se restringir em lhes mostrar as maravilhas da ciência, mas significa disponibilizar ao cidadão as representações que lhe permitam agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas.

Segundo Santos e Mortimer,

Nesse sentido, entendemos que a educação tecnológica no ensino médio vai muito além do fornecimento de conhecimentos limitados de explicação técnica do funcionamento de determinados artefatos tecnológicos. Não se trata de simplesmente preparar o cidadão para saber lidar com essa ou aquela ferramenta tecnológica ou desenvolver no aluno representações que o instrumentalize a absorver as novas tecnologias. Tais conhecimentos são importantes, mas uma educação que se limite ao uso de novas tecnologias e à compreensão de seu funcionamento é alienante, pois contribui para manter o processo de dominação do homem pelos ideais de lucro a qualquer preço, não contribuindo para a busca de um desenvolvimento sustentável (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 141).

Uma educação em Ciências que vise somente à capacitação do aluno para o manuseio de artefatos tecnológicos é uma educação incompleta. Ela deve, além dessa capacitação, possibilitar o desenvolvimento de habilidades e atitudes participativas abertas ao diálogo, à negociação e também ao processo de tomada de decisões com relação aos problemas relacionados ao desenvolvimento científico-tecnológico. De acordo com Acevedo *et al* (2005, p. 126, tradução nossa) “[...] é urgente a necessidade de formar cidadãos capazes de intervir mais e melhor nas decisões relativas à ciência e à tecnologia contemporâneas, desde as relativas a questões mais gerais, [...], até as mais próximas e cotidianas”.

Ainda segundo Tedesco (2009),

Frente a esse contexto e tal como o expressaram alguns cientistas renomados no campo das reformas do ensino de Ciências, um cidadão do século XXI deverá ser formado de tal maneira que seja capaz não só de adaptar-se às mudanças extraordinárias e vertiginosas que estamos vivenciando, mas, sim, de participar das

decisões que deverá tomar a sociedade com o intuito de definir o ritmo e as finalidades das mudanças (TEDESCO, 2009, p.163).

“Nesse contexto, o letramento dos cidadãos vai desde o letramento no sentido do entendimento de princípios básicos de fenômenos do cotidiano até a capacidade de tomada de decisão em questões relativas a ciência e tecnologia em que estejam diretamente envolvidos, sejam decisões pessoais ou de interesse público” (SANTOS, 2007, p. 480).

A questão de preparar os alunos para a participação pública é o argumento democrático mais utilizado para a defesa de uma educação científica para a cidadania (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 142), já que é essa educação que dará suporte aos cidadãos para lidarem com a ciência e tecnologia que atualmente estão tão imbricadas em sua realidade, para que com isso possam participar dos processos de tomada de decisão pública em questões tecnocientíficas de forma racional e crítica. De acordo com Santos (2007), essa educação implica a participação ativa do sujeito e de grupos minoritários na sociedade. Não adianta transformarmos esse aluno em um cidadão crítico, que seja questionador da realidade em que está inserido, se esse cidadão não colaborar e agir com o intuito de transformar essa realidade. A formação desse cidadão deve implicar também em uma ação crítica dentro de sua realidade.

Não podemos também, considerar essa ciência que estamos tentando ensinar aos alunos como neutra e livre de influências e pressões sociais, possibilitando com isso a transmissão de visões deformadas acerca da ciência e do conhecimento científico. Santos (2007) chama atenção para esse fato quando aborda em seu trabalho o cuidado que devemos ter com o grande número de agentes sociais envolvidos nos processos educacionais e consequente a isso, nos processos que englobam a educação científica (p. 475 – 476), uma vez que cada um desses agentes na verdade representa setores sociais que buscam firmar sua influência sobre os processos educacionais.

Também devemos lembrar que uma educação científica não possui um caráter simplesmente educacional, mas sim todo um direcionamento político e social intrínseco em seu desenvolvimento. Essa nova visão de educação científica também requer a inclusão de valores éticos e culturais no ensino, já que a decisão que esperamos que os alunos sejam capazes de realizar é permeada por características desse tipo. A ética não pode ser excluída dessa educação.

[...] o conhecimento e a informação são condições necessárias [*para o Ensino de Ciências*], mas isto não é suficiente. Os dilemas éticos com os quais enfrentamos estes debates e problemas requerem a presença de determinados valores, sem os quais a Ciência ou o conhecimento se tornam meros comportamentos tecnocráticos, da mesma maneira que os valores éticos sem fundamento científico podem transformar-se em mera retórica (TEDESCO, 2009, p. 165).

Se excluirmos a ética das discussões acerca da ciência e tecnologia, essas discussões acabariam sendo dominadas por características tecnocráticas, promovendo uma visão distorcida acerca dessa ciência e tecnologia, enquanto que a cultura também não pode ser deixada de lado, uma vez que é extremamente influenciada e também influencia os processos educacionais e de formação e sustentação de qualquer sociedade (AB'SABER, 2009; PAVAN, 2009; TEDESCO, 2009).

Sendo assim, mostra-se cada vez mais importante que uma educação científica de qualidade deva incorporar elementos como tomada de decisões, trabalho com questões éticas e morais, aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NdC) no ensino e também o entendimento de relações entre questões que envolvam ciência e tecnologia e que possuam, além disso, alguma relevância social e emotiva para os alunos (ZEIDLER, 2005, p. 358).

Gostaríamos de chamar atenção aqui para o fato de muitos autores defenderem a utilização de aspectos referentes à NdC na busca de uma melhor educação científica. Por mais que o foco do nosso trabalho não seja discutir a fundo essa utilização, julgamos oportuno apresentar características referentes à NdC, devido à importância que elas apresentaram para os autores que utilizamos como referência no desenvolvimento desse trabalho.

2.3. Natureza da Ciência (NdC)

Existem vários trabalhos discutindo a fundo o que seria a NdC para o Ensino de Ciências na busca de uma melhor educação científica. Essas discussões vão desde o cunho filosófico chegando até ao epistemológico e cognitivo (ACEVEDO, 2008, 2004; ACEVEDO *et al*, 2005; PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007).

Segundo Santos e Mortimer (2002), diversas pesquisas têm constatado que a compreensão da natureza da ciência é fundamental para que o aluno possa entender as suas implicações sociais (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 138) , uma vez que ele passa a compreender melhor seu desenvolvimento e seus impactos sobre a realidade. Isto vai ao encontro do que foi apresentado por Acevedo (2008, p. 134), para quem a abordagem da NdC

tem se tornado um objetivo chave para o Ensino de Ciências nos últimos anos e um dos principais componentes na busca por uma educação científica de qualidade.

Para tanto, é preciso vencer algumas barreiras arraigadas nos processos de ensino-aprendizagem, de modo a:

- Relativizar a ideia de Método Científico, que tende a caracterizar a ciência como um processo completamente fechado, que deve seguir uma série de orientações pré-estabelecidas no seu desenvolvimento, um *cook book* sem espaço para questionamentos ou improvisações.
- Romper com a ideia de que a ciência se faz a partir de dados puros e tem um caminho correto a seguir, sem levar em conta o conhecimento já possuído pelo agente de sua produção, assim como o cenário sociopolítico em que ela está inserida.
- Romper com a ideia de que o cientista é um ser estranho, que vive isolado em seu laboratório, realizando seu trabalho livre de quaisquer influências e pressões do mundo exterior.
- Difundir a ideia de que a Ciência não existe apenas em sala de aula, mas sim deve ser aplicável ao mundo como um todo.

Para tanto é aconselhável a imersão do aluno no processo de construção da ciência e na cultura científica e tecnológica:

Pretende-se, assim, fomentar a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos por intermédio de uma certa imersão na cultura científica e tecnológica, fundamental para a formação de cidadãos e cidadãs críticos que, no futuro, participarão na tomada de decisões [...] e *igualmente fundamental para que os futuros homens e mulheres de ciência consigam uma melhor apropriação dos conhecimentos elaborados pela comunidade científica* (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p.152).

Ainda devemos levar em conta que podemos utilizar a NdC com vários objetivos dentro do Ensino de Ciências, já que, segundo Driver *et al* (1996), apud ACEVEDO (2008, p. 134), ela pode ser utilizada com os seguintes objetivos:

- Utilitarista: A compreensão de características relativas à NdC é um requisito necessário para termos certas ideias acerca da ciência e também para manusear objetos e processos tecnológicos da vida cotidiana.
- Democrático: A compreensão de características relativas à NdC faz falta para analisar e tomar decisões bem informadas em questões tecnocientíficas com interesse

social. Um maior conhecimento acerca da NdC ajuda a melhorar a qualidade das decisões.

- Cultural: A compreensão de características relativas à NdC é necessária para apreciar o valor da ciência como um elemento importante da cultura contemporânea.

- Axiológica: A compreensão de características relativas à NdC ajuda a entender melhor as normas e valores da comunidade científica que contém compromissos éticos com um valor geral para a sociedade.

- Docente: A compreensão de características relativas à NdC facilita a aprendizagem dos conteúdos das disciplinas científicas, com a consequente mudança conceitual.

Estes aspectos evidenciam a importância de abranger a NdC no Ensino de Ciências.

Também existe forte apelo para a inclusão de características relacionadas à NdC com o intuito de colaborar para um ensino de cunho mais democrático. Em defesa a essa adoção está a justificativa de que uma melhor compreensão da NdC permitiria tomar decisões mais racionais sobre questões públicas que façam referência à ciência e tecnologia, o que contribuiria para tornar mais factível a participação cidadã responsável nesses assuntos (ACEVEDO *et al*, 2005).

[...] cada vez é maior o consenso em ensino de Ciências acerca de que um objetivo prioritário da educação científica é que os estudantes de educação secundária e bacharelado cheguem a adquirir uma melhor compreensão da NdC [...] (ACEVEDO *et al*, 2005, p. 123, tradução nossa).

Essa busca por uma clarificação da NdC em sala de aula é importante, pois mostra ao aluno os processos envolvidos no desenvolvimento científico, possibilitando assim uma aprendizagem em ciências mais significativa, e não apenas memorizada (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 149).

Considerando o que foi apresentado até aqui, a educação científica que considere a Natureza da Ciência deve ser considerada como um dos maiores objetivos para o Ensino de Ciências na atualidade, e, segundo Barret e Pedretti (2006, p. 237), nessa busca uma educação de caráter CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente) tem sido considerada como um caminho bastante promissor para atingi-lo.

2.4. Educação CTSA

O campo CTS surge entre as décadas de 1960 e 1970 como um movimento de crítica sobre a forma como a ciência e tecnologia eram vistas pela sociedade (LÓPEZ CERREZO, 2004).

Nos anos de 1960 e 1970, o questionamento dos reais benefícios e malefícios da ciência e tecnologia embasou o surgimento do Movimento CTS, o qual, com pesquisas sobre a dimensão social da ciência e tecnologia, inclui uma diversidade de campos de estudos que compartilham a crítica à neutralidade da ciência e tecnologia e a promoção da participação pública na tomada de decisões como meios de instrumentalização da cidadania (LEITE; FERRAZ, 2011, p. 40).

De acordo com Aikenhead (2003), os primeiros países onde esse tipo de crítica começou a ganhar força foram Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Espanha e Holanda, tanto em âmbitos mais amplos como política e economia como na educação. Esse movimento, já em sua gênese, destinava atenção para como essas questões podiam influenciar e deviam ser abordadas pela educação.

O agravamento dos problemas ambientais e discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade fizeram com que crescesse no mundo todo um movimento que passou a refletir mais criticamente as relações entre ciência, tecnologia e a sociedade em que esses conhecimentos estão inseridos. Esse processo fez com que a partir da década de 1970 fosse buscado o desenvolvimento de novos currículos de ensino de Ciências que buscavam incorporar conteúdos de CTS (SANTOS, 2007, p. 111).

Santos (2011) argumenta que, “no Brasil, já na década de 1970, tinham-se materiais que incluíam implicações sociais da CT, porém pesquisas e materiais com a denominação CTS começam a surgir somente no final dos anos noventa” (p. 23).

De modo geral, ele surge como um movimento que começou a questionar o real papel da ciência e tecnologia dentro da sociedade depois de fatos históricos marcantes, pelo seu caráter negativo e prejudicial para a sociedade como um todo. Dentre esses fatos podemos mencionar como mais impactantes a II Guerra Mundial; o movimento Pugwash, que se caracterizou como uma crítica à falta de responsabilidade social existente na Ciência, e teve como ponto alto as críticas feitas por cientistas ao programa nuclear americano; e o incidente relacionado à usina nuclear de Chernobyl (AIKENHEAD, 2003, p. 2). “A confiança ilimitada na ciência foi gradualmente revista em consequência de excessos científicos e tecnológicos” (ZAUITH; OGATA; HAYASHI, 2011, p. 21). Sendo assim, ele pode ser caracterizado como

um movimento que visava à quebra da manutenção do *status quo* dominante, substituindo o processo de reprodução social existente por uma iniciativa de reconstrução social, onde se buscava alcançar mudanças sociais que beneficiassem o maior número possível de pessoas. O ano de 1968 pode ser considerado como chave para essa consolidação, uma vez que foi o auge dos movimentos de contra cultura norte-americanos e também dos contrários à Guerra do Vietnã. Esses movimentos fizeram da tecnologia moderna e do estado tecnocrático americano os principais alvos de suas lutas (LÓPEZ CERREZO, 2004).

Martinez Álvarez (2004), divide o surgimento e consolidação do movimento em três períodos, que se diferenciam segundo a atitude da comunidade científica e da sociedade frente ao problema do desenvolvimento e das consequências da ciência e tecnologia.

- 1º Período: Período do otimismo, 1940 – 1955, especialmente nos anos do pós-guerra. Durante esse período se confia extremamente no poder da ciência e tecnologia para o progresso social. O desenvolvimento de mais ciência e tecnologia nos conduziria necessariamente a um mundo mais desenvolvido e justo. Nessa perspectiva, uma maior quantidade de ciência e tecnologia implicaria em um maior nível de progresso econômico que conduziria naturalmente a um maior progresso social, que atingiria todos os níveis da sociedade.

- 2º Período: Período de alerta, 1955 – 1968, marcado por desastres nucleares e químicos, além da corrida armamentista ocorrida durante a Guerra Fria. Durante esse período existiu um vigoroso processo de questionamento da ciência e tecnologia e suas consequências sociais. A sociedade começa a perceber que apenas o desenvolvimento de mais ciência e tecnologia não é condição suficiente para o desenvolvimento social e econômico do planeta, e a forma como a ciência e a tecnologia são empregadas, além dos interesses de quem as desenvolveu, começam a figurar entre as principais preocupações existentes no seu desenvolvimento.

As obras de Tomas Kuhn (*Estrutura das Revoluções Científicas*, 1962) e de Rachel Carson (*Primavera Silenciosa*, 1962) são marcos simbólicos dessa crítica à forma como a ciência e tecnologia começavam a ser vistas pela sociedade. Enquanto a primeira questionava o modo como se fazia ciência, a segunda foca sua atenção aos impactos ambientais causados à sociedade por seu uso descontrolado.

- 3º Período: Período da crítica, 1968 até os dias atuais, depois de todo o alerta surgido no período anterior e dos problemas decorrentes da utilização de ciência e tecnologia, agora a

sociedade passa a se comportar de maneira cada vez mais crítica com relação à essa ciência e tecnologia.

Um bom exemplo dessa crítica que começa a ganhar força é que, já em 1971, no *Journal of Science Education*, Jim Gallagher defendia que tão importante quanto entender os conceitos e processos da ciência, era entender as inter-relações existentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade em que essas estavam inseridas (AIKENHEAD, 2003, p. 3). No começo desse processo, essa interação era vista apenas como uma via de mão única, onde era considerada apenas a forma como a ciência e tecnologia influenciavam a sociedade, mas a recíproca não existia. Somente mais tarde é que também começou a se considerar a forma como a sociedade influenciava a produção e utilização da ciência e tecnologia.

Durante o desenvolvimento do movimento CTS, ele acabou por incorporar alguns *slogans* que eram provenientes das realidades sociais presentes nos lugares onde começava a ganhar força. Por exemplo, na Bélgica ele adotou um caráter que trazia para discussão características mais ligadas à ética, na Austrália o caráter relacionado à tecnologia era marcante, na Itália era dada mais atenção ao CTS como uma disciplina escolar de caráter mais científico que buscava tratar de questões sociais existentes. Nessa perspectiva é que no Canadá e na Holanda começou a figurar como ideia vigente a adoção da sigla A junto ao CTS, transformando-o em CTSA, ou STSE (Science - Technology – Society – Environment) na língua inglesa, em que o ambiente também possuía lugar de destaque nas discussões (AIKENHEAD, 2003, p. 6). A adoção de um ou outro desses *slogans* não limitava a abrangência das discussões, ou seja, não é porque no Canadá o movimento foi considerado como CTSA, que não se discutiam aspectos relacionados à ética, ou à cultura, do mesmo modo que, por exemplo, na Bélgica também se discutiam aspectos relacionados ao ambiente.

Hoje em dia esses *slogans* já não são mais tão nacionais, mas se distribuem por todas as realidades mundiais. Tornou-se comum vermos *slogans* como “Ciência para Todos”, “Ciência para o entendimento público”, “Ciência Cidadã”, “Alfabetização Científica Funcional”, entre outros que estão relacionados ao CTS, e podem ser considerados como presentes em todo o mundo, se relacionando e completando uns aos outros. Mas considerando a realidade atual e os problemas ambientais, consideramos adequado enfatizar o contexto CTSA, pois mesmo que nosso foco de discussão seja a respeito de políticas públicas, de educação, de economia, de ética, de cultura e de valores, o ambiente sempre estará permeando essas realidades e também será permeado por elas.

Levamos em conta as ideias de Pedretti e Hodson (1995), para quem o ambiente não pode ser considerado apenas como um dado, como uma entidade separada da sociedade, mas sim uma construção social, já que: i) agimos e transformamos o ambiente natural, e então o construímos e reconstruímos através de nossas ações sociais, além do que, ii) percebemos o ambiente de uma maneira dependente da visão sociocultural dominante e, portanto, nosso conceito acerca do ambiente é dependente dessa visão. E ainda pensando dessa maneira, se o ambiente é uma construção social, então os problemas ambientais também são problemas sociais moldados por valores e estruturas sociais (PEDRETTI; HODSON, 1995, p. 466).

Seguindo então essa linha de pensamento é que optamos nesse trabalho pela adoção da sigla ‘estendida’ CTSA para nos referirmos ao movimento, por considerarmos que não podemos deixar lado o ambiente quando tratamos das relações entre ciência e tecnologia e a sociedade em que elas se dão. Voltando nossa atenção aos *slogans* citados anteriormente, as mudanças que sofreram ao longo dos anos representam também as mudanças esperadas pela sociedade com relação ao CTSA. Conforme as realidades sociais iam se alterando, as necessidades em ciência e tecnologia e o movimento como um todo também iam se adaptando, segundo Aikenhead (2003): “[...] *slogans* vêm e vão, assim como as realidades sociais também se alteram [...]” e com isso “[...] o CTS continuará se desenvolvendo e se alterando, mas sua essência será mantida, mesmo com suas adaptações para as culturas locais” (p. 10).

Vale também ressaltar que, apesar de não existir um *slogan* dominante para o campo CTSA, existem duas linhas dominantes, que são consideradas já como tradições dentro do campo, e que são enunciadas por Leite e Ferraz (2011) da seguinte maneira:

[...] verifica-se a existência de duas tradições de estudos no campo CTS: a europeia e a norte-americana. A Primeira trata o desenvolvimento científico e tecnológico a partir da pesquisa acadêmica de seus antecedentes sociais, consolidados por fatores políticos, culturais, econômicos e epistêmicos, enquanto a segunda considera as consequências ambientais e sociais da mudança científico-tecnológica e seus respectivos problemas éticos (LEITE; FERRAZ, 2011, p. 40).

Por mais que exista essa segmentação concordamos com Hayahi, Hayashi e Furnival (2008) quando dizem que “[...] apesar das diferenças de estilo e de conteúdo, estas duas tradições se complementam, oferecendo uma visão crítica da ciência e da tecnologia e auxiliando com previsões e aspirações sobre qual é o papel que a ciência e tecnologia devem ter na sociedade” (p. 46).

Atualmente, uma das marcas mais relevantes do CTSA é a busca por uma participação mais significativa dos diversos setores sociais nas decisões relacionadas ao desenvolvimento, investimento e aplicações de ciência e tecnologia. Como afirmou Auler (2003, p. 71), o CTSA é um movimento que deve visar, entre outras coisas, a democratização dos processos decisórios de forma que “[...] um dos objetivos centrais desse movimento consistiu em colocar a tomada de decisões em relação à ciência e tecnologia num outro plano. Reivindicam-se decisões mais democráticas (mais atores sociais participando) e menos tecnocráticas” (AULER, 2003, p. 71). Essa ideia também é reforçada por Santos (2011), para quem, “na educação científica, o movimento CTS assumiu como objetivo o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e o desenvolvimento de valores” (SANTOS, 2011, p. 23).

A democratização buscada para a sociedade como um todo repercute também nos processos relacionados ao Ensino de Ciências. Por esse motivo o movimento CTSA também possui uma vertente educacional muito forte, centrada na educação científica com um enfoque CTSA; preocupação essa que também já estava presente na formação do movimento, uma vez que como educar os cidadãos para que agissem de maneira mais crítica na realidade em que estão inseridos foi uma questão sempre presente e discutida pelo movimento (AIKENHEAD, 2003).

Leite e Ferraz (2011) argumentam, nesse sentido, que:

O movimento CTS, ao priorizar a compreensão da ciência e tecnologia como produtos da atividade humana, fornece subsídios para a transformação dos conceitos e práticas no contexto educativo. A busca por um ensino capaz de formar cidadãos cômicos de seu papel na sociedade proporciona o rompimento de barreiras para o desenvolvimento científico, tecnológico e social (LEITE; FERRAZ, 2011, p. 46).

Sendo assim, o CTSA voltado para a educação pode ser considerado, conforme defendem Santos e Mortimer (2002), como uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (p. 135).

Um dos argumentos que incentivam o Ensino de Ciências com enfoque CTSA dentro da realidade atual é, de acordo com as ideias apresentadas por Pedretti e Hodson (1995, p. 463), o fato de ele ser capaz de auxiliar os estudantes a adaptarem-se às rápidas e vertiginosas mudanças existentes no mundo que fazem referência à ciência e tecnologia. Nesse sentido é que “nos últimos 20 anos, uma educação CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade

Ambiente) tem sido defendida como uma forma de avançar na alfabetização científica” (BARRET; PEDRETTI, 2006, p. 237, tradução nossa).

Sendo assim, devemos ter em mente que para uma Educação em Ciências com enfoque CTSA “parte-se da premissa de que a sociedade seja analfabeta científica e tecnologicamente e que, numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental” (AULER e DELIZOICOV, 2001, p. 18).

O que se espera com esse tipo de Ensino de Ciências é que ele consiga “[...]propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas, principalmente, na definição de parâmetros em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico” (AULER, 2003, p. 72). Uma educação com enfoque CTSA deve ser considerada como um importante aliado na busca pelos múltiplos objetivos pretendidos hoje pelo Ensino de Ciências, mas seu papel principal deve ser o de educar para a participação cívica nas decisões tecnocientíficas (ACEVEDO; *et al*, 2005, p. 121 – 122).

Nas palavras de Santos e Mortimer (2002):

O objetivo da educação CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 136).

Uma educação CTSA deve se articular em torno de temas que envolvam ciência e tecnologia e que são potencialmente problemáticos do ponto de vista social. Esse ‘problema social’ deve fazer referência a algo que possua diferentes possibilidades associadas a diferentes conjuntos de crenças e valores (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 141).

Nessa perspectiva, consideramos que o CTSA deve caracterizar as relações entre ciência e tecnologia como “um processo não neutro, impossível de ser separado de sua interação social, onde os elementos não técnicos envolvidos possuem papel fundamental na sua gênese e consolidação” (LÓPEZ CERESO, 2004, p. 15). Para isso a ciência deve ser considerada como uma atividade humana altamente complexa, sofrendo grande influência de seus elementos não técnicos, e não como processos autônomos e isolados da sociedade em que estão inseridos, como um corpo autônomo de conhecimento objetivo (REGO; REGO; SOUZA; BASTOS; ANGOTTI, 2008; SANTOS; ICHIKAWA, 2004). Ela deve buscar

promover o desenvolvimento de uma educação cidadã crítica, científica e tecnologicamente capaz de promover o entendimento de questões relacionadas ao CTSA, possibilitando a tomada de decisões de maneira informada e responsável, e possibilitando com isso a ação sobre essas decisões (PEDRETTI, 2003, p. 219).

A utilização do CTSA na educação precisa incluir o estímulo à reflexão e à ação crítica dos alunos. Isto implicaria menor passividade destes com relação ao que lhes é apresentado pela sociedade, comportamento que poderia começar a ser demonstrado já dentro da própria sala de aula, com o questionamento do caráter dominante na educação atualmente, onde se aceita um ‘controle externo’, vertical, e, geralmente imposto, em que as atividades e os planejamentos vêm de cima e devem ser aceitos e utilizados pelos professores em sua prática docente geralmente de forma acrítica, fazendo com que a educação acabe se transformando em um meio de reprodução social.

Historicamente, os professores tomam os objetivos da educação que lhes são impostos como verdadeiros, sem analisá-los criticamente (PEDRETTI; HODSON, 1995). Esse tipo de comportamento se encaixa perfeitamente em uma educação que vise à mera transmissão do conhecimento, sem uma maior criticidade para com esses conhecimentos.

Contra essa ideia da educação como uma simples forma de reprodução social vamos ao encontro do que foi apresentado por Barret e Pedretti (2006), para quem a educação CTSA é uma forma de se superar essa reprodução e buscar, de maneira crítica e bem informada, a transformação social.

Para elas, a simples transmissão do conhecimento não implica em uma transformação social (BARRET; PEDRETTI, 2006 p. 238), que deve ser buscada pelo Ensino de Ciências. Transformação essa que não pode ser imposta como um objetivo que deva, a todo custo, ser alcançado, mas que deve surgir do comum acordo de sua necessidade entre escola, aluno e professor. Para isso, tanto professores como alunos devem ter autonomia para trabalhar, buscando relacionar o programa global do ensino a propostas locais que façam uma maior referência às suas realidades (BARRET; PEDRETTI, 2006, p. 239 – 240).

Nesse sentido, vemos surgir duas orientações contrastantes para uma educação CTSA, uma voltada para a reprodução social e outra para a transformação social. Para a primeira, a questão é fazer com que o aluno se adapte ao modelo de sociedade já existente, que ele colabore para a manutenção do *status quo* desse modelo, e para isso o CTSA é visto como uma maneira de transmitir informações acerca de assuntos que envolvam ciência e tecnologia e façam referência à realidade dos alunos, mas não existe espaço para o desenvolvimento de

habilidades relacionadas à criticidade que poderiam surgir da discussão desses assuntos. Aqui o foco do ensino é no conhecimento a ser transmitido e não na crítica que pode surgir desse conhecimento (BARRET; PEDRETTI, 2006, p. 240 - 241). A utilização do CTSA aqui faz o papel de um contexto mais interessante por onde os conteúdos e os conceitos científicos podem ser apresentados.

Já para uma educação CTSA que vise uma transformação social, um dos objetivos está em encorajar os alunos a reconstruírem a sociedade em que estão inseridos de maneira mais justa (BARRET; PEDRETTI, 2006, 241).

Educação para uma transformação social assume que a educação reproduz a sociedade que ela está inserida, com suas desigualdades e estruturas de poder, sendo elas justas ou injustas. Isso vai contra a visão tradicional para a reprodução social, onde a escola é vista como um espaço neutro destinado a transmitir aos estudantes habilidades e conhecimentos também neutros (BARRET; PEDRETTI, 2006, p. 241).

O objetivo dessa iniciativa é familiarizar os alunos aos confrontos de valores e ao tipo de informações com que terão que lidar enquanto cidadãos críticos. Esse tipo de educação necessita tanto de uma maior preparação dos professores como também uma maior mobilização da escola como um todo, além de uma participação mais efetiva dos alunos. As atividades que devem ser incluídas nesse tipo de educação, como o trabalho com questões controversas e de múltiplas respostas, debates, simulações, inclusão de valores na discussão, entre outras, geralmente não são abarcadas pela educação tradicionalmente aceita. Essa orientação também é defendida por Santos (2011) para quem “[...] podemos assumir CTS como um movimento de reconstrução social” (p. 38), já que se o adotarmos com uma orientação de reprodução social, estaremos subutilizando o seu potencial educacional.

Podemos resumir as diferenças entre essas duas orientações da seguinte maneira:

	CTSA para reprodução social	CTSA para reconstrução social
Papel do Estudante	Aprender o conteúdo	Relacionar o conteúdo de maneira crítica com seus contextos sociais
Papel do Professor	Implementar de maneira eficiente o programa que lhe é prescrito	Gerar um programa para os alunos que atenda às suas necessidades e especificidades, e que seja passível de crítica
Questões Controversas	Forma de promover o envolvimento dos alunos	Promover o desenvolvimento de habilidades para discutir essas questões no presente e no futuro
Crítica	Concentra-se sobre o procedimento	Foco nas questões implícitas
Cidadania	Foca-se na sociedade da forma como ela é	Foca-se em transformar a sociedade em algo mais equilibrado e justo

Quadro 2: Comparação entre uma orientação CTSA para reprodução social e uma orientação CTSA para reconstrução social. Fonte: Traduzido de BARRET, S.; PEDRETTI, E., 2006, p. 244

A educação CTSA deve desmistificar a visão clássica referente à ciência e tecnologia que predomina ainda nos dias atuais, visão essa basicamente essencialista e triunfalista, onde o desenvolvimento linear de ciência e tecnologia é considerado como dominante. Para esse tipo de visão, existente já durante a gênese e consolidação do movimento, o desenvolvimento de mais ciência geraria impreterivelmente mais tecnologia, que por sua vez também implicaria na geração de mais riquezas que conduziriam necessariamente a um maior bem-estar social (LÓPEZ CERESO, 2004; AULER, 2003).

Sendo assim, a motivação inicial, que ainda se mostra presente e pode ser considerada até como uma condição necessária para o sucesso do movimento na educação, era romper com o *status quo* vigente para o Ensino de Ciências da época, além de também se buscar a democratização do Ensino de Ciências como um todo, fazendo com que ele chegasse ao maior número possível de estudantes (AIKENHEAD, 2003, p. 5). Esse *status quo* a que nos referimos era representado basicamente por um ensino desarticulado em sua própria composição, onde as disciplinas integrantes não possuíam comunicação, algo disciplinar, desvinculado da realidade dos alunos, onde o que se preza é a memorização e retransmissão de conceitos científicos, sem levar em conta características relacionadas à Natureza da Ciência (NdC), a não neutralidade na produção da ciência, aos interesses de quem a produziu e financiou (ZEIDLER *et al*, 2005).

A “ciência escolar é apresentada como um corpo de conhecimentos para serem ensinados, memorizados e, ocasionalmente, aplicados ao mundo real” (PEDRETTI, 2003, p.

220), como um ser superior e intocável, além de inquestionável e portadora de verdades absolutas.

Nessa perspectiva, atualmente um Ensino de Ciências que vise uma abordagem CTSA deve incorporar no seu desenvolvimento questões relativas ao desenvolvimento sustentável; aspectos relacionados à tomada de decisões de forma crítica e informada em assuntos que envolvam ciência e tecnologia; questões éticas e de raciocínio moral; dimensões pessoais, sociais e políticas relacionadas à ciência e tecnologia; reconstrução social por meio da ação dos cidadãos; e incorporação de aspectos relacionados à NdC no ensino de Ciências (PEDRETTI, 2003, p. 221). Para isso ele deve incorporar temas que façam referência a assuntos que estejam envolvidos com ciência e tecnologia, atuais e presentes nas realidades dos alunos. Para isso, segundo Pedretti e Hodson (1995, p. 465), temas como alimentos e agricultura; recursos energéticos; terras, águas e recursos minerais; indústria e tecnologia; ambiente; transferência de informação; e ética e responsabilidade social possuem grande potencial para tratamento dentro de uma educação com um enfoque CTSA, claro que não se configurando como os únicos portadores de tal capacidade.

Mas mostra-se importante ressaltar que, de acordo com Auler (2003, p. 75), não adianta apenas inserirmos temas sociais no Ensino de Ciências, sem que haja também uma mudança significativa na prática e nas concepções pedagógicas.

O Ensino de Ciências baseado em um enfoque CTSA busca preparar o aluno para o exercício da cidadania, para que adote atitude de vigilância crítica diante de acontecimentos sociais que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos e participe dos processos de tomada de decisão sobre temas que envolvam ciência e tecnologia (AULER, 2003, p. 70). Espera-se que os alunos “possuam um mínimo de conhecimentos científicos específicos sobre a problemática estudada, sem os quais é impossível compreender as opções em jogo e *participar* na tomada de decisões fundamentadas” (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 143).

O quadro 3 exibe um resumo de propostas subjacentes ao Ensino de Ciências CTSA .

- | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- Inclusão da dimensão social da ciência e da tecnologia no ensino de Ciências.- Utilização da presença da tecnologia no ensino de Ciências como elemento capaz de facilitar a conexão com o mundo real e também uma melhor compreensão da Natureza da Ciência e tecnociência contemporâneas- Relevância dos conteúdos para a vida pessoal e social das pessoas possibilitando o trabalho com |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

problemas cotidianos relacionados com ciência e tecnologia tais como, saúde, higiene, nutrição, consumo, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, etc.

- Relevância das discussões democráticas da sociedade civil para tomar decisões responsáveis em assuntos públicos relacionados com ciência e tecnologia, reconhecendo também que as decisões que se tomam e baseiam em valores pessoais, sociais e culturais.

- Identificação de questões chave que se relacionam com ciência e tecnologia, a familiarização com procedimentos de acesso a informação científica e tecnológica relevantes, sua interpretação, análise, avaliação, comunicação e utilização.

- Abordagem do papel humanístico e cultural da ciência e da tecnologia.

- Utilização da ciência e tecnologia para propósitos sociais específicos e para a ação cívica.

- Consideração da ética e dos valores da ciência e da tecnologia.

- Abordagem do papel do pensamento crítico para o trabalho com ciência e tecnologia.

Quadro 3: Propostas educativas para o Ensino de Ciências promovido pelo movimento CTS. Fonte: Traduzido de ACEVEDO, 2004, p. 12

Mas é de extrema importância ressaltar que, apesar de defendermos a inclusão dos aspectos sociais no Ensino de Ciências, em momento nenhum sugerimos menor preocupação com o ensino de conceitos de cada disciplina. O que muda é que, com uma abordagem desse tipo, incluindo temas sociais relevantes para os alunos, esses conteúdos e conceitos deixam de ter um fim em si e/ou apenas uma finalidade futura, para quando esses alunos estiverem continuando seus estudos em nível superior, mas passam a constituir-se em meios, em ferramentas para a compreensão de temas sociais (AULER, 2003, p. 78).

Todas essas características são buscadas a partir da aproximação do que é abordado em sala de aula ao cotidiano dos alunos, promovendo o fomento por abordagens interdisciplinares dos conteúdos, buscando com isso tornar o ensino mais significativo para eles, tentando proporcionar ao aluno certa autonomia para trabalhar com assuntos que envolvam ciência e tecnologia, para que ele veja seu mundo a partir dos conteúdos escolares, e não apenas entre no mundo dos conteúdos escolares (SOUZA; BASTOS; ANGOTTI, 2008; LOPEZ CERREZO, 2004; SANTOS; ICHIKAWA, 2004).

Também achamos interessante ressaltar o que foi apresentado por Pedretti *et al* (2008, p. 941), que chama atenção em seu trabalho para uma dificuldade que também atinge uma

educação com enfoque CTSA, mas que é um problema da educação atual como um todo, que é o distanciamento entre a teoria e a prática. Mesmo com o CTSA tendo ganhado força nos últimos anos, as iniciativas ficam muito concentradas na teoria, e comparativamente a isso, são poucas as iniciativas de realmente levá-lo para dentro da sala de aula. Em seu trabalho com professores do Canadá, a autora percebeu que mesmo com esses professores demonstrando um interesse inicial pelo movimento, são poucos os que se dispõem a realmente tentar trazê-lo para dentro da sala de aula. A autora justifica que esse fato pode ser atribuído em grande parte à formação inicial desses professores, que não os prepara para trabalhar com as características inerentes a um enfoque CTSA, tais como questões sem uma resposta fechada, abertas ao debate, de caráter interdisciplinar, controversas, que envolvam questões éticas e de valores (PEDRETTI *et al*, 2008 p. 943).

Os professores também não se sentem seguros em adotar um enfoque CTSA devido à questão organizacional de sua prática docente. Se eles optarem por adotar uma educação com um enfoque CTSA em suas práticas, terão que demandar muito tempo para planejamento de atividades como debates, estudos de caso e simulações, que são características desse tipo de abordagem, e com isso ficam temerosos de não conseguirem cumprir o restante do programa e do currículo a que são submetidos (PEDRETTI *et al*, 2008, p. 951). Além disso, outras questões delicadas também ganham relevância; segundo a própria autora (p. 947), fatores como a avaliação dos alunos em uma abordagem desse tipo, a conciliação desse programa local ao programa global a que a escola está submetida e o trabalho com questões que muitas vezes podem incluir vertentes políticas e religiosas dos alunos também estão entre as principais preocupações dos professores para a inclusão desse tipo de atividade em suas práticas docentes.

Segundo Hodson (2003, p. 664), o Ensino de Ciências atual inclui somente “[...] lidar com conhecimentos seguros e bem estabelecidos, enquanto que conhecimento contestável, múltiplas respostas e questões controversas e éticas têm sido excluídas”. Nessa perspectiva, não apenas na formação inicial dos professores deveria ser incluído o trabalho com esse tipo de questões, mas a forma como o próprio Ensino de Ciências aborda o conhecimento científico em si precisaria ser questionada. Não podemos esperar criticidade dos alunos com relação à ciência e tecnologia se os professores e o próprio Ensino de Ciências não fazem o mesmo. Por esse motivo é de extrema importância que, por mais pontuais que sejam nossas iniciativas, elas devem refletir a preocupação tanto do ‘como’ ensinar como também de ‘o que’ ensinar.

Outra questão importante é que, para um Ensino de Ciências com enfoque CTSA, é preciso dar mais autonomia para o aluno, e muitas vezes, ainda segundo Pedretti *et al* (2008, p. 949), a maioria dos professores têm dificuldade em abandonar sua posição de controle a fim de lhes dar essa autonomia. A própria possibilidade de o professor não saber a resposta para alguma questão aberta, ou ainda a responsabilidade de se trabalhar com questões onde não existem certo e errado, mas apenas posicionamentos divergentes, assusta muitos professores que não estão dispostos a abandonar a posição de controle que ocupam perante seus alunos.

Auler e Delizoicov (2001, p. 18) apontam a existência de *mitos* relacionados às interações CTSA e a educação científica como um todo, que se caracterizariam como construções que surgem paralelamente ao desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico e acabam desencadeando a aceitação de ideias que nem sempre condizem com a atividade científico-tecnológica.

Entre esses mitos, podemos citar a crença na superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, que tende a considerar a ciência e tecnologia como superiores e neutras, que teriam como único objetivo o desenvolvimento pleno e a busca pelo progresso, incapazes de serem corrompidas e independentes de decisões democráticas. Nesse contexto, são desconsiderados fatores importantes, tais como o cenário sociopolítico em que as decisões são tomadas. Nessa perspectiva, o especialista/expert/cientista é o mais indicado para tomar decisões, uma vez que possui o conhecimento técnico necessário e está livre de qualquer influência social, buscando simplesmente a melhor saída possível para qualquer problema (AULER; DELIZOICOV, p. 19).

Essa ideia de tecnocracia reforça uma visão de mundo onde praticamente não existe espaço para a democracia nas decisões que afetam tecnologia. A participação pública é vista como um elemento que causa incertezas e abre espaço para questionamentos, características essas que alegadamente não poderiam existir com relação à ciência e tecnologia.

Um excelente contra exemplo dessa superioridade tecnocrática pode ser atribuído novamente ao caso da obra de Rachel Carson (*Primavera Silenciosa*, 1962). Nesse livro a autora chama atenção para o fato de como a utilização descontrolada e em larga escala do pesticida DDT estava afetando a reprodução de certas espécies de pássaros, motivo esse da escolha do nome primavera silenciosa, fazendo alusão à ausência desses pássaros. Na época, os fatos apresentados pelo livro foram fortemente criticados por grande parcela dos cientistas

da área, supostamente influenciados por grandes corporações que viam na crítica à utilização do DDT uma ameaça aos seus interesses econômicos.

Esse fato se caracteriza como um bom exemplo de que nem sempre as atitudes adotadas pela maioria da comunidade científica são as mais corretas, mesmo que essa comunidade seja supostamente a mais qualificada para tomar decisões em assuntos que façam referência à Ciência e Tecnologia, uma vez que, mesmo com Rachel Carson defendendo a periculosidade da utilização do DDT, através da apresentação de dados que supostamente comprovavam sua teoria, a grande maioria da comunidade científica foi contrária ao seu posicionamento, tendo sua atitude modificada somente mais tarde devido a grandes pressões sociais que clamavam por maiores estudos que esclarecessem esse impasse.

Desse caso específico surge um excelente exemplo de que nem sempre as decisões tomadas por cientistas são sempre as mais indicadas, uma vez que elas são fortemente influenciadas por interesses políticos e econômicos envolvidos em seus trabalhos (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 144).

Outro mito apresentado por Auler e Delizoicov em seu trabalho faz referência à perspectiva salvacionista atribuída à ciência e tecnologia, segundo a qual todos os problemas sociais existentes seriam resolvidos automaticamente pelo avanço da ciência e tecnologia. Se em dado momento não existirem ciência e tecnologia capazes de resolvê-los, em algum momento do futuro elas serão desenvolvidas para tal, novamente ignorando a não neutralidade das políticas e a necessária participação social na busca dessas soluções (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 20).

Nesse tipo de visão não são, novamente, levadas em conta as influências da sociedade sobre esses processos.

A ideia de que os problemas hoje existentes, e os que vierem a surgir, serão automaticamente resolvidos com o desenvolvimento cada vez maior da ciência e tecnologia, estando à solução em mais e mais ciência e tecnologia, está secundarizando as relações sociais em que essa ciência e tecnologia é concebida (AULER e DELIZOICOV, 2001, p. 20).

Aqui os problemas sociais que fazem referência em algum grau à ciência e tecnologia são reduzidos ao campo da técnica, ignorando aspectos relacionados a essa sociedade em questão, tais como organização e aplicação de ciência e tecnologia.

As ideias de um modelo de decisões tecnocráticas junto à perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia culminam em um determinismo tecnológico que prega a tecnologia como

causa das mudanças na sociedade, alheia ao cenário sócio-econômico-político. Nesse contexto, acredita-se que o homem e a sociedade são produtos e consequências do desenvolvimento tecnológico, e toda inovação tecnológica é boa por si própria e levará necessariamente a um maior desenvolvimento socioeconômico (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 21). Para esse determinismo tecnológico, a ciência e tecnologia são vistas como entidades acima do bem e do mal, e apoiá-lo sugere uma diminuição da responsabilidade humana sobre suas ações (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 21 – 22).

Analisando esses três mitos, podemos considerá-los como advindos de uma visão que considera a ciência totalmente neutra, livre de pressões e influências sociais. A junção e aceitação desses três mitos para o Ensino de Ciências estão acarretando em um superdimensionamento da tecnocracia em detrimento da democracia. Não existe assim espaço para discussão acerca de problemas que envolvam ciência e tecnologia, mas apenas uma resposta ótima e eficiente que, com certeza, será percebida e aplicada pelo expert/cientista.

Por sua vez, Barret e Pedretti (2006) apontam que um Ensino de Ciências com orientação CTSA voltado à reprodução social caracteriza conteúdos e conceitos científicos como livres das influências sociais que os cercam. Nessa perspectiva, um meio de evitar o surgimento desses mitos relacionados à ciência e tecnologia seria adotar a orientação CTSA que visasse à uma reconstrução social, buscando o comprometimento com a busca de uma sociedade mais justa e igualitária.

Pedretti (2003), em pesquisa realizada no Canadá com professores recém-formados ou em processo de formação, realizou uma série de entrevistas no intuito de elucidar suas concepções, primeiro sobre o que é o CTSA e, depois, sobre a possibilidade da adoção desse tipo de estratégia em sala de aula. Ela percebeu que as maiores dificuldades relatadas por esses professores para trabalhar com o CTSA em sala de aula faziam referência ao trabalho com tomada de decisões, com responsabilidade social, a busca pela promoção de ação responsável e crítica com relação à ciência e tecnologia, o trabalho com questões relativas à NdC e as questões referentes a como avaliar os alunos em um trabalho CTSA.

Esses professores, na grande maioria dos casos, não foram preparados durante sua formação inicial ou continuada para trabalhar com questões políticas, sociais e culturais que dizem respeito aos conceitos científicos que abordam. Sendo assim, mesmo que inicialmente se interessem pelo CTSA, quando se deparam com esse tipo de dificuldade, esses professores acabam optando por abrir mão da abordagem dos conteúdos sob um enfoque CTSA. Mesmo

essa pesquisa sendo realizada com professores apenas do Canadá, arriscamo-nos a sugerir que essa realidade pode ser expandida para o restante do mundo.

Para além dessas discussões, é interessante chamar atenção também para o fato de que existe hoje uma linha de pensamento que tem ocupado o espaço que era destinado ao CTSA na educação, que é o da abordagem de questões sociocientíficas (QSC) no Ensino de Ciências. Apesar de os estudos de QSC terem começado a ser desenvolvidos dentro da perspectiva do CTSA na educação, nos últimos anos eles começam a ser diferenciados, resultando no posicionamento de autores que defendem as QSC como um substituto para o CTSA. Por esse motivo, julgamos conveniente destinar nossa atenção ao assunto na próxima seção.

2.5. Questões Sociocientíficas (QSC)

As QSC surgiram dentro do espectro de estudos acerca de um Ensino de Ciências com enfoque CTSA. Um aspecto bastante importante a ser observado é que as iniciativas de se abordar o CTSA em sala de aula “[...] trazem ao contexto escolar diversas questões (ambientais, políticas, econômicas, sociais e culturais relacionadas à ciência e à tecnologia), geralmente denominadas questões sociocientíficas” (SILVA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2011, p. 324), as quais são introduzidas com o intuito de encorajar os alunos a trazerem para sala de aula a sua realidade social.

Nas palavras de Ratcliffe e Grace (2003, p. 1), “[...] consideramos como uma questão sociocientífica aquela que possui uma base científica e é potencialmente impactante na sociedade”. Para Zeidler e Keffer (2003, p. 8), “[...] questões sociocientíficas são relacionadas com a consideração de questões éticas e construção de julgamentos morais sobre tópicos científicos via interação social e discurso”, ideia essa que vai ao encontro do que é apresentado por Santos e Mortimer (2009, p. 192), para quem esse tipo de abordagem (das QSC) tem como um de seus pontos fortes a possibilidade de desenvolvimento da capacidade de argumentação dos alunos, além da compreensão da natureza do conhecimento científico.

Santos e Mortimer (2009) defendem a introdução de questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia em currículos com enfoque CTSA que visem à formação para cidadania por meio das QSC.

Para Levinson (2008), o trabalho com QSC pode estar, com frequência, incorporado nos currículos de ciência, já que:

O estudo de questões sociocientíficas (QSC) contemporâneas, tais como alimentos geneticamente modificados, a eficiência de terapias alternativas e ameaças globais de danos ambientais, está agora estabelecido no currículo de Ciências de escolas secundárias e primárias em muitos países industrializados (LEVINSON, 2008, p. 133).

E um benefício dessa abordagem em sala de aula é o fato de ela possibilitar o trabalho com as fronteiras da ciência, conhecimentos ainda não totalmente aceitos pela sociedade e relevantes por esse mesmo motivo (LEVINSON, 2008, p. 134).

Ainda segundo Ratcliffe e Grace (2003, p. 17), existem dois tipos básicos de QSC:

1 – Onde o benefício científico já é bem conhecido, e o que está em jogo são questões éticas, políticas, econômicas, etc. Caso das vacinas, experiências com células tronco, etc.

Aqui, as QSC são vistas como uma forma de apresentar o conhecimento escolar em ciência no contexto da aplicação no mundo real. Para esse caso o foco não está na evidência científica, mas sim em suas aplicações, e nas implicações que podem surgir dessa aplicação.

2 - Discussão social sobre a ‘ciência de fronteira’, aquela onde a evidência científica ainda não está bem definida. Caso do desenvolvimento de novas tecnologias, novas formas de energia, novos remédios, etc.

Aqui o foco do trabalho já se encontra na evidência científica, onde ainda não existam provas sobre os seus possíveis benefícios ou malefícios.

Para Zeidler *et al* (2005) as QSC são trabalhadas em sala de aula a partir de:

- Questões referentes à NdC;
- Questões referentes ao discurso e interação social em sala de aula;
- Questões culturais e;
- Estudos de caso;

Nesse sentido, a ideia de se trabalhar com as QSC em sala de aula também pode ser considerada como uma oportunidade para os alunos se familiarizarem com casos reais que lhes façam significado e estejam presentes em seu cotidiano, fazendo com que eles sejam incentivados a se posicionar e defender seu ponto de vista frente aos demais.

Ainda ressaltamos como objetivos da educação baseada nas discussões de QSC, a formação científico-tecnológica que permita aos sujeitos fazerem escolhas em suas vidas cotidianas, bem como se articular em esferas públicas de discussões que envolvam decisões sobre temas polêmicos de ciência e tecnologia, como consultas e debates públicos.

Mas, mesmo sendo essas características bastante próximas às apresentadas anteriormente para um Ensino de Ciências com enfoque CTSA, alguns autores defendem distinções entre essas duas abordagens.

É o caso de Zeidler *et al* (2005), que afirmam que:

Enquanto a educação CTS tipicamente chama atenção para os impactos de decisões em ciência e tecnologia na Sociedade, isso não implica em uma atenção explícita para as questões éticas envolvidas com as escolhas sobre os meios e fins, nem considera o desenvolvimento moral ou de caráter do estudante (ZEIDLER *et al*, 2005, p. 359).

Nesse sentido, os autores defendem que um dos problemas com uma educação CTSA é que ela só se preocupa com o impacto das decisões em ciência e tecnologia, deixando de lado características importantes como, por exemplo, as questões éticas envolvidas.

Para eles, “a abordagem das QSC representa uma forma de reconstrução e evolução do modelo CTS” que pode possibilitar ao ensino “um toque das filosofias pessoais e sistemas de crenças dos estudantes” (ZEIDLER *et al*, 2005, p. 371).

Zeidler *et al* (2005, p. 359) justificam a maior adequação das QSC em relação ao CTSA argumentando que o “problema com o currículo CTS é que muitas das questões em estudo [...] não são particularmente existentes ou relevantes para os estudantes, pois elas estão removidas de suas experiências pessoais diárias” (ZEIDLER *et al*, 2005, p. 359).

Educação CTS (A) tradicional [...] somente chama atenção para dilemas éticos ou controversos, mas não necessariamente explora o inerente poder pedagógico do discurso, da argumentação racional, considerações explícitas acerca de NdC, conexões emotivas, desenvolvimentistas, culturais ou epistemológicas com as próprias questões (ZEIDLER *et al*, 2005, p. 359).

Estes aspectos seriam os motivos pelos quais os enfoques CTSA teriam sido marginalizados nos últimos anos, tanto nos currículos como nas práticas docentes dos professores.

As QSC trabalham com questões éticas e julgamentos morais sobre tópicos científicos, via interação social e discurso. Elas englobam as características de uma educação com enfoque CTSA, mas, além disso, trazem também para o foco de discussão dimensões éticas da ciência, raciocínio moral e desenvolvimento emocional.

Assim, para esses autores, enquanto o CTSA é como um simples “contexto” para se aprender Ciências, as QSC exigem um envolvimento intelectual maior, como uma ferramenta pedagógica com objetivos definidos (SANTOS, 2011).

Nessa perspectiva, elaboramos o Quadro 4, com características que, segundo Ratcliffe e Grace (2003), fazem referência às QSC, e tentamos relacioná-las com o que consideramos como sendo existentes em um enfoque CTSA:

Características apresentadas por Ratcliffe e Grace (2003, p. 2 - 3) relacionadas às questões sociocientíficas	QSC	CTSA
- Possuem base científica, geralmente relacionada com as fronteiras do conhecimento científico	X	X
- Envolvidas com a formação de opiniões, e processos de tomada de decisões a nível tanto pessoal como social	X	X
- São frequentemente abordadas pela mídia, sofrendo influência sobre quem a comunica pretende abordá-la	X	
- Lida com informações muitas vezes incompletas devido aos conflitos/falta de completude da evidência científica	X	X
- Lida com questões de dimensões local, regional e global, influenciando inclusive quadros políticos e sociais	X	X
- Envolve análises de custo-benefício incluindo análises de riscos e valores	X	X
- Envolve considerações sobre sustentabilidade	X	X
- Envolve discussões sobre valores e ética	X	X
- Pode requerer algum conhecimento sobre probabilidade e risco	X	X
- Aborda tópicos que não são definitivos	X	X

Quadro 4: Características atribuídas às QSC e sua relação com o CTSA

Assim, em nossa interpretação, QSC e CTSA para educação possuem características muito próximas, o que não justificaria uma distinção tão acentuada entre elas.

Com as características apresentadas no Quadro 4, acreditamos poder afirmar que as QSC e uma educação com enfoque CTSA são objetos de estudo articulados, uma vez que ambas buscam trazer para a sala de aula problemas, muitas vezes de caráter controverso, relacionados à realidade dos alunos com o intuito de analisá-los sob a luz dos conhecimentos científicos envolvidos. Como vimos, as próprias características apresentadas por Ratcliffe e Grace (2003) para as QSC são em sua grande maioria também presentes no que esperamos

para uma educação CTSA. De modo geral, ambas buscam fazer com que os alunos sejam mais críticos com relação àquilo que lhes é apresentado pela sociedade, se tornando com isso cidadãos mais ativos e não meros espectadores na sociedade em que estão inseridos. E ainda,

[...] nossas pesquisas têm mostrado que a introdução de um tema que atenda à definição de sociocientífico [...], em associação com um material desenvolvido a partir de recursos compatíveis com esse tema e com o enfoque CTS, favorece o processo de construção do conhecimento pelo exercício da argumentação, levando-se em conta o potencial catalisador de discussão desses temas e subtemas [...] (BERNARDO; VIANNA; SILVA, 2011, p. 390).

O que nos parece mais correto seria a união dessas duas linhas de pensamento, já que as QSC e o CTSA possuem grande potencial para serem trabalhadas juntas.

Por isso, consideramos inadequado tratar de QSC excluindo daí seu caráter relacionado a uma educação CTSA, do mesmo modo que, ao trazermos o CTSA para sala de aula, esse deverá vir acompanhado de QSC que legitimem a realidade e participação dos alunos. Nesse sentido, por já apresentar uma metodologia implícita em seu desenvolvimento, as QSC se mostram como uma excelente ferramenta, não se reduzindo somente a isso, para o trabalho em sala de aula na perspectiva de uma educação CTSA.

Ainda que existam essas dificuldades, a sociedade como um todo progressivamente começa a dar sinais de reconhecimento acerca desses problemas, principalmente no que diz respeito à relevância de trazer cada vez mais as relações entre ciência e tecnologia para o debate político, atentando principalmente aos possíveis problemas para a sustentabilidade (SANTOS e ICHIKAWA, 2004; GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CERESO e LUJÁN LÓPEZ, 1996). Por mais que em países como Inglaterra, USA, França, Alemanha e Canadá essas iniciativas possuam maior tradição, já estejam mais fundamentadas e sua população já esteja mais familiarizada com seus mecanismos (IZQUIERDO, 2009), países como o Brasil começam a demonstrar interesse por esse tipo de atividade. Iniciativas como consultas públicas e a atenção a documentos oficiais de políticas de ciência e tecnologia já começam a ser notadas.

A resolução das insuficiências deve resultar na ampliação das oportunidades de busca por uma educação científica mais abrangente, por meio de, por exemplo, criação de práticas pedagógicas que associem conteúdos curriculares atualmente presentes no Ensino de Ciências às dinâmicas dos processos sociais de formulação de políticas de ciência e tecnologia (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Com essas ideias em mente, o principal dilema existente para a educação CTSA nos últimos 50 anos foca-se sobre como preparar e informar futuros cidadãos que sejam participativos e críticos e, ao mesmo tempo, formar futuros cientistas e engenheiros, que necessitam de uma formação científica mais aprofundada (AIKENHEAD, 2003, p. 11).

Por mais que existam autores que defendam que isso na realidade não se mostra um problema, uma vez que, segundo Solomon (1993, p. 37), “não existe absolutamente nenhum tipo de conflito entre ensinar conceitos científicos ortodoxos para uma melhor compreensão, e ensinar CTS”, esse ainda se mostra como o principal dilema quando trazemos à discussão a utilização de um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA. Fazendo coro ao posicionamento de Solomon (1993), aparece a ideia apresentada por Acevedo (2004, p. 9), onde a educação científica cidadã e democrática também seria útil para os especialistas, uma vez que, por mais que eles dominem os conteúdos e conceitos de sua área de especialidade, provavelmente o mesmo não se repetirá para as demais áreas da Ciência.

Uma defesa parecida também é apresentada por Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007), que dizem que “uma educação científica como a praticada até aqui, tanto no ensino secundário como na própria universidade, centrada quase exclusivamente nos aspectos conceituais, é igualmente criticável como preparação para futuros cientistas” (p. 145 – 146) assim como para futuros cidadãos.

Ainda podemos incluir nessa discussão a questão de que se não existe consenso em assuntos relacionados à ciência e tecnologia entre os próprios cientistas e especialistas, como esperar que os cidadãos ditos ‘comuns’ sejam suficientemente capacitados para se posicionar? Se levarmos em conta ainda que um enfoque CTSA possui um potencial maior para trabalho com estudos de caso e realidades locais do que para abordagens mais globais, mostra-se importante também trazermos para a discussão como “generalizar” esse tipo de enfoque para o ensino de Ciências como um todo, ou como conciliar uma educação de caráter mais local com uma educação de caráter mais global, com suas especificidades e demandas, além de objetivos e programas.

Nesse sentido, sugerimos a relevância de lidar, em sala de aula, com assuntos que, por sua própria novidade e subordinação a processos políticos de regulação em curso, ainda esperam por ser tratados mais adequadamente na esfera escolar, como, por exemplo, descarte de materiais radioativos, formas mais limpas de obtenção de energia, uso de novos materiais sobre os quais ainda não existe consenso acerca da sua nocividade à saúde humana, biotecnologia, desenvolvimento de novos medicamentos, pesquisas com células tronco, etc.

Nessa linha de confronto com o que ainda não é definitivo, pode-se buscar a formação cidadã crítica e democrática, já que se na escola o aluno adquirir o hábito de investigar as implicações das novidades científicas e de interesse geral, posicionando-se criticamente frente ao que lhe é apresentado, nas interações sociais extraescolares com as quais se deparará no futuro, ele terá mais chances de apresentar tal comportamento frente ao que lhe for apresentado enquanto cidadão participativo.

Entre as diversas temáticas de ciência e tecnologia presentes nos processos sociais de formulação de políticas públicas na atualidade, apontamos aqui um exemplo que tomamos como oportuno para o desenvolvimento de abordagens pedagógicas apropriadas ao enfoque CTSA de um conteúdo atualmente contemplado pelo currículo escolar das escolas paulistas de nível médio. Trata-se do tópico de produção e consumo de energia elétrica, que está incluído nos Cadernos do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) e do Professor (SÃO PAULO, 2009b) publicados pelo governo do Estado de São Paulo no ano de 2009 e que pode ser relacionado a uma dinâmica bastante atual dos processos de produção de políticas de ciência e tecnologia, consubstanciada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (BRASIL, 2011), posto em consulta pública através da internet pelo Ministério de Minas e Energia em junho de 2011 e aprovado pela Portaria n. 689, de 28 de dezembro de 2011.

As consultas públicas *online* são meios de construção compartilhada de diretrizes de políticas públicas e legislações. Um setor governamental submete uma versão inicial do texto sob consulta pela internet, e indivíduos e setores podem “se manifestar sobre cada aspecto proposto, indicar a necessidade de mudanças, justificar o porquê das sugestões, conhecer as contribuições de outros participantes, rever seus conceitos após descobrir as posições alheias”, etc. (ROTHBERG, 2010, p. 2).

As consultas públicas são uma inovação recente do processo político brasileiro, e nem sempre estão claros seus objetivos, públicos-alvo e resultados esperados (ROTHBERG, 2008). No entanto, elas indicam que o país, a exemplo da Europa e dos Estados Unidos, começa a reconhecer que as políticas públicas de diversas áreas, entre elas a ciência e a tecnologia, não podem prescindir da participação pública em sua formulação, se pretendem ser eficientes e eficazes. Se em muitos países a transparência e a participação na produção de políticas de ciência e tecnologia obedecem a um requisito legal (IRWIN, 2008), no Brasil já se identifica uma tendência recente de realização de consultas públicas de políticas da área. A educação científica não deveria ignorar esse quadro.

Nesse sentido, sugerimos que os processos formais de ensino de ciências podem ser enriquecidos através de práticas pedagógicas que, em busca de meios para tornar mais atraentes as situações de aprendizagem, façam correlações com os mecanismos democráticos disponíveis atualmente para socializar a decisão em torno de políticas públicas de ciência e tecnologia.

2.6. Políticas de ciência e tecnologia, PDE 2020 e CTSA

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (PDE 2020), elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em conjunto com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), delinea uma previsão de como se comportará a expansão da demanda e da oferta de energia no Brasil no período compreendido entre 2011 e 2020 (BRASIL, 2011c). Ele foi submetido à consulta pública pela internet entre junho e julho de 2011 e aprovado pela Portaria n. 689, de 28 de dezembro do mesmo ano.

O documento apresenta projeções de demanda em relação a vários aspectos. Entre os responsáveis pelo aumento da necessidade energética, estão o desenvolvimento socioeconômico do país, que acarretaria maior número de domicílios com energia elétrica, com bens de consumo, eletrodomésticos, etc., o desenvolvimento industrial e o aumento da frota de veículos automotores. O plano também propõe formas de atendimento ao aumento esperado de demanda, como a inclusão de novas geradoras de energia no quadro nacional, como a usina hidrelétrica de Belo Monte e o potencial projetado para o gás natural encontrado na camada do pré-sal, além da possibilidade de compra de energia excedente de novas usinas hidrelétricas internacionais em fase de instalação, melhoria da eficiência das geradoras já existentes, melhoria da eficiência e aumento das linhas de transmissão, inclusão de fontes renováveis, como a queima do bagaço da cana-de-açúcar em usinas que produzem açúcar e etanol, troca de equipamentos antigos por equipamentos mais novos e mais eficientes e aumento da tecnologia existente, o que consequentemente produzirá equipamentos mais econômicos.

Cabe ressaltar alguns pontos do documento, tanto negativos como positivos.

Como aspecto positivo, sua utilização em sala de aula possibilitaria o tratamento de assuntos controversos e que estiveram presentes no cenário construído pelo jornalismo industrial recentemente, como, por exemplo, a usina hidrelétrica de Belo Monte, que despertou controvérsia devido à área que deve ser alagada para sua instalação e ao consequente deslocamento populacional; a destinação dos resíduos nucleares produzidos pelas

usinas Angra 1 e 2, sua segurança e a possível instalação de Angra 3; e o potencial esperado do gás natural na exploração da camada do pré-sal.

Esse documento também possibilitaria uma abordagem interdisciplinar sobre os conteúdos que apresenta, como o que implica para o Brasil a compra de energia elétrica excedente de outros países, assunto que pode ser discutido tanto no quesito das relações sociopolíticas e econômicas envolvidas, quanto no potencial energético ocioso no território nacional e que deixa de ser aproveitado pelo Brasil, e a eficiência do gás natural com relação a outras fontes, como ele é formado, se é mais poluente que combustíveis renováveis, etc. Esse tipo de abordagem interdisciplinar também possui forte relação com as características julgadas como benéficas possibilitadas através de uma abordagem CTSA (IRWIN, 2008; VACCAREZZA, 2004).

Como aspecto negativo, há no PDE 2020 uma forte propagação da imagem salvacionista de ciência e tecnologia. O papel da sociedade como um todo no processo de economia e produção de energia é obscurecido pelos avanços esperados da ciência e tecnologia, afastando assim essa ciência e tecnologia das suas relações com a sociedade. Em nenhum momento demonstra-se preocupação sobre como a população deve se comportar com relação a esse desenvolvimento científico-tecnológico, e do seu possível papel com relação à futura demanda energética que se apresentará no país. O aspecto social dessa demanda energética é deixado de lado.

De acordo com o currículo do Estado de São Paulo, no que diz respeito às ciências da natureza e suas tecnologias, os temas relacionados à energia e seus possíveis usos devem ser trabalhos na segunda série do ensino médio, no primeiro e segundo bimestres, sendo que o Tema “Entropia e Degradação de Energia” é classificado como específico do segundo bimestre como conteúdo curricular da grade de Física (SÃO PAULO, 2010). Esse tipo de material didático, que possui um elevado grau de detalhamento e especificação e com isso busca direcionar a prática docente, com frequência tende a buscar a aproximação entre o que é tratado nessa sala de aula e o cotidiano dos alunos, com uma abordagem diferenciada, baseada em atividades a serem executadas dentro ou fora da sala de aula, que não se esgota na mera transmissão de conceitos (SOUZA, 2006). Durante as atividades previstas, os alunos devem ter contato com conceitos básicos relacionados ao princípio de conservação da energia, fontes de energia tradicionais e alternativas, transformações energéticas, noções básicas de termodinâmica, como esses conteúdos estão presentes no cotidiano e afetam a sociedade.

Podemos sugerir que estes aspectos compõem um contexto adequado ao aprofundamento sob o enfoque CTSA, que avance no sentido de incluir temas atuais a fim de contribuir para o desenvolvimento de competências de leitura crítica da realidade contemporânea. Conteúdos relacionados ao funcionamento de uma usina hidrelétrica, por exemplo, podem ser complementados com análises da eficiência de produção de energia por essa via e de sua distribuição, dos custos envolvidos na sua instalação e sua comparação com investimentos necessários às reformas das usinas já existentes para se chegar a um aumento na produção de energia equivalente ao que será produzido por Belo Monte. As abordagens em sala de aula em sintonia com as demandas por conhecimento trazidas pela consulta pública do PDE 2020 envolveriam também análises da possibilidade de que fontes mais limpas e menos impactantes possam ser desenvolvidas no país, como solar, eólica, de biomassa, de marés etc., e comparações entre a matriz energética nacional e a de países como EUA, Inglaterra, Alemanha, França e Japão, nos aspectos de eficiência, grau de periculosidade, custo da produção e tecnologias envolvidas.

A referência em sala de aula aos processos de formulação de políticas públicas de ciência e tecnologia, dos quais o PDE 2020 é um importante exemplo na atualidade, também possibilitaria a aproximação do ensino ao que é preconizado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional em seu artigo 36º, segundo o qual “o currículo do ensino médio [...] destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência (*e*) o processo histórico de transformação da sociedade” (BRASIL, 1996), e pelas orientações curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), segundo as quais o enfoque CTSA “possibilita a discussão da relação entre os polos que a sigla designa a relevância de aspectos tecnocientíficos em acontecimentos sociais significativos” e “envolve ainda reflexões no campo econômico e sua articulação com o desenvolvimento tecnológico e científico”.

Por esses motivos consideramos o PDE 2020 como uma possível ferramenta pedagógica que auxilie na busca por um ensino de Ciências com um enfoque CTSA, possibilitando a aproximação da sala de aula ao cotidiano dos alunos de maneira crítica, buscando com que esse aluno se posicione perante assuntos que envolvam ciência e tecnologia e que sejam relevantes para sua realidade.

Sugerimos também nessa perspectiva a possibilidade de utilização de uma forma resumida desse documento elaborada pelo próprio Ministério de Minas e Energia (MME) em conjunto com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Trata-se do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 - Sumário (BRASIL, 2011b), que consiste em uma forma

resumida do PDE 2020 que visa apresentar mais rápida e sucintamente as principais informações contidas no documento. Incentivamos a adoção desse sumário uma vez que ele apresenta-se em uma linguagem mais simples e menos técnica que o próprio PDE 2020, além de ser mais sucinto e direto, sem que com isso exista perda de qualidade ou confiabilidade nas informações que apresenta. Acreditamos que esse sumário se mostraria como uma leitura e fonte de pesquisa mais ‘agradável’ aos alunos do que o próprio PDE 2020.

3. METODOLOGIA

A metodologia que foi empregada na realização desse trabalho consistiu primeiramente em uma pesquisa bibliográfica acerca das concepções que estão relacionadas com o que consideramos como sendo um Ensino de Ciências com enfoque CTSA. Essa etapa se mostra de extrema importância uma vez que, segundo Triviños (1987, p. 99), “a revisão da literatura lhe permitirá (*ao pesquisador*) familiarizar-se, em profundidade, com o assunto que lhe interessa”, e também (p. 104), “não é possível interpretar, explicar e compreender a realidade sem um referencial teórico”. Sendo assim, é através dessa pesquisa bibliográfica que buscamos aportes teóricos que sustentaram nossas ações.

Após essa primeira etapa, realizamos a análise do conteúdo das Situações de Aprendizagem referentes ao Tema ‘Entropia e Degradação da Energia’ presente nos Cadernos do Professor e do Aluno para o Ensino de Física, parte integrante da Proposta Curricular do Ensino Médio do Estado de São Paulo, 2ª série, volume 2, 2009, buscando identificar nesses materiais possíveis relações estabelecidas entre o tema e as concepções teóricas elencadas da literatura especializada.

Como sequência para o trabalho, elaboramos indicações ao aperfeiçoamento das Situações de Aprendizagem sobre o Tema “Entropia e Degradação da Energia”, buscando sua adequação a uma educação científica condizente com o enfoque CTSA e tendo como referência o PDE 2020, considerado como uma oportunidade de formulação compartilhada de políticas de ciência e tecnologia ligadas ao tema em questão.

Por fim, realizaremos uma atividade com professores da rede pública estadual, que tiveram contato prévio com as indicações que produzimos para o trabalho com o Tema “Entropia e Degradação da Energia” e foram convidados a opinar sobre a viabilidade de sua aplicação efetiva em sala de aula. A técnica que foi empregada nesta atividade foi a de grupo focal, que nos permitiu, a partir da discussão ativa com sujeitos que possuíam vivências e experiências com o ensino de física no nível médio, obter subsídios para avaliar a adequação das indicações que produzimos. O grupo focal permite emergir “uma multiplicidade de pontos de vista” (GATTI, 2005, p. 9) a partir de um grupo de pessoas que possuem alguns traços comuns de vivência e aproximação com o tema discutido, não sendo direcionado pelo pesquisador, buscando assim um retrato mais real de determinada situação.

Os depoimentos dos participantes do grupo focal foram registrados e estudados a partir da técnica de análise de conteúdo, que nos permitiu buscar o real significado pretendido pelos emissores e realizar inferências sobre sentidos implícitos em suas falas (FANCO, 2007).

Com a realização dessas etapas e atividades pretendíamos verificar a possibilidade de aproximação entre as sugestões que propusemos para o material didático utilizado na rede de ensino médio público do estado de São Paulo com a prática docente dos professores que o utilizam.

Apresentaremos agora um pouco mais acerca dessas duas principais metodologias utilizadas, o grupo focal e a análise de conteúdo.

3.1. Grupo Focal

“No âmbito das abordagens qualitativas em pesquisa social o grupo focal vem sendo cada vez mais utilizado” (GATTI, 2005, p. 7). Ele se baseia em um trabalho com um grupo de participantes pré-selecionados que possuam algumas características, desejadas pelo pesquisador, em comum, além de também possuir algum tipo de vivência com o tema a ser discutido. Por mais que busquemos essa homogeneidade entre os participantes, deve existir suficiente variação para que apareçam opiniões diferentes ou divergentes, com o objetivo de enriquecer as discussões que ali surgirem.

Podemos relacionar o que autores como Gatti (2005) apresentam como sendo características referentes ao grupo focal com o que autores como Triviños (1987) apresentam como sendo características relacionadas a entrevistas semiestruturadas, já que para ambos os casos, a presença do pesquisador/investigador é valorizada, e se busca um ambiente onde o(s) informante(s) alcance(m) a liberdade e a espontaneidade necessárias para que a coleta de dados se torne mais rica.

A utilização do grupo focal como instrumento de coleta de dados para investigação em pesquisas qualitativas deve ser integrada ao corpo geral da pesquisa (GATTI, 2005, p. 8). No grupo deve ser estimulada a participação de todos os integrantes, com a menor participação possível do moderador desse grupo, que geralmente se apresenta como sendo o pesquisador/investigador. Se isso for alcançado, a realização desse grupo permite “emergir uma multiplicidade de pontos de vista” (GATTI, 2005, p. 9), fato dificilmente alcançado com outros métodos de coleta de dados, tais como observações ou entrevistas fechadas. Com relação à utilização de questionários, o grupo focal, ao propiciar a exposição ampla de ideias e

perspectivas, além do confronto dessas com as expostas pelos outros participantes, permite trazer à tona respostas mais completas.

Os participantes devem sentir-se suficientemente confortáveis durante o grupo para explicitar pontos de vista, fazer análises, comentários e críticas, além disso, podem utilizar as discussões que ali surgirem para a abertura de novas perspectivas diante da problemática que lhes foi apresentada.

Para a realização do grupo focal, o “problema precisa estar claramente exposto, e a questão ou questões a serem levadas ao grupo para discussão que dele decorrem” (GATTI, 2005, p. 17). Não se deve discutir um objetivo implícito pretendido pelo moderador, os participantes precisam estar cientes daquilo que debatem.

O número de participantes não deve ser nem demasiado grande, e nem demasiado pequeno, “ficando sua dimensão preferivelmente entre seis a doze pessoas” (GATTI, 2005, p. 22). Grupos maiores podem limitar a participação de todos os integrantes, e menores podem comprometer a qualidade das discussões surgidas.

Em geral, o tempo de realização do grupo é flexível, mas como argumenta Triviños (1987, p. 147), para uma entrevista semiestruturada “nossa experiência nos indica que uma entrevista que se prolongue muito além de trinta minutos se torna repetitiva e se empobrece consideravelmente”, consideramos que o prolongamento demasiado do grupo focal pode causar o mesmo problema, sendo assim, pelo maior número de participantes, consideramos que a duração de 45 a 60 minutos seria um tempo suficiente e produtivo para a realização da atividade do grupo focal.

O local de realização do grupo focal deve favorecer a interação entre os participantes, eles devem ser postos face a face para que sua interlocução seja direta. É interessante que se busque formas de registro da realização desse grupo, tais como gravações em áudio, vídeo, ou anotações diretas, a fim de que se minimizem as perdas de dados e a análise posterior seja mais rica.

Uma preocupação que tem surgido com relação à utilização do grupo focal é que, “com a expansão do seu uso, vêm se encontrando relatos de trabalhos com grupos focais que não correspondem a alguns dos requisitos básicos do emprego dessa técnica”, culminando em “entrevistas coletivas altamente dirigidas” (GATTI, 2005, p. 67).

Por esse motivo deve estar clara para o pesquisador a possibilidade de que, durante a realização do grupo, surjam assuntos e discussões que não estavam previstas no planejamento

inicial, devido à multiplicidade de pontos de vista que estão envolvidos nesse tipo de atividade.

Vale ressaltar também que, além de se caracterizar como uma boa ferramenta para coleta de dados, o grupo focal também pode trazer benefícios para os seus participantes, uma vez que possibilita a “oportunidade de ampliar suas perspectivas em contato com pessoas que não são de seu círculo mais próximo de relações, de se envolver em processos de decisão, de se inteirar de informações, de interagir com pesquisadores na condição de *experts*, etc.” (GATTI, 2005, p. 69).

3.2. Análise de Conteúdo

A análise de conteúdo possui uma história bastante longa, “pode-se dizer que ela nasceu quando os primeiros homens realizaram as primeiras tentativas para interpretar os livros sagrados” (TRIVIÑOS, 1987, p. 159).

Depois disso, muitos foram os esforços para a sistematização dos métodos de análise de mensagens, fossem elas verbais ou gestuais. O emprego da análise de conteúdo se mostra interessante uma vez que ele permite o estudo das “motivações, atitudes, valores, crenças e tendências” (BARDIN, 1977, p. 17), que a primeira vista não estão explícitas na comunicação dos indivíduos.

São perfeitamente possíveis e necessários o conhecimento e a utilização do método da análise de conteúdo enquanto ferramenta de apoio à pesquisa qualitativa, “numa abordagem metodologicamente apoiada numa concepção de ciência que reconhece o papel ativo do sujeito na produção do conhecimento” (FRANCO, 2007, p. 10).

O ponto de partida da análise de conteúdo é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, documental, etc. Essa mensagem expressa um significado e um sentido, que podem ser trazidos à luz através da utilização da análise de conteúdo.

Concordando com Triviños (1987, p. 160), “nossa intenção é usar o método de análise de conteúdo nas mensagens escritas (*transcrições dos grupos focais*), porque estas são mais estáveis e constituem um material objetivo ao qual podemos voltar todas as vezes que desejarmos”.

Bardin argumenta que:

A análise de conteúdo pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens [...] A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores quantitativos ou não (BARDIN, 1977, p. 38).

Com relação a essa colocação de Bardin, Franco (2007, p. 24) diz que, à clássica formulação de ‘quem diz o que, a quem, como e com que efeito?’, deve ser acrescentada mais uma questão, ‘por quê?’. Sendo assim, busca-se inferir as condições que culminaram na emissão da mensagem além das motivações e ideias implícitas nessa emissão.

Nesse sentido, para que essa inferência seja proveitosa, é preciso que quem a realize domine os conceitos básicos das teorias envolvidas em sua produção (TRIVIÑOS, 1987, p. 160).

Bardin (1977) assinala três etapas básicas para o trabalho com a análise de conteúdo: a pré-análise, a descrição analítica e a interpretação inferencial.

A pré-análise é, basicamente, a organização do material. Corresponde a um conjunto de buscas iniciais que tem por objetivo sistematizar os conteúdos a serem trabalhados. Essa primeira fase possui, geralmente, três incumbências: escolha dos documentos a serem analisados, formulação de hipóteses ou objetivos e elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final (FRANCO, 2007, p. 51).

A descrição analítica se caracteriza por submeter o *corpus* de pesquisa a um estudo aprofundado, orientado em princípio pelas hipóteses presentes no referencial teórico envolvido (TRIVIÑOS, 1987, p. 161). Nessa fase ocorrem a codificação, classificação e categorização das informações contidas no *corpus* da pesquisa (BARDIN, 1977, p. 65).

A interpretação inferencial é a fase de análise do material produzido. É aqui que se estabelecem as relações entre o material produzido e os sentidos que dele são extraídos, à luz do referencial teórico utilizado.

Com a utilização dessa técnica de análise esperamos conseguir realizar um estudo suficientemente esclarecedor acerca das manifestações produzidas pelos professores durante a realização dos grupos focais.

4. AS CONCEPÇÕES DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO MATERIAL DIDÁTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Como ponto de partida para a caracterização das concepções de educação científica presentes no material didático distribuído e utilizado no estado de São Paulo escolhemos abordar o Tema 3 “Entropia e degradação de energia”, que engloba as Situações de Aprendizagem 7 – “Uma pergunta intrigante: Por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?” e 8 – “O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na Terra” presentes nos Cadernos do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) e do Professor (SÃO PAULO, 2009b) destinados à 2ª Série do Ensino Médio, volume 2. Escolhemos essas atividades em específico por acreditarmos que elas possuem considerável potencial para serem trabalhadas sob um enfoque CTSA.

Na introdução ao Tema 3 – Entropia e Degradação de Energia destaca-se como a necessidade de energia elétrica está fortemente presente no cotidiano, e como estamos cada vez mais dependentes desse tipo de energia.

Segundo o material, essa preocupação está também cada vez mais presente em programas de TV, rádio, jornais e revistas, além de também se mostrar como um assunto de cunho político, já que “esse consumo de energia tem se tornado motivo de preocupação por parte dos governos em todo o mundo, pois o desenvolvimento econômico está diretamente relacionado com o aumento do consumo de energia” (SÃO PAULO, 2009a, p. 44).

Por esses motivos é justificada, nos Cadernos do Aluno, a necessidade de ampliação da matriz energética para incluir outras formas de geração de energia e a busca de novas formas de energia renovável que garantam o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade da vida no planeta.

Apesar de possuir um grande número de informações que por si só já suscitariam diversas discussões bastante interessantes sobre os conteúdos presentes, a introdução ao Tema 3 serve apenas como uma forma de apresentar aos alunos o assunto que será discutido dentro das próximas situações de aprendizagem. Ou seja, mesmo possuindo potencial para incentivar maiores discussões que englobariam assuntos mais amplos, o objetivo dessa introdução não compartilha desse potencial, uma vez que ela se limita a apresentar aos alunos os conteúdos que serão abordados pelas situações de aprendizagem seguintes.

Segundo o Caderno do Professor,

[...] é fundamental que se discuta na educação básica o papel das fontes de energia. Ter conhecimento mínimo sobre a matriz energética do país, reconhecendo suas fontes em termos de renovação ou não da energia, é importante para a formação de um cidadão autônomo e capaz de agir no mundo em que vive (SÃO PAULO, 2009b, p. 49).

Nessa perspectiva, o contato com os assuntos abordados por essas situações de aprendizagem também permitiria o trabalho com o ciclo de energia na Terra, relacionando-o com a produção, a transformação, o consumo e as leis da termodinâmica que regulam esses processos (SÃO PAULO, 2009b, p. 49).

4.1. Situação de Aprendizagem 7 – “Uma pergunta intrigante: por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?”

Os itens constituintes da Situação de Aprendizagem 7 são apresentados na reprodução exibida na Figura 1.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: fontes e transformações de energia; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; ler e interpretar gráficos e tabelas; redigir texto informativo e sugestivo sobre economia de energia usando conceitos físicos.

Estratégias: realização de uma pesquisa para tentar responder a um aparente paradoxo; elaboração de um pequeno texto que simule a resposta a um leitor de revista de divulgação científica.

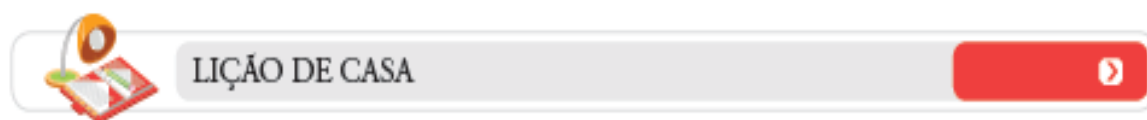
Recursos: roteiro da atividade 7; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do texto respondendo para um "leigo" a pergunta contida no roteiro.

Figura 1: Reprodução da apresentação dos itens da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

As características da Situação de Aprendizagem 7, segundo a Figura 1, não especificam suas finalidades. Como os itens são bastante genéricos (realizar pesquisas, interpretar gráficos e tabelas, redigir textos, avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos, etc.), adotar determinadas finalidades, com a possível exclusão de outras, dependeria de como o professor optar por abordar o conteúdo. O material, em si mesmo, é insuficiente para especificar objetivos que espera para o Ensino de Ciências.

O assunto abordado nessa situação de aprendizagem, teoricamente, não seria totalmente novo para os alunos, uma vez que a ‘Lição de Casa’ da situação de aprendizagem anterior já fazia referência a esse assunto, conforme apresentado na reprodução exibida na Figura 2.



Para a próxima aula você deverá fazer uma pesquisa. Assim, leia a Situação de Aprendizagem 7 e procure responder à seguinte questão: Por que temos de economizar energia, já que a Física diz que ela não se perde?

Figura 2: Reprodução da atividade “Lição de Casa” da Situação de Aprendizagem 6 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

A questão presente no título dessa situação de aprendizagem deve ser utilizada como motivação para o início das discussões, uma vez que “[...] é bastante complicado elaborar atividades que abordem esse conceito (*entropia*) com o aprofundamento adequado para o Ensino Médio” (SÃO PAULO, 2009b, p. 50).

Após essa discussão inicial deve ser apresentada uma pequena introdução que direciona o andamento das atividades seguintes conforme apresentado na reprodução exibida na Figura 3:

Roteiro 7

Com os nossos estudos, foi possível perceber o quanto vivemos cercados de processos que envolvem transformação de energia. Vimos que usamos a energia proveniente do Sol, quando, por exemplo, nos alimentamos e utilizamos a energia armazenada nas plantas pela fotossíntese. Da mesma forma, vimos que a queima do gás butano (gás de cozinha) transforma energia química em energia térmica ao utilizarmos o fogão no momento de cozinhar os alimentos. Sabemos que a energia armazenada nos combustíveis é utilizada nos diversos meios de transporte, transformando-se em energia cinética, e por aí vai...

Nas mais variadas situações, sabemos que a energia se transforma. Contudo, no total, a energia se conserva. O princípio da conservação da energia é um dos mais fundamentais da natureza.

Mas, pensando nisso, surge um pequeno problema: frequentemente a mídia discute sobre crise energética, excesso no consumo de energia e necessidade de racionalização de seu uso. Ora, se a

energia se conserva, significa que ela não se perde. Assim, por que se fala em crise de energia? Por que se preocupar com seu consumo? A energia pode acabar?

Você pode responder a essas perguntas a partir dos conceitos da termodinâmica. Para isso, use os meios indicados pelo seu professor (livros didáticos, textos extraídos de *sites*, jornais ou revistas de divulgação científica, dentre outros).

Depois das consultas, discussões, conclusão do grupo e das exposições do professor sobre a degradação da energia do crescimento da entropia, redija um pequeno texto dirigido a um leitor de uma revista de divulgação que tenha enviado a questão para a revista, justificando por que é necessário economizar energia, mesmo ela sendo algo "que se conserva". Escolha um título que considere sugestivo e que leve o leitor a se interessar pelo seu texto.

Figura 3: Reprodução da introdução e primeira atividade da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Nessa introdução, é apresentado aos alunos um pouco mais sobre o tema a ser trabalhado, o porquê de se falar tanto em economia de energia sendo que, segundo a Física, energia não se cria e nem se perde, mas apenas se transforma, recordando e tentando fazer relações com os temas anteriormente estudados. Aparentemente, essa introdução se mostra bastante breve, pois a maioria das questões apresentadas referentes a formas de transformações energéticas já foram anteriormente trabalhadas no decorrer do mesmo material, ou seja, nos Cadernos do Aluno (SÃO PAULO, 2009a).

O assunto novo que aparece nessa introdução faz referência à Entropia e à Segunda Lei da Termodinâmica. O intuito é relacionar a resposta que o aluno, enquanto correspondente dessa suposta revista de divulgação, deveria dar ao leitor e a Segunda Lei da Termodinâmica e, conseqüentemente, com o conceito de Entropia. Os alunos devem perceber o que foi

estudado no tema anterior, ou seja, parte da energia utilizada para realizar um trabalho sempre é transformada em calor. Dessa forma, a parcela de energia transformada em calor é “perdida”, no sentido de que não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho.

A produção desse texto, segundo o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) é a principal atividade dessa situação de aprendizagem, já que para realizá-la ele deveria ser capaz de, ao se familiarizar com os conceitos relacionados à Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica, elaborar esse texto de forma que esses conceitos sejam de possível compreensão por pessoas leigas com relação a esse conhecimento, o que exigiria do aluno considerável grau de domínio sobre o assunto, demonstrando com isso seu aprendizado.

Apesar de ser a primeira atividade a ser apresentada, ela deve ser finalizada somente após a realização das demais atividades presentes na situação de aprendizagem em questão.

Para dar sequência ao trabalho é apresentado o seguinte texto, reproduzido na Figura 4, para leitura e interpretação pelos alunos.



APRENDENDO A APRENDER

O tempo todo ao nosso redor os sistemas estão transformando energia. E, nessas transformações, o calor, em maior ou menor quantidade, está sempre presente.

Na cozinha da sua casa a queima do gás (butano) transforma energia química em energia térmica utilizada para cozinhar os alimentos que, por sua vez, funcionam como combustível do nosso corpo.

O compressor da sua geladeira faz o trabalho de comprimir o gás refrigerante que se condensa e vaporiza, retirando, nessas transformações, o calor do interior da geladeira e liberando-o para o exterior. Nos motores a combustão, há transformação da energia química do combustível em energia cinética para o movimento dos carros. A energia que aquece a água e o vapor das usinas termelétricas também provém da queima do combustível.

No estudo que realizamos das máquinas térmicas, como a turbina a vapor, o motor a combustão e a geladeira, vimos que é possível calcular o trabalho produzido a partir de uma quantidade de calor fornecida: $Q = \Delta U + W$. Em todos esses processos, a energia total do sistema é conservada. Entretanto, uma parte dessa energia é transformada em calor e não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho. Não conseguimos, por exemplo, mover um carro sem que seu motor esquente. Por isso a necessidade de injetar mais combustível para que um novo ciclo se inicie.

Para que o ciclo se reinicie, por exemplo, em uma hidrelétrica, a energia potencial da queda-d'água só estará novamente disponível se houver evaporação da água e se o vapor-d'água se condensar, ocorrendo a chuva, responsável pela reposição de água nos reservatórios da usina.

O fato de que uma parte da energia é sempre degradada leva-nos a perceber que os fenômenos reais são irreversíveis, isto é, não se pode reverter um processo, pois não se consegue evitar as perdas de calor pelo contato entre os corpos quentes e frios. Com isso, apenas sistemas ideais são considerados reversíveis.

Figura 4: Reprodução da segunda atividade presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Esse texto possui como objetivo lembrar os alunos acerca do fato, já estudado anteriormente, de que em todos os tipos de motores, sejam eles à combustão, elétrico, mecânico etc., sempre uma parte da energia envolvida em seu funcionamento é ‘perdida’ na forma de calor. Após a apresentação desse texto para leitura e interpretação pelos alunos, lhes é apresentada a seguinte questão, reproduzida na Figura 5, referente ainda ao texto da Figura 4.

Há um ditado popular que diz: “Águas passadas não movem moinhos”. A partir desse ditado popular, relacione o calor produzido pelo movimento de um motor a combustão e a possibilidade de sua reutilização.

Figura 5: Reprodução de questão proposta na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

O que se espera de resposta do aluno para essa questão é que ele consiga relacionar o aquecimento de um motor com sua respectiva degradação, e não perda, de energia, trazendo para discussão também o fato de ser fisicamente impossível a existência de um moto-perpétuo.

Para o texto da Figura 4 é buscado pelo material certa contextualização do assunto com o cotidiano dos alunos, mas essa tentativa pode se mostrar pouco efetiva já que apenas são citados exemplos de eventos que envolvem certos tipos de transformações energéticas. Esses eventos estão presentes no cotidiano da maioria dos alunos, mas devido à forma breve como são apresentados podem acabar induzindo esses alunos a simplificações demasiadas e indesejadas fazendo com que eles construam conhecimentos que não necessariamente estejam corretos.

E, como atividade seguinte dessa situação de aprendizagem, é apresentado o seguinte texto conforme reprodução na Figura 6.



Entropia: medida da desordem do Universo

Estevam Rominol

O conceito de entropia está diretamente ligado à ideia de degradação da energia, ou seja, da perda da capacidade de sua reutilização. Assim, ao transformar energia de uma forma em outra, utilizando máquinas, sempre contribuímos para aumentar a energia desordenada (calor) do meio ambiente. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a entropia sempre aumenta.

Ordem e desordem do Universo

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos está disposta de forma regular e previsível. É o caso, por exemplo, dos azulejos de uma parede. O tempo passa e eles estão sempre ali, no mesmo lugar. Você pode verificar como eles estão dispostos na parede e contá-los, que todos os dias eles vão estar lá, do mesmo jeito, ou seja, você é capaz de prever como eles vão estar no dia seguinte ou daqui a um mês. Dizemos, nessa situação, que o sistema está ordenado.

Já um sistema fisicamente desordenado é aquele no qual os objetos estão dispostos de forma irregular, como, por exemplo, um amontoado de tijolos em um canto esperando para serem colocados na parede. Nesse caso, os tijolos que estão amontoados agora podem escorregar, cair e quebrar a qualquer momento ou simplesmente serem colocados enfileirados formando o muro.

O segundo princípio da termodinâmica e suas faces

Todas as transformações que ocorrem na natureza, sejam elas do tipo mecânico, elétrico, químico ou biológico, acontecem respeitando os dois princípios da termodinâmica que já abordamos.

O primeiro princípio é o da conservação da energia, que diz que a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída. Se a energia que se apresentava sob uma forma tiver desaparecido, a mesma quantidade de energia, sob alguma outra forma, terá de surgir em algum lugar.

Apesar de ser o princípio mais conhecido e mais utilizado, se for considerado isoladamente, poderia sugerir a possibilidade ilimitada de utilização dos recursos energéticos do nosso planeta, pois deixa aberta a possibilidade de que existam processos que possam converter continuamente e totalmente o trabalho em calor e vice-versa. Ele não define um sentido preferencial para a conversão da energia.

O segundo princípio estabelece os limites naturais da possibilidade de se converter calor em trabalho. Eles podem ser enunciados da seguinte forma:

“É impossível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho.”

“O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente.”

“Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo.”

No fim, todos esses enunciados tratam da mesma coisa: as restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e utilizados para realizar trabalho.

As leis da termodinâmica, associadas com os princípios de conservação da mecânica, ampliam nossa capacidade de compreensão dos processos físicos como a manutenção da vida no planeta, bem como o da intervenção humana nos processos naturais.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Figura 6: Reprodução da terceira atividade presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

O texto apresentado na Figura 6 tem a finalidade de apresentar, ainda que brevemente, alguns dos possíveis enunciados da Segunda Lei da Termodinâmica:

“Não é possível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho”.

“O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente”.

“Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo”.

Apesar da quantidade e da complexidade desses enunciados, eles apenas são apresentados pelo texto da Figura 6, ficando a cargo do professor uma melhor explicação acerca das nuances e das congruências envolvidas em seu estudo. Mesmo assim esse texto possui uma iniciativa bastante interessante, que é a tentativa de relacionar conceitos bastante abstratos com questões supostamente relevantes para os alunos, como a intervenção humana nos processos naturais, e a manutenção da vida na Terra. Mas, novamente, a abordagem é bastante sintética nessas aproximações, ficando novamente a cargo do professor um maior aprofundamento nas explicitações desses conceitos. Vale ressaltar também que maior atenção é dada aos enunciados da Segunda Lei da Termodinâmica, e que essas possíveis relações que apontamos são apenas mencionadas ao final do texto e assim podem não receber a devida atenção dos professores, fazendo com que eles se foquem apenas nas questões conceituais referentes à Entropia.

Isso nos sugere que, apesar de o material buscar essa aproximação entre os conceitos que estão sendo estudados e questões relevantes para a ação social, o desenvolvimento de relações relevantes entre conhecimento teórico sobre a Física e sua relevância para a ação social crítica em uma democracia se mostra como objetivo secundário para a atividade, uma vez que o principal objetivo se mostra sendo caracterizado como um ensino focado na

transmissão de conceitos desvinculados dos contextos objetivos de sustentabilidade e cidadania presentes na realidade dos alunos em que podem ser compreendidos.

Aqui se mostra importante delinear o que estamos considerando quando nos referimos à realidade dos alunos. Nessa colocação estamos levando em conta tanto aspectos sociais, econômicos e políticos mais amplos presentes na realidade dos alunos, como por exemplo, políticas de governo como o PDE 2020 ou então a inauguração do LHC (*Large Hadrons Colider*) na Europa, que se mostrou como um acontecimento científico mundial para a época, e que tem o seu funcionamento até hoje constantemente sendo noticiado pela mídia, como também aspectos mais ‘locais’ como uma matéria que apareceu na televisão em um jornal regional, o problema com o lixo da cidade na destinação de resíduos e as pessoas que dele são dependentes para conseguir o seu sustento, ou mesmo o desperdício de água existente em uma torneira pingando em sua residência e o impacto que isso pode representar em larga escala para o ambiente.

Após a leitura e interpretação do texto apresentado na Figura 6, são colocadas as seguintes questões a serem respondidas pelos alunos (SÃO PAULO, 2009a, p. 48 – 49):

1. Como a segunda lei da termodinâmica se relaciona com o sentido de fluxo de calor? Explique
2. Dê um exemplo diferente dos que foram tratados em aula entre energia organizada e energia desorganizada.
3. Dentre os fenômenos a seguir, qual é reversível e qual é irreversível? Justifique.
 1. A quebra de uma garrafa vazia
 2. A mistura de um coquetel
 3. O derreter de um cubo de gelo em um copo de refrigerante
 4. A queima de um pedaço de lenha
 5. A perfuração de um pneu
 6. O derreter de um cubo de gelo
4. Qual a relação entre a primeira e a segunda lei da termodinâmica?

As questões apresentadas acima são de cunho conceitual, com níveis de dificuldade bastante interessante, desde mais simples como a 3 e a 4, com respostas diretas, até questões que envolvem um raciocínio mais aprofundado por parte dos alunos, como é o caso da 1 e 2. Apesar de serem interessantes, já que englobam grande variedade de conhecimentos conceituais em níveis de dificuldade variados, elas não exploram a possibilidade que surgiu no texto da Figura 6 de relacionar esses conhecimentos teóricos com aspectos relevantes para a promoção da cidadania.

Para finalizar essa situação de aprendizagem, os alunos deveriam elaborar o texto proposto na Figura 3. Apesar do enfoque conceitual presente nas outras atividades, percebemos aqui que existe uma lacuna na orientação ao professor. Foi sugerido que ele se valesse de outros materiais para o desenvolvimento da situação, como *sites*, textos de revistas e livros didáticos, mas, além disso, poderiam existir informações e propostas de atividades que contemplassem relações com a prática democrática das decisões referentes ao uso de ciência e tecnologia para a produção de energia. Na elaboração do texto resultante dessa atividade, poderiam ser desenvolvidas relações entre o conhecimento apresentado e suas implicações em sua realidade.

Essa atividade apresenta tal potencial uma vez que, para realizá-la, os alunos precisam, além de compreender os conceitos apresentados pelo professor, conseguir representá-los de maneira que um leigo poderia entendê-los, e para isso, acreditamos que eles precisariam de uma maior compreensão desses conhecimentos, para além de um ‘simples’ conhecimento conceitual teórico acerca da Segunda Lei da Termodinâmica desvinculado de suas realidades.

Mas percebemos pelo que foi apresentado pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b, p. 51 – 53) que o principal objetivo para essa atividade consiste também em um enfoque conceitual desvinculado da realidade dos alunos. Aparentemente, o que professor deveria buscar em textos midiáticos são referências à Segunda Lei da Termodinâmica, como pretexto para oferecer explicações acerca de cada um dos enunciados apresentados. Não há orientações suficientes para que o professor busque identificar os resultados da possível existência de um posicionamento mais crítico dos alunos com relação a como processos relacionados à Segunda Lei da Termodinâmica estão presentes em sua vida ou de como eles podem afetar a sua condição de cidadão participativo, ou de como ele deve se posicionar perante tais processos.

Retomando o Quadro 1, anteriormente apresentado entre as páginas 15 e 16, onde foram enumerados objetivos do Ensino de Ciências de acordo com Acevedo (2004), percebemos, para a situação de aprendizagem em questão, propensão ao que consideramos como referente à primeira categoria enunciada, na qual o que se preza é uma educação científica que vise à preparação para prosseguimento dos estudos em níveis superiores em áreas científicas. Por mais que, muitas vezes, esse não seja o objetivo dos alunos para sua educação básica, e também não represente a realidade do que acontece ao fim desse ciclo, uma vez que são poucos os que continuam seus estudos nessa direção, esse enfoque, com predominância de conceitos científicos desvinculados das realidades dos alunos, é o que

detectamos no material didático analisado. Por outro lado, percebemos também que essa Situação de Aprendizagem poderia ser realizada de uma forma que contemplasse também principalmente as categorias 2 e 5 do citado quadro. Tanto a categoria 2, “Ciência para se posicionar e tomar decisões em assuntos públicos que envolvam Ciência e Tecnologia”, como a categoria 5, “Ciência útil para a vida cotidiana”, poderiam ser contempladas durante o desenvolvimento dessa atividade, necessitando um direcionamento do material didático aos professores.

4.2. Situação de Aprendizagem 8 – “O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na terra”

Segundo o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), nessa situação de aprendizagem os alunos devem conhecer as diferentes fontes de energia brasileira e suas formas de consumo. Além disso, o objetivo dessa situação de aprendizagem é “[...] fazer com que os alunos saibam caracterizar o ciclo de energia natural na Terra, perceber sua influência sobre diferentes fontes de energia utilizadas no mundo, alguns de seus impactos, vantagens e desvantagens” (SÃO PAULO, 2009b, p. 54).

Ainda segundo o Caderno do Professor, essa situação de aprendizagem apresenta os seguintes itens, conforme reprodução na Figura 7:

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: energia e fontes; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: identificar diferentes fontes de energia na matriz energética brasileira; reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; discriminar fontes renováveis de fontes não renováveis de energia; ler e interpretar gráficos e tabelas.

Estratégias: realização de uma pesquisa para encontrar informações sobre as principais fontes de energia no Brasil, bem como estudar o ciclo de energia da Terra; análise das informações obtidas; trabalho em grupo; discussão com a classe.

Recursos: roteiro da atividade; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do relatório-síntese.

Figura 7: Reprodução dos itens da Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Por essa primeira apresentação, assim como na situação de aprendizagem anterior, não fica muito claro o que devemos esperar para essas atividades, já que as indicações são bastante genéricas, ficando novamente a cargo do professor a escolha sobre como abordar o conteúdo.

Isso fica claro quando tomamos contato com a seguinte reprodução do Caderno do Professor, caracterizada como a Figura 8:

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Separe grupos de no máximo cinco alunos para a realização desta atividade. O objetivo é fazer com que eles tomem contato com as principais fontes de energia da Terra. A análise das informações contidas no Balanço Energético Nacional serve de pano de fundo para discutir o ciclo de energia terrestre e sua influência nas fontes de energia.

Coordene a realização da pesquisa de modo que os alunos possam discutir e responder às ques-

tões propostas. Acrescente (ou substitua) questões que considere relevantes. Se achar conveniente e mais adequado, também é possível trazer dados, tabelas e gráficos extraídos do *site* do MME ou de outras fontes confiáveis (que usam esses dados) e espalhá-los na classe para que os alunos os consultem. Procure garantir que tenham clareza das questões e das informações que estão buscando. Também é possível distribuir questões diferentes para os grupos de alunos, de forma que no conjunto se complementem.

Figura 8: Reprodução das orientações para o início da Situação de Aprendizagem 8 presentes no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Percebemos com o que foi apresentado até aqui que, apesar da variedade de possibilidades que essa situação de aprendizagem possui, fica a cargo de o professor escolher como prosseguir com ela.

O assunto a ser trabalhado nessa situação de Aprendizagem 8, assim como a anterior, também começa na ‘Lição de Casa’ da situação de aprendizagem precedente, conforme reprodução na Figura 9.



LIÇÃO DE CASA



Para a próxima aula, você deverá fazer uma pesquisa sobre o balanço energético brasileiro, realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Assim, leia a Situação de Aprendizagem 8 e responda às questões.



APRENDENDO A APRENDER

Um tema interessante a respeito da possibilidade de obter um sistema que possa gerar trabalho indefinidamente pode ser encontrado nos seguintes *sites*:

- Sala de Física, acesse: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/motoperpetuo.htm>.
- Feira de Ciências, acesse: http://www.feiradeciencias.com.br/sala25/25_C04.asp.

Depois de realizadas as leituras dos *sites* indicados, responda:

- .. Você acha possível construir um moto-perpétuo, produzindo trabalho do nada? Em caso negativo, explique fisicamente por quê. Em caso afirmativo, ele não poderia ser ligado ao eixo de um gerador elétrico e produzir energia elétrica sem nenhum custo? Justifique sua resposta.

Figura 9: Reprodução da atividade “Lição de Casa” presente na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Aqui percebemos que não existe relação entre a questão apresentada e a sugestão de pesquisa indicada. Apesar de considerarmos como extremamente válida a pesquisa indicada, já que ela vai ao encontro do que propomos com a abordagem do PDE 2020 durante as aulas, ela não é necessária para a resolução da questão proposta na reprodução da Figura 9. Para a resolução dessa questão seriam necessários apenas os conhecimentos utilizados e desenvolvidos na própria Situação de Aprendizagem 7, que é o fato de não existir um motor, ou qualquer outro tipo de mecanismo, que funcione sem que uma parte da energia que ele utiliza seja degradada.

A Situação de Aprendizagem 8 propriamente dita começa com uma pequena introdução acerca do assunto a ser trabalhado (Figura 10).

A energia é essencial à sobrevivência humana, pois proporciona serviços indispensáveis à vida, como o calor para aquecimento, para cozinhar, para viabilizar os transportes e para o trabalho em geral. Assim, a questão energética interfere em todos os setores das atividades econômicas e sociais do país. Nas diversas atividades de produção ou na distribuição de bens de consumo e serviços, é necessária uma quantidade cada vez maior de energia, associada a um crescente desenvolvimento econômico.

A disponibilidade de energia e seu uso são fontes constantes de preocupação dos governos, pois colocam em risco o crescimento do país e da vida no planeta. Nesse sentido, são adotadas e incentivadas, com maior intensidade, medidas que visam aumentar a produção de “energias limpas” e renováveis e racionalizar seu uso.

Conhecer e caracterizar o ciclo de energia natural e suas fontes, associadas às suas diferentes formas de consumo no país, nos permitirá perceber as vantagens, as desvantagens e os impactos de sua utilização, além de nos estimular para usar energias renováveis.

Figura 10: Reprodução da introdução da Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Em seguida é apresentada uma sugestão de pesquisa individual para os alunos acerca do assunto trabalhado, apresentada na Figura 11, sugerindo que eles busquem determinadas informações.



Roteiro 8

Basta ligar a televisão para ouvir falar em crise energética, fontes de energia renováveis, biodiesel etc. Além disso, podemos perceber que o tempo todo nossa interação com o mundo é regida pelo consumo e reabastecimento de energia.

Mas, afinal de contas, de onde vem a energia? Para onde ela vai?

Para responder a essa pergunta, você deverá entrar no *site* do Ministério de Minas e Energia <<http://www.mme.gov.br>> e buscar informações sobre o Balanço Energético Nacional (BEN), divulgado anualmente pelo MME.

Nele, você encontra inúmeras informações sobre a matriz energética do país, como demanda e fontes em diferentes setores da sociedade e em diversas regiões, e dados comparativos em relação ao mundo. Há também outras fontes de informação que seu professor pode sugerir.

Procure as seguintes informações:

1. Qual a porcentagem de energia mundial utilizada pelo Brasil?
2. Qual é o consumo total de energia do país em seu equivalente em petróleo (TEP – tonelada equivalente de petróleo)?
3. Qual é o perfil das fontes de energia brasileira? Esse perfil mudou com o passar dos anos?
4. Como é o perfil das fontes energéticas brasileiras em relação ao perfil mundial?
5. Qual é a fração de “energia renovável” do Brasil?

Figura11: Reprodução da proposta de pesquisa individual presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Percebemos com essa indicação de pesquisa que a referida Situação de Aprendizagem 8 possui potencial para ser trabalhada sob um enfoque CTSA, fazendo referência ao PDE 2020, como propusemos anteriormente, ainda mais por ela já tentar se relacionar com outro documento oficial do Ministério de Minas e Energia, o Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2011a), mas que essa possibilidade é pouco explorada uma vez que apenas é pedido que os alunos pesquisem o dito documento, e que com isso respondam as questões que foram apresentadas, sem visar um maior raciocínio crítico acerca do que lá é apresentado. Também vale ressaltar que os documentos do Ministério de Minas e Energia possuem uma

linguagem um tanto técnica, e, se os alunos não possuírem familiaridade com esse tipo de leitura, não conseguirão aproveitar todo o potencial que lá existe, além do fato do próprio *site* do Ministério de Minas e Energia ser bastante confuso e possuir uma quantidade de informações muito grande, dificultando bastante o processo de localização do Balanço Energético Nacional (BEN). Sendo assim se mostraria mais interessante que determinadas partes do documento fossem apresentadas aos alunos sob a supervisão do professor, para que assim ele pudesse colaborar na interpretação desse documento, pelo menos nesse primeiro contato.

Esse potencial pode novamente ser percebido na Figura 12, reprodução do Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b):

Encaminhando a ação

Para discutir os resultados de suas pesquisas, vá reapresentando as questões e solicitando que cada grupo responda a uma questão, de modo que os demais grupos a complementem ou contestem, o que possibilita argumentações e debates.

Terminada a apresentação, verifique se os alunos relacionam o suposto “consumo” de energia com a degradação imposta pela segunda lei da termodinâmica.

Figura 12: Reprodução do encaminhamento da ação prevista na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

A sugestão do debate em sala de aula sobre um assunto que não possui uma resposta fechada vai ao encontro do que é preconizado por um ensino de Ciências com enfoque CTSA, mas pelo que percebemos pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b, p. 56), não é destinado tempo suficiente para essa atividade, já que ela não se mostra como a principal atividade da situação de aprendizagem.

Dando sequência à Situação de Aprendizagem 8, são apresentados os seguintes textos para leitura e interpretação pelos alunos com suas respectivas atividades, conforme reprodução nas Figuras 13, 14, 15 e 16.



APRENDENDO A APRENDER

Fontes e formas de energia

Hoje, muito se fala em fontes renováveis e não renováveis de energia. Você sabe a diferença entre uma e outra? Você sabe de onde vem, por exemplo, o petróleo utilizado na fabricação da gasolina? A água usada pelas usinas hidrelétricas? O gás ou óleo combustível usado em termelétricas? O urânio das usinas nucleares? O que esses elementos têm de diferente da biomassa (que é uma transformação da energia solar), da energia eólica (produzida pelos ventos) ou mesmo da energia das marés?

Devido à diversidade das fontes e formas de energia existentes no planeta, torna-se essencial sua classificação. Elas podem ser classificadas de acordo com sua origem, tempo de reposição e utilização.

Assim, as fontes que se originam de processos fundamentais da natureza, como, por exemplo, a energia nuclear ou gravitacional, são chamadas de primárias. Já aquelas que derivam dessas fontes, representando apenas transformações ou conversões, são chamadas de secundárias.

Energia limpa e renovável

Outro critério utilizado consiste em classificar as fontes em renováveis ou não, sendo esse um dos critérios importantes para a discussão a respeito das vantagens e desvantagens de seus usos no mundo. A busca pela utilização cada vez maior de energia limpa e renovável tem sido objeto de grandes investimentos por parte dos governos, não apenas visando à sustentabilidade do planeta, evitando a poluição e o efeito estufa, mas também porque a ampliação da matriz energética é necessária para o crescimento e desenvolvimento dos países.

Figura 13: Reprodução da segunda atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

A ideia central do texto apresentado na Figura 13 é discutir com os alunos o que são fontes de energia primárias e secundárias, e como consequência disso fontes renováveis e não renováveis.

Como atividade complementar a essa Figura 13 é apresentada para os alunos a seguinte tabela, que deve ser preenchida de acordo com os conhecimentos abordados pelas atividades anteriores.

Fonte de energia	Fonte primária	Fonte secundária	Renovável	Não renovável
Petróleo	X	-	-	x
Água represada				
Urânio				
Lenha				
Vento				
Álcool				
Sol				
Carvão mineral				
Gás natural				
Biodiesel				
Ondas do mar				
Bagaço da cana				

Figura 14: Reprodução da tabela a ser preenchida pelos alunos na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Aqui o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) suscita a importância de substituímos as fontes de energia não renováveis pelas renováveis, e como somos dependentes da energia proveniente de combustíveis fósseis, principalmente do petróleo. Por ser um tipo de conhecimento que não exige aprofundamento matemático, mas ‘apenas’ discussões conceituais acerca do tema, geralmente são nessas discussões que existe uma maior aproximação com o que pode ser considerado um ensino de Ciências com enfoque CTSA, buscando uma formação cidadã mais crítica dos alunos visando o seu posicionamento e sua ação perante assuntos que façam referência à Ciência e Tecnologia e que lhes sejam relevantes de alguma forma, mas isso não implica que essa aproximação, que muitas vezes acontece até de maneira natural pelos professores, seja suficiente já que esses professores, por muitas vezes não possuem familiaridade com esse tipo de abordagem, acabam não aproveitando todo o seu potencial, não buscando levar essa discussão para além da sala de aula, para a realidade dos alunos, se limitando apenas ao que é apresentado pelo material que adotam.

Dando sequência à Situação de Aprendizagem 8, é apresentado o seguinte texto.



Leitura e Análise de Textos

O ciclo do carbono

Considerando a grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem a “circulação” da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

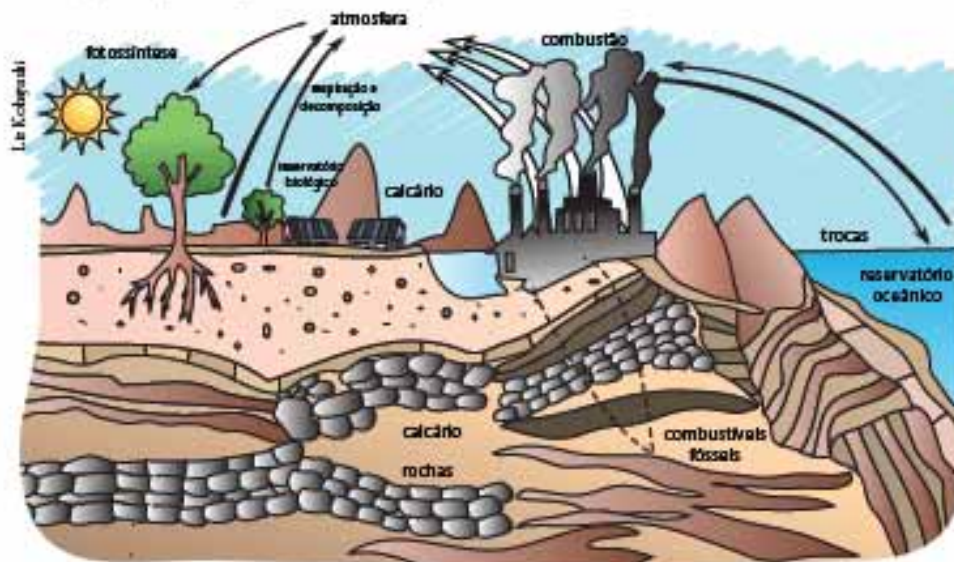
O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas entrando em contato com os íons de cálcio, que vão sendo depositado lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos, como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc., são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore. Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonatos que poderão formar rochas.

A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta e os átomos de carbono migram de um reservatório a outro, através dos processos intimamente relacionados como a fotossíntese, a respiração e a decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

Fones de Calor. Leituras do Gref. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>>.

Veja a figura apresentada a seguir¹:



A figura ilustra o ciclo do carbono, mas é preciso lembrar que o petróleo é resultado, em uma fase antiquíssima deste ciclo, pela retenção e compressão de restos fósseis de micro-organismos oceânicos, ou seja, não é feito da carcaça de dinossauros...

¹ Adaptado de: *Fones de Calor. Leituras do Gref. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>>.*

Figura15: Reprodução da terceira atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

A ideia principal desse texto é apresentar aos alunos o ciclo de carbono e como ele está relacionado com a manutenção do ciclo energético em nosso planeta.

Como atividade complementar ao texto reproduzido na Figura 15, é apresentada a seguinte questão, que deve ser respondida pelos alunos.

- **Como você pode associar o ciclo do carbono descrito no texto com o ciclo da própria energia envolvida nesse processo? Explique.**

Figura 16: Reprodução da questão a ser respondida pelos alunos presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

O texto por si só não é suficiente para que o aluno responda a questão. Para isso ele precisará do auxílio do professor, complementando as informações apresentadas pelo texto reproduzido na Figura 15, e também ser capaz de relacionar os assuntos abordados nessa situação de aprendizagem com os assuntos das situações de aprendizagem anteriores.


Nesse momento, o próprio Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) sugere que o professor realize atividades que poderiam ser utilizadas com o intuito de aproximar o que está sendo abordado a um ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise o posicionamento crítico e a tomada de decisões.

Apesar de não indicar como ele pode fazer isso, afirmando que o professor deve trabalhar o tema da maneira que julgar mais adequada à sua turma, o material defende que o professor “[...] pode trazer recortes de jornal para discutir notícias relacionadas ao consumo de energia, ao desenvolvimento do biodiesel no país, às implicações do controle de energia no mundo” (SÃO PAULO, 2009b, p. 57 – 58). Isso significaria trazer a realidade do aluno para dentro de sala de aula, considerando que esses alunos tenham contato com esse tipo de notícia. Com esse tipo de iniciativa é que podemos tentar mostrar aos alunos que a Ciência, no caso específico a Física, que eles estudam na escola também está presente em suas realidades, e que uma boa compreensão desses conhecimentos pode auxiliá-los enquanto cidadãos para que consigam conviver dentro da realidade em que estão inseridos, possibilitando que se posicionem sobre esses conhecimentos de maneira crítica.

No Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) também são sugeridas iniciativas que busquem uma aproximação interdisciplinar com as disciplinas de Geografia e Biologia, uma vez que elas também abordam esse tipo de conhecimento. Apesar dessa

interdisciplinaridade também ser uma característica defendida para um ensino de Ciências com enfoque CTSA, no material existe apenas a sugestão de que isso ocorra, sem maiores esclarecimentos ou direcionamentos para tal.


Para finalizar essa situação de aprendizagem são apresentadas as seguintes questões, conforme reprodução na Figura 17, que devem ser respondidas pelos alunos e também a seguinte lista de *sites* que podem auxiliar no estudo, conforme reprodução na Figura 18.



VOCÊ APRENDEU?

1. O petróleo é um combustível de origem fóssil. Como o petróleo se relaciona com o ciclo do carbono?
2. Considere esta afirmação: “A maior parte da energia que a Terra recebe e utiliza vem dos processos conhecidos de produção de energia no Sol. Essa energia tanto é usada para a alimentação dos animais e das pessoas quanto para o funcionamento de todas as máquinas que você conhece”. Você concorda com essa afirmação? Justifique.
3. O álcool é uma fonte renovável de energia. Ele participa do ciclo do carbono? Qual a vantagem do uso do álcool como combustível?

Figura 17: Reprodução da quarta atividade presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009



PARA SABER MAIS

Você pode aprofundar o que foi estudado até agora acessando os *sites* listados a seguir. Neles, você encontrará textos e informações que vão auxiliar em seu estudo.

- Inovação Tecnológica, acesse:
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060712>>.
- Mudanças Ambientais Globais, acesse:
<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/03_ciclo_do_carbono/03_ciclo_do_carbono.shtml>. O *site* mostra um pequeno vídeo explicativo sobre o ciclo do carbono.
- Olimpíadas de Ciências, acesse:
<http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html>. Na seção de busca, digite termos que apareceram em seu estudo, como ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio, fontes de energia, dentre outros, para obter mais informações.

Figura 18: Reprodução da lista de *sites* para aprofundamento de estudos presente na Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Aluno da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Essas últimas questões apresentadas na Figura 17 servem como uma forma de fechamento para a Situação de Aprendizagem 8. As respostas para essas questões não se encontram no material disponibilizado, tanto no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) como no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), portanto a ‘facilidade’ e a profundidade com que os alunos responderão a essas questões dependerá de como o professor abordará esses temas durante o desenvolvimento das atividades.

Essas são as atividades presentes no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), com algumas das indicações propostas pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b). Após essas atividades, são apresentadas, pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), algumas indicações do que se esperar e como prosseguir com as questões avaliativas para essas situações de aprendizagem, conforme reprodução na Figura 19.

GRADE DE AVALIAÇÃO	
Indicadores de Aprendizagem	
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> – Estabelecer critérios para argumentar sobre a necessidade de racionalização do uso de energia no mundo. – Compreender as necessidades energéticas como problema da degradação da energia.
Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar as diferentes fontes de energia na Terra, suas transformações e sua degradação. – Utilizar e interpretar diferentes escalas de tempo para identificar fontes renováveis e não-renováveis de energia. – Pesquisar, sistematizar e interpretar informações sobre a matriz energética brasileira. – Compreender o significado e a importância dos ciclos naturais para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais. – Reconhecer o ciclo de energia no Universo e sua influência nas fontes de energia terrestre. – Compreender os balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra. – Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social, e comparar diferentes recursos e opções energéticas.

Figura 19: Reprodução das orientações para avaliação do Tema 3 presente no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Pelo que foi apresentado na Figura 19, não podemos indicar a qual situação de aprendizagem o material dedica maior atenção. Apesar de existir tamanha diferença entre os indicadores de aprendizagem esperados para cada uma das situações de aprendizagem, dois para a Situação de Aprendizagem 7 e sete para a Situação de Aprendizagem 8, não podemos afirmar que essa discrepância significa que seja destinada maior atenção à Situação de Aprendizagem 8 do que à Situação de Aprendizagem 7, uma vez que esses indicadores de aprendizagem possuem uma significação muito subjetiva. Por exemplo, dependendo do modo como é trabalhada a questão do segundo indicador de aprendizagem da Situação de Aprendizagem 7 – Compreender as necessidades energéticas como problema de degradação da energia – ela pode possuir maior importância do que todos os indicadores de aprendizagem da Situação de Aprendizagem 8 juntos.

Após a apresentação desses indicadores de aprendizagem, são indicadas algumas questões que poderiam ser utilizadas como exemplo para o professor elaborar sua avaliação, conforme reprodução nas Figuras 20, 21 e 22.

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Em seu quarto, há 1 027 moléculas de ar. Se todas elas se acumulassem em um único lugar, por exemplo, dentro de uma caixa aberta | ao lado de sua cama, você morreria asfixiado. Explique fisicamente por que é muito improvável que isso ocorra. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

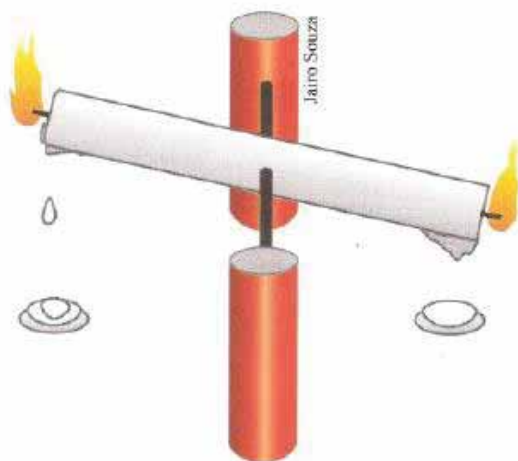
Figura 20: Reprodução da primeira questão proposta como exemplo para avaliação presente no Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009

Como foi visto no estudo da segunda lei da termodinâmica, toda vez que um sistema pode distribuir sua energia livremente, ele sempre o faz de modo que a entropia sempre aumente. Ou seja, em qualquer sistema físico, a tendência natural é o aumento da desordem, de modo que é muito improvável que, espontaneamente, as moléculas de ar se agrupem todas em uma caixa.

2. Quando a água colocada no congelador de sua geladeira se transforma em gelo, passa de um estado de maior desordem molecular para um estado de menor desordem. Esse fato viola o princípio da entropia? Justifique sua resposta.

Não há violação do princípio da entropia, visto que a transformação da água no estado líquido para gelo não ocorre de forma espontânea, ou seja, é preciso que um trabalho seja realizado sobre o sistema para que haja a mudança de estado.

3. Enem 2006 – A figura a seguir ilustra uma gangorra de brinquedo feita com uma vela. A vela é acesa nas duas extremidades e, ini-



cialmente, deixa-se uma das extremidades mais baixa que a outra. A combustão da parafina da extremidade mais baixa provoca a fusão. A parafina da extremidade mais baixa da vela pinga mais rapidamente que na outra extremidade. O pingar da parafina fundida resulta na diminuição da massa da vela na extremidade mais baixa, o que ocasiona a inversão das posições. Assim, enquanto a vela queima, oscilam as duas extremidades. Nesse brinquedo, observa-se a seguinte sequência de transformações de energia:

- a) energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional → energia cinética.
- b) energia potencial gravitacional → energia elástica → energia cinética.
- c) energia cinética → energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional.
- d) energia mecânica → energia luminosa → energia potencial gravitacional.
- e) energia resultante do processo químico → energia luminosa → energia cinética.
4. Enem 2007 – As pressões ambientais pela redução na emissão de gás estufa, somadas ao anseio pela diminuição da dependência do petróleo, fizeram os olhos do mundo se voltarem para os combustíveis renováveis, principalmente para o etanol. Líderes na produção e no consumo de etanol, Brasil e Estados Unidos da América produziram, juntos, cerca de 35 bilhões de litros do produto em 2006. Os EUA utilizam o milho como matéria-prima para a produção desse álcool, ao passo que o Brasil utiliza a cana-de-açúcar. O quadro a seguir apresenta alguns índices relativos ao processo de obtenção de álcool nesses dois países.

Figura 21: Reprodução da página 59 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009 contendo a resposta esperada da primeira questão, a segunda e terceira questões com suas respectivas respostas esperadas e parte da quarta questão propostas como exemplo para avaliação.

Se comparado com o uso do milho como matéria-prima na obtenção do etanol, o uso da cana-de-açúcar é

	Cana	Milho
produção de etanol	8 mil litros/ha	3 mil litros/ha
gasto de energia fóssil para produzir 1 litro de álcool	1600 kcal	6600 kcal
balanço energético	positivo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 3,24 calorias de etanol	negativo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 0,77 caloria de etanol
custo de produção/litro	US\$ 0,28	US\$ 0,45
preço de venda/litro	US\$ 0,42	US\$ 0,92

Produção de álcool Brasil e EUA. *Revista Globo Rural*, jun.2007 (com adaptações).

- a) mais eficiente, pois a produtividade do canavial é maior que a do milharal, superando-a em mais do dobro de litros de álcool produzido por hectare.
- b) mais eficiente, pois se gasta menos energia fóssil para se produzir 1 litro de álcool a partir do milho do que para produzi-lo a partir da cana.
- c) igualmente eficiente, pois, nas duas situações, as diferenças entre o preço de venda do litro do álcool e o custo de sua produção se equiparam.
- d) menos eficiente, pois o balanço energético para se produzir o etanol a partir da cana é menor que o balanço energético para produzi-lo a partir do milho.

e) menos eficiente, pois o custo de produção do litro de álcool a partir da cana é menor que o custo de produção a partir do milho.

5. Em aulas anteriores, reproduzimos uma eolípila, a máquina de Heron. Ela não pode ser considerada uma “máquina” a vapor, como aquelas desenvolvidas no século XVIII, pois não funciona em ciclos. Uma forma de torná-la uma máquina seria inventar uma forma de fazer o calor voltar para a fonte quente. O esquema abaixo representa uma máquina desse tipo. Se fosse possível fazer o calor voltar espontaneamente para a fonte quente, essa máquina funcionaria infinitamente: seria um moto-perpétuo! Explique por que isso não é possível.



Embora esta máquina não viole o princípio da conservação de energia, não é possível fazer com que o calor volte espontaneamente para a fonte quente. Sempre é preciso que haja um gasto externo de energia para que o calor retorne para a fonte quente.

Figura 22: Reprodução da página 60 do Caderno do Professor da 2ª Série do Ensino Médio – Volume 2, 2009 contendo parte da quarta questão e também quinta questão com suas respectivas repostas esperadas propostas como exemplo para avaliação.

Com essas questões percebemos que, apesar de existir certo direcionamento durante o desenvolvimento das Situações de Aprendizagem 7 e 8, para um ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise uma formação cidadã para os alunos, com exceção da quarta questão, Figuras 21 e 22, esse direcionamento não existe para essas questões propostas como exemplo.

Todas elas exigem conhecimentos conceituais para sua resolução, algumas com maior grau de abstração do que as outras, ou então exigindo um maior nível de raciocínio por parte dos alunos, mas apenas a questão 4, Figuras 21 e 22, busca abordar durante sua resolução um problema real que faça parte da realidade desses alunos, possibilitando que eles analisem tal problema utilizando os conceitos aprendidos, que analisem sua realidade sob a ótica desses conhecimentos, e, conseqüentemente que se posicionem sobre essa questão de forma crítica, buscando a melhor solução.

Para o caso dos alunos necessitarem de uma recuperação ao final do bimestre correspondente ao material utilizado, é sugerido pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b, p. 61) que seja retomada a discussão acerca dessas cinco questões acima apresentadas – Figura 20 à Figura 22 – e que sejam utilizadas questões semelhantes a essas para a avaliação de recuperação, ou seja, a ideia é que se repita o tipo de avaliação regular utilizada.

Com isso fechamos a apresentação e análise preliminar do Tema 3 – “Entropia e Degradação de Energia” – que engloba as Situações de Aprendizagem 7 – “Uma pergunta intrigante: Por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?” – e 8 – “O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na Terra” – presentes nos Cadernos do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) e do Professor (SÃO PAULO, 2009b). Pudemos indicar com essa primeira análise que o material como um todo apresenta aspectos do que poderia ser considerada como oportunidade para desenvolvimento de um Ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise uma formação cidadã dos alunos. Mas tal oportunidade, para ser adequadamente explorada, depende da atuação do professor. E, apesar dessa inclinação ao CTSA, as atividades propostas aos alunos voltam seu foco a um Ensino de Ciências com finalidades básicas de atrair o interesse dos alunos pelo conteúdo apresentado, que vise o ensino da Ciência pela Ciência, sem uma maior aproximação com a realidade dos alunos, buscando a manutenção do *status quo* presente na educação sem visar à possibilidade da transformação social por meio da transformação do aluno em cidadão crítico e ativo.

Com isso, podemos ampliar a análise que fizemos anteriormente para a Situação de Aprendizagem 7 para todo o Tema 3. Ou seja, apesar de existirem oportunidades no Caderno

do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) de se trabalhar com o conteúdo de uma forma que se contemplasse as categoria 2, 5 e conseqüentemente 7, do Quadro 1, apresentada anteriormente entre as páginas 13 e 14, que consideramos como sendo as de maior potencial para trabalho em uma perspectiva que vise o Ensino de Ciências com um enfoque CTSA, as orientações existentes no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) prezam pelo que seria mais condizente com a categoria 1 do Quadro 1, ou seja, uma educação que vise a preparação para a continuação dos seus estudos em níveis superiores em carreiras acadêmicas.

Com isso percebemos a existência de uma lacuna nas orientações do Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b). Não são aproveitadas as oportunidades que poderiam levar a um Ensino de Ciências com enfoque CTSA. Por esse motivo defendemos que essas orientações podem sofrer modificações que visem um maior direcionamento da prática desses professores para o aproveitamento das oportunidades de aproximação ao CTSA.

5. PROPOSTAS PARA O APERFEIÇOAMENTO DE SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM PRESENTES NO MATERIAL DIDÁTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Para dar sequência ao trabalho, propomos agora algumas alterações que visam o aperfeiçoamento das Situações de Aprendizagem 7 – “Uma pergunta intrigante: Por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?” e 8 – “O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na Terra”, pertencentes ao Tema 3 “Entropia e Degradação de Energia” presentes nos Cadernos do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) e do Professor (SÃO PAULO, 2009b) destinados à 2ª Série do Ensino Médio, volume 2, buscando com isso aproximá-las de um enfoque CTSA que tenha como objetivo a formação cidadã crítica dos alunos.

5.1. Situação de Aprendizagem 7

Com relação à Situação de Aprendizagem 7, consideramos que os textos apresentados pelo Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) reproduzidos anteriormente como as Figuras 3, 4 e 6, são suficientemente adequados para serem trabalhados sob um enfoque CTSA que vise a formação cidadã crítica dos alunos, já que possuem aspectos que podem levar a discussões nessa perspectiva, desde que ela seja suscitada pelo professor.

A questão reproduzida na Figura 5 trata da questão da irreversibilidade de alguns processos que envolvem transformações energéticas, questão essa de extrema importância dentro do conteúdo que está sendo trabalhado, e por esse motivo também deve ser mantida. Mas, como complemento às atividades referentes ao texto reproduzido na Figura 4, que também aborda a questão da irreversibilidade de diversos processos supostamente presentes no cotidiano dos alunos, sugerimos a apresentação também das seguintes questões para serem trabalhadas junto à discussão do referido texto,

“Com relação aos processos de transformação de energia que são considerados irreversíveis, como por exemplo, o aquecimento presente no processo de funcionamento de motores à combustão, como essa impossibilidade de reversão afeta os processos humanos de produção e transformação de energia?”

“Em sua opinião, as discussões acerca dessa irreversibilidade são questões puramente científicas ou também afetam setores econômicos, políticos e sociais?”

As questões referentes ao texto reproduzido na Figura 6, que apresenta e discute brevemente alguns conceitos científicos relacionados com a Entropia e a 2ª Lei da Termodinâmica, englobam grande quantidade de conhecimentos conceituais teóricos, mas que não buscam uma aproximação ao que esperamos de um enfoque CTSA que vise à formação cidadã dos alunos. Mesmo assim essas questões se mostram pertinentes à Situação de Aprendizagem 7 pois demandam a interpretação dos conteúdos científicos teóricos apresentados e sua relação com alguns fenômenos simples, além de buscarem também que os alunos elaborem argumentações teóricas acerca dos conteúdos envolvidos no tratamento da 2ª Lei da Termodinâmica. Para aproximar essa atividade do que esperamos para um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA, sugerimos a substituição da segunda questão,

“2. Dê um exemplo diferente dos que foram tratados em aula entre energia organizada e energia desorganizada.”

Por,

“O último parágrafo do texto acima afirma que as Leis da Termodinâmica podem ser utilizadas para auxiliar na compreensão de fenômenos como a manutenção da vida no planeta, além da intervenção humana nos processos naturais. Em sua opinião, podem esses fenômenos tão amplos ser relacionados com as Leis da Termodinâmica, e, além disso, qual é a importância que essas Leis têm para você, elas de alguma forma afetam sua vida?”

Primeiro, mostra-se interessante ressaltar que sugerimos a substituição de uma questão por outra e não simplesmente a inclusão de uma nova questão já que consideramos assim uma maior possibilidade de conseguirmos nos ater ao tempo destinado ao desenvolvimento da referida situação de aprendizagem, o que seria dificultado se simplesmente incluíssemos uma nova questão para ser trabalhada. A proposta de exclusão da segunda questão se dá pelo fato de considerarmos que o conceito teórico ali envolvido já estar suficientemente explicado e exemplificado no texto reproduzido na Figura 6, o que nos leva a crer que a resolução dessa questão acarretaria em menos benefícios para os alunos, como raciocínio, estabelecimento de relações, interpretação de dados e conceitos, do que a resolução das demais questões presentes e da questão que sugerimos como substituta.

E para finalizar as atividades do Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) referentes a essa Situação de Aprendizagem 7 temos a primeira atividade apresentada, reproduzida na Figura 3, onde os alunos deveriam se colocar no papel de um correspondente de uma revista

de divulgação e responder ao questionamento de um leitor acerca de por que temos que economizar energia já que a Física diz que ela se conserva.

Essa atividade também possui grande potencial para ser trabalhada sob um enfoque CTSA que vise à formação cidadã crítica dos alunos, desde que essa perspectiva tenha sido trabalhada pelo professor durante a realização das outras atividades, e por esse motivo julgamos que tanto seu enunciado como sua apresentação nesse momento são propícios para esse tipo de trabalho. As atividades apresentadas no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) possuem potencial para serem trabalhadas sob um enfoque CTSA que vise à formação cidadã crítica dos alunos, mas necessitam de uma inclusão e uma substituição de questões, que ainda dependerão do papel do professor no desenvolvimento das atividades.

Para além do Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), temos também o que é abordado pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) para a referida Situação de Aprendizagem 7. Percebemos nesse material que o seu foco é dar indicações ao professor de quais conhecimentos científicos devem ser abordados durante as atividades, sem distinção entre quais das atividades presentes esses conhecimentos devem ser desenvolvidos. Não acreditamos que o que lá é apresentado seja conceitualmente suficiente para o professor utilizá-lo como única forma de apoio e material de consulta para preparar suas aulas, já que julgamos que, mesmo que o professor opte por uma aula puramente conteudista e conceitual, sem buscar estabelecer nenhum tipo de vínculo com o que julgamos que possa ser considerada uma educação CTSA, necessitará de outros materiais didáticos que possam servir como fonte de pesquisa e apoio para o desenvolvimento de suas aulas.

Mas como o objetivo desse trabalho não é propor modificações no sentido de deixar esse material mais conceitualmente consistente, mas sim de aproximá-lo do que julgamos mais consistente para um Ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise à formação crítica dos alunos, não nos ateremos a esse fato, considerando que mesmo que o professor opte por adotar nossas orientações para esse ensino com enfoque CTSA, ele também deve dispor de outros materiais que o auxiliem na preparação de suas aulas no que diz respeito ao desenvolvimento conceitual que pretenda alcançar, como livros didáticos, *sites*, revistas especializadas ou de divulgação científica, listas de exercícios, etc.

O que pudemos perceber analisando o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) foi que ele possui apenas indicações sobre como e quais conteúdos científicos devem ser enfocados durante o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 7. Não há indicações para o professor proceder de determinada forma que poderíamos julgar como sendo cabíveis

para um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA que vise à formação cidadã dos alunos. Assim, percebemos que, apesar de existir a oportunidade de um direcionamento desse tipo, devido às atividades propostas no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), essa oportunidade não é aproveitada pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) para essa situação de aprendizagem em questão.

Como sugestão para as indicações já existentes no material, apontaríamos para o fato de que não existe orientação sobre qual é a atividade a que se refere cada indicação. Por exemplo, as discussões voltadas mais especificamente para a 2ª Lei da Termodinâmica fazem referência ao texto reproduzido na Figura 6, o que não é especificado no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b). Sendo assim sugeriríamos que essa distinção estivesse presente também no material destinado ao professor, uma vez que consideramos que isso pode auxiliá-lo no planejamento de suas aulas. Sugerimos que o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) se refira a essas atividades da seguinte forma: 1ª atividade para a produção de texto reproduzida na Figura 3; 2ª atividade para o texto reproduzido na Figura 4 e sua respectiva questão reproduzida na Figura 5, além da questão que sugerimos acima para também acompanhar esse texto; e, 3ª atividade para o texto reproduzido na Figura 6, e suas respectivas questões apresentadas acima, junto às modificações que também sugerimos.

Com essas especificações apresentadas, nos focaremos agora nas modificações que julgamos cabíveis junto à 2ª atividade dessa Situação de Aprendizagem 7, já que o que é orientado, com o qual concordamos, é que a 1ª atividade seja realizada por último, como uma forma de fechamento para essa situação de aprendizagem.

O que já está presente no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) indica que o professor, para essa atividade, deve tentar chamar atenção dos alunos para o fato de que “embora a energia se conserve sempre, nem sempre é possível transformá-la na direção que queremos” (SÃO PAULO, 2009b, p. 51), ou seja, deve chamar atenção para o fato de que nos processos em que utilizamos transformações de energia em nossa vida sempre está presente alguma forma de transformação “não desejada”, como por exemplo, o calor produzido nos motores a combustão ou o som produzido por esse mesmo motor durante seu funcionamento. O exemplo apresentado pelo material vai ao encontro com a ideia que queremos trazer para discussão com as questões que apresentamos acima.

Um motor, por exemplo, esquenta ao ser utilizado e, para produzir mais trabalho, é preciso injetar mais combustível. Assim, na realidade, não ocorre uma perda efetiva de energia. O que acontece é que ao ser convertida em

calor há uma degradação dessa energia de forma que não podemos mais utilizá-la para gerar trabalho útil (SÃO PAULO, 2009b, p. 51).

Aproveitando-nos desse exemplo, sugerimos trazer para discussão como essa degradação de energia afeta nossos processos de consumo. O que representa para o nosso dia-dia o fato de existir essa degradação de energia, e se é possível pensar nessa sociedade sem que existisse essa degradação, ou seja, o que representaria para nós um carro que não precisasse ser reabastecido, ou então não termos que nos preocupar com a conta de energia elétrica no final do mês. Para além desse aspecto econômico também poderíamos trazer para discussão o que isso poderia representar, por exemplo, para o meio ambiente. Seria mais benéfico para o meio ambiente a existência dessa possibilidade de não degradação de energia? Aqui poderíamos chamar atenção para o fato de que não precisaríamos mais nos preocupar com as áreas inundadas em novas usinas hidrelétricas, com os resíduos radioativos das usinas nucleares, com vazamentos de petróleo, com a poluição gerada por esses processos de produção de energia, enfim, com uma gigantesca gama de processos que estão relacionados com essa degradação de energia.

Se algum aluno trazer essa ideia para discussão seria interessante também discutir o que essas mudanças de hábitos representariam, por exemplo, no que diz respeito aos empregos que poderiam ser perdidos com isso, já que, se um carro não precisa ser reabastecido, suas idas até um posto de combustíveis serão muito menores, e outras situações do mesmo tipo que podem surgir desse tipo de discussão.

Para a 3ª atividade dessa Situação de Aprendizagem 7, o que buscamos com a substituição da 2ª questão pela questão que apresentamos anteriormente é, primeiramente, trabalhar uma questão que trata do papel representado pelo conceito relacionado à energia organizada e desorganizada de uma forma mais contextualizada do que a que era esperada para a questão que sugerimos substituir. O fato de se discutir a manutenção da vida na Terra através do conceito de Entropia e de energia organizada, trazendo a ideia de que os seres vivos são sistemas de energia altamente organizados, e que por esse motivo tendem a se desorganizar, evitando esse fato através da utilização da energia solar que chega até nós por meio da irradiação, se mostra bastante complexo, mas muito interessante, já que possibilita a discussão de como conceitos tão abstratos como o de Entropia estão intrinsecamente ligados à realidade dos alunos.

E essa é a principal ideia que queremos trazer para a discussão com essa nova questão, que é o fato de que a Ciência, por mais abstrata e descontextualizada que pareça, está de

alguma maneira presente na realidade desses alunos, de que essa Ciência é feita por pessoas comuns, através de um processo que envolve tanto acertos como erros, e principalmente que ela não é neutra, retomando um pouco do que foi discutido na atividade anterior, de que ela sofre influências de quem/como/onde é produzida. Aqui existe a possibilidade de retomar a discussão do que foi apresentado na segunda questão que acrescentamos à atividade anterior, que dizia respeito às quais setores da sociedade podem ter interesse nas discussões acerca de aspectos científicos presentes no fato da existência da degradação de energia.

E para finalizar a discussão acerca dos aspectos presentes no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) para a Situação de Aprendizagem 7, temos a 1ª atividade, que em nossa opinião possui maior potencial para ser trabalhada sob um enfoque CTSA para a formação crítica dos alunos.

Ao se colocar na posição de um correspondente de uma revista de divulgação científica, o aluno deve ser capaz de se expressar de uma maneira coerente acerca do conteúdo que estudou. Aqui sugerimos que o professor deve incentivar o aluno a responder a questão acerca do porquê de economizar energia, utilizando, além dos conceitos científicos envolvidos da 2ª Lei da Termodinâmica e da Entropia, também as discussões acerca do que essa economia de energia representa para ele e para a Terra como um todo: os processos e problemas ambientais, os aspectos econômicos, políticos e sociais envolvidos, o que poderia significar a não existência da degradação da energia, enfim, o que foi apresentado e discutido no restante da Situação de Aprendizagem 7. Para que esses objetivos sejam alcançados, o professor possui papel fundamental, uma vez que partirá dele a iniciativa para que os alunos abordem esses temas tão variados.

Para isso, ele deverá relembrar seus alunos, durante a apresentação da atividade em questão, das discussões surgidas durante o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 7, e das possíveis argumentações que surgiram durante a realização das atividades.

Por mais que esses sejam aspectos muito amplos para serem apresentados em um único texto, a complexidade e a coerência com que os alunos os discutirem pode servir também como uma forma de avaliação, através da qual o professor pode conhecer a receptividade dos alunos ao conteúdo. O resultado dessa atividade se mostra dependente de como o restante das atividades dessa Situação de Aprendizagem 7 forem desenvolvidas. Os conteúdos e as discussões presentes nessas demais atividades devem estar presentes nas reflexões e ponderações dos alunos quando buscarem responder a questão que lhes foi apresentada sobre o porquê da necessidade de economizarmos energia.

Como um fechamento da Situação de Aprendizagem 7 presente no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) propomos também a inclusão de um breve texto que agregamos como um seção a mais para a dita Situação de Aprendizagem 7 nomeada como “Para Refletir”. O que buscamos com esse texto é chamar atenção do professor para alguns comportamentos que ele pode adotar e que julgamos como benéficos para a realização da Situação de Aprendizagem 8.

Nesse texto é chamada atenção do professor para a importância que os desenvolvimentos científico-tecnológicos possuem na realidade atual; claro que de maneira muito sucinta, já que consideramos essa seção como um adendo interessante e rápido para suscitar algumas indagações ao professor sobre como é a melhor forma de prosseguir com a próxima situação de aprendizagem, sem se caracterizar como um roteiro complexo e fechado de como fazê-lo, engessando a prática do professor; e de como esses desenvolvimentos devem estar presentes na realidade escolar também. O que sugerimos aqui é que o professor busque fornecer espaços para debates argumentativos entre os alunos-alunos ou mesmo alunos-professor, visando com isso ilustrar o caráter provisório da Ciência e também a poder que as influências sociais podem exercer sobre a produção, regulação e controle desses desenvolvimentos em Ciência e Tecnologia.

É chamada atenção aqui também para a oportunidade oferecida pela Situação de Aprendizagem 8 de se trabalhar com dados provenientes de documentos oficiais como o Balanço Energético Nacional (BEN) e também com consultas públicas como o PDE 2020 (Plano Decenal de Expansão de Energia 2020) e da importância que a participação pública possui para esse último documento, e que por esse motivo, os cidadãos formados nas escolas devem estar aptos à se relacionar de forma minimamente crítica com essas informações com o intuito de entender o que ali consta para colaborar nos processos de formulação, regulação e controle de políticas públicas de Ciência e Tecnologia.

5.2. Situação de Aprendizagem 8

Com relação à Situação de Aprendizagem 8 – “O Balanço Energético do Brasil e os Ciclos de Energia na Terra”, assim como também aconteceu na Situação de Aprendizagem 7, consideramos que os textos apresentados pelo Caderno do Aluno (São PAULO, 2009a) possuem potencial para serem trabalhados sob um enfoque CTSA que vise à formação cidadã crítica dos alunos. Mas, mesmo assim chamamos atenção para o fato de considerarmos os

textos reproduzidos nas Figuras 13 e 15 como sendo conceitualmente insuficientes. Por mais que nas demais atividades que já analisamos também tenhamos atentado para o fato de que os professores necessitariam complementar conceitualmente as informações apresentadas pelo Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), nessas ocasiões existiam indicações no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) que auxiliavam o caminho a ser seguido pelo professor. Mas percebemos que as indicações presentes no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) são genéricas e pouco elucidativas.

Focando primeiramente apenas no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), começaríamos sugerindo uma mudança na ordem das atividades apresentadas. Após a apresentação reproduzida na Figura 10, onde é chamada atenção para o fato da importância que a utilização de várias formas de energia tem ganhado no nosso cotidiano atualmente, e que por esse motivo, cada vez mais as fontes de onde essa energia provém são foco de discussões tanto científicas como políticas, econômicas e sociais, ao invés de apresentarmos a Pesquisa Individual reproduzida na Figura 11, onde os alunos deveriam responder a algumas questões com base nas informações que encontrassem no Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2011a), sugerimos que essa atividade seja utilizada como um fechamento para a Situação de Aprendizagem 8, já que no restante das atividades dessa situação de aprendizagem são trabalhados e discutidos conteúdos e conceitos que podem ser utilizados para responder as questões apresentadas na Pesquisa Individual reproduzida na Figura 11.

Sendo assim, agora consideraremos como sendo a 1ª atividade dessa Situação de Aprendizagem 8 a que foi representada nas Figuras 13 e 14, que consistia em, primeiro, a apresentação de um texto, reproduzido na Figura 13, onde foram apresentados os conceitos de fontes primárias e secundárias de energia, além da discussão acerca do que são fontes renováveis e não renováveis, e da importância que essa discussão vem ganhando atualmente em nossa sociedade. Após a apresentação desse texto, é apresentada para os alunos uma tabela com algumas fontes de energia, reproduzida na Figura 14, e eles devem classificá-las entre primária ou secundária e renovável ou não renovável.

Consideramos o texto e a tabela apresentados nessa atividade como cabíveis dentro da perspectiva que queremos adotar para esse material didático, mas sugerimos que seja adotado, junto à apresentação e discussão dos conceitos abordados pelo texto de fontes energéticas, um posicionamento mais político, trazendo para discussão, por exemplo, questões sobre como são divididas as fontes energéticas brasileiras, quais são as mais utilizadas e o porquê desse tipo de distribuição. Para isso, sugerimos que sejam incluídos no Caderno do Aluno (SÃO

PAULO, 2009b) trechos do Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2011a) e do PDE 2020 - Sumário (BRASIL, 2011b).

Nessa perspectiva, sugerimos que sejam apresentados após essa primeira atividade os seguintes gráficos e tabelas representados como as Figuras 23, 24 e 25:

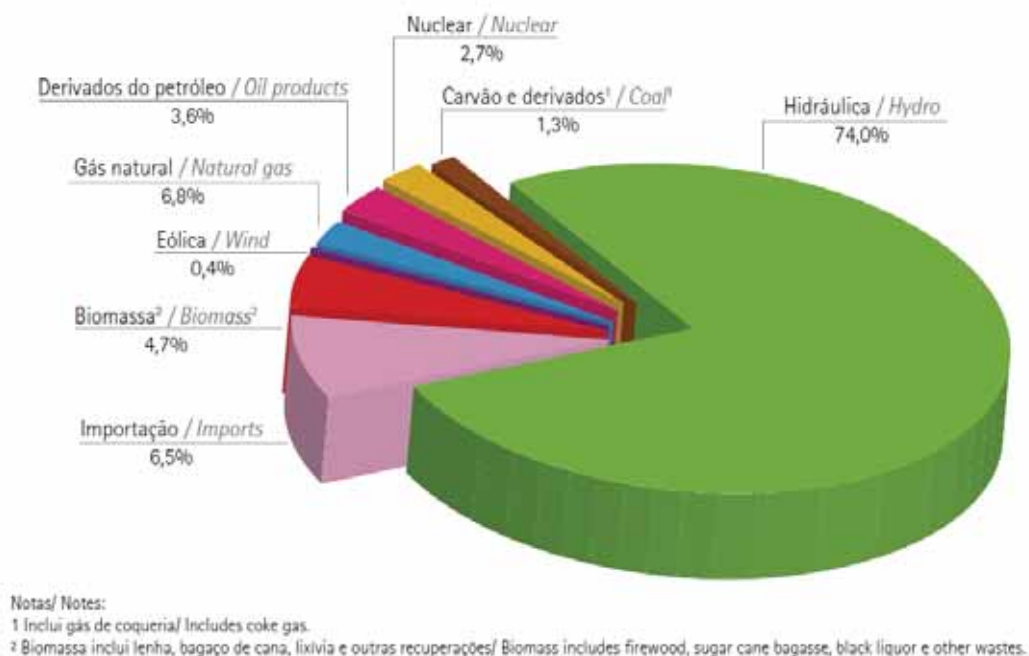


Figura 23: Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte para o Brasil para o ano de 2010, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 16)

FONTES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	SOURCES
GÁS NATURAL	4,8	5,6	6,0	6,4	6,8	7,1	7,2	7,4	6,9	7,2	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,3	1,5	COAL COKE
LENHA	8,0	8,1	8,4	8,2	8,2	8,1	7,6	7,4	7,5	7,1	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	9,1	9,8	10,6	10,6	10,8	11,9	12,4	12,7	13,0	12,9	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	1,8	1,9	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES
GÁS DE COQUERIA	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	COKE GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	3,7	3,7	3,7	3,6	3,3	3,0	3,1	3,0	2,4	2,6	COAL COKE
ELETRICIDADE	15,5	15,7	16,2	16,2	16,5	16,5	16,4	16,3	16,4	16,3	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	2,6	2,6	3,0	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	1,8	1,9	CHARCOAL
ÁLCOOL ETÍLICO	3,5	3,7	3,4	3,6	3,7	3,4	4,2	5,2	5,7	5,5	ETHYL ALCOHOL
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	TAR
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	48,7	46,4	44,0	43,3	42,7	42,2	41,4	40,8	41,8	41,9	OIL-PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	17,8	17,7	17,0	17,1	16,5	16,2	16,2	16,5	16,7	17,1	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	4,9	4,6	4,0	3,4	3,4	3,0	3,0	2,8	2,7	2,0	FUEL OIL
GASOLINA	7,6	7,0	7,2	7,1	7,0	7,1	6,7	6,4	6,7	7,3	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	4,5	4,2	3,8	3,8	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	4,6	3,7	3,9	3,7	3,7	3,6	3,6	3,0	3,3	3,0	NAPHTHA
QUEROSENE	2,0	1,8	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	5,1	4,9	4,8	4,7	4,9	4,8	5,0	4,7	5,0	4,9	OTHER OIL SECONDARIES
PRODUTOS NÃO-ENERGETICOS DE PETRÓLEO	2,3	2,5	2,1	2,2	2,3	2,7	2,3	2,7	2,7	2,9	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Figura 24: Consumo Final percentual por Fonte para o Brasil, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 24)

FONTES	10 ³ tep (toe)										SOURCES
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
GÁS NATURAL	8.254	10.066	10.880	12.185	13.410	14.384	15.456	16.652	15.245	17.268	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	2.759	3.016	3.294	3.594	3.519	3.496	3.727	3.840	2.958	3.639	COAL
LENHA	13.699	14.471	15.218	15.752	16.119	16.414	16.310	16.859	16.583	17.052	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	15.676	17.495	19.355	20.273	21.147	24.208	26.745	28.695	28.837	30.991	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	3.055	3.352	3.880	4.018	4.249	4.636	5.016	5.280	5.571	6.043	OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES
GÁS DE COQUERIA	1.219	1.178	1.259	1.342	1.328	1.289	1.387	1.065	1.200	1.415	COKE GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	6.327	6.673	6.688	6.817	6.420	6.137	6.716	6.704	5.309	6.261	COAL COKE
ELETRICIDADE	26.626	27.884	29.430	30.955	32.267	33.536	35.443	36.830	36.365	39.187	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	4.409	4.615	5.432	6.353	6.248	6.085	6.247	6.209	3.970	4.648	CHARCOAL
ÁLCOOL ETÍLICO	6.052	6.557	6.253	6.961	7.321	6.982	8.967	11.803	12.543	13.311	ETHYL ALCOHOL
ALCATRÃO	212	199	212	224	197	198	203	187	187	238	TAR
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	83.899	82.653	80.212	82.725	83.683	85.534	89.276	92.269	92.427	100.897	OIL-PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	30.619	31.521	30.885	32.657	32.382	32.816	34.836	37.442	36.911	41.134	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	8.469	8.239	7.223	6.513	6.574	6.126	6.450	6.276	5.986	4.939	FUEL OIL
GASOLINA	13.051	12.468	13.162	13.607	13.638	14.494	14.342	14.585	14.722	17.578	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	7.742	7.402	6.996	7.182	7.121	7.199	7.433	7.585	7.557	7.701	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	7.907	6.587	7.174	7.169	7.277	7.299	7.793	6.879	7.389	7.331	NAPHTHA
QUEROSENE	3.380	3.254	2.294	2.440	2.602	2.416	2.632	2.831	2.847	3.200	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	35	26	0	0	0	0	0	0	0	0	GASWORKS GAS
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	8.820	8.695	8.700	8.994	9.589	9.803	10.843	10.623	11.134	11.908	OTHER OIL SECONDARIES
PRODUTOS NÃO-ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	3.876	4.461	3.778	4.163	4.500	5.381	4.948	6.048	5.882	7.105	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	172.186	178.160	182.114	191.197	195.909	202.898	215.494	226.393	221.195	240.949	TOTAL

Figura 25: Consumo Final em TEP por Fonte para o Brasil, disponível em Balanço Energético Nacional (2011, p. 22)

Após a apresentação e discussão desse gráfico e dessas tabelas, sugerimos a apresentação das seguintes questões a serem respondidas pelos alunos:

1. Em sua opinião o que leva o Brasil a utilizar tanto a fonte hidráulica em sua matriz energética para a produção de energia elétrica?

2. Você acha que a energia elétrica que você utiliza em sua casa provém de uma Usina Hidrelétrica? Para a região em que você vive, qual é a principal fonte energética e por quê? Se for a hidrelétrica, qual seria a segunda maior fonte utilizada em sua região e por quê?

3. Pelos dados apresentados, percebemos que o Brasil utiliza prioritariamente a fonte hidráulica para a produção de energia elétrica, mas que, conforme as tabelas, a energia elétrica é apenas uma parte da energia que o Brasil utiliza. Porque utilizamos tanto a fonte hidrelétrica para a produção de energia elétrica, mas quando vemos o quadro geral somos ainda bastante dependentes de fontes não renováveis como petróleo, gás natural e carvão mineral?

4. Se você pudesse contribuir para a tomada de decisões no que diz respeito às fontes de energia utilizadas pelo Brasil, qual você escolheria como a fonte para ser utilizada em maior escala e por quê?

5. Que argumentos você utilizaria para justificar sua escolha caso ela seja diferente da escolha de outros colegas?

Sugerimos a inclusão dessas questões por julgarmos que elas possibilitam, de acordo com a forma com que o professor as abordar e discutir os dados que apresentamos anteriormente nas Figuras 22, 23 e 24, discussões que vão ao encontro do que julgamos como sendo cabível para um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA que vise à formação cidadã crítica dos alunos. Chamamos atenção para o fato que as duas últimas questões apresentadas já exigem que os alunos realizem posicionamentos críticos que são de cunho pessoal com relação a um assunto de interesse global, o que já sinaliza um caminho para o trabalho com políticas que permitem a participação pública na sua formulação/regulação.

Após essa 2ª atividade que incluímos para a Situação de Aprendizagem 8, viria o texto reproduzido anteriormente na Figura 15 com sua respectiva questão reproduzida na Figura 16, que apresenta informações a respeito do ciclo do carbono e exige que os alunos tentem relacioná-lo com a energia envolvida nesse processo. A ideia central aqui foca-se, pelo que percebemos, no fato de que, assim como acontece com a energia, o carbono não se perde durante o seu ciclo, mas vai se transformando e sendo utilizado para várias finalidades e, além

disso, possui papel fundamental na formação do petróleo, principal fonte de combustível fóssil utilizado no planeta.

Aqui sugerimos a permanência tanto do texto como da questão, desde que seja incluído na discussão do texto o papel que o petróleo e seus derivados desempenham na matriz energética brasileira. Para isso sugerimos a inclusão nessa atividade dos seguintes gráficos, que nos mostram como estava dividida a matriz energética mundial para os anos de 1973 e 2008, para discussão e comparação com a matriz energética brasileira apresentada na Figura 22, assim como a seguinte questão a respeito desses aspectos.

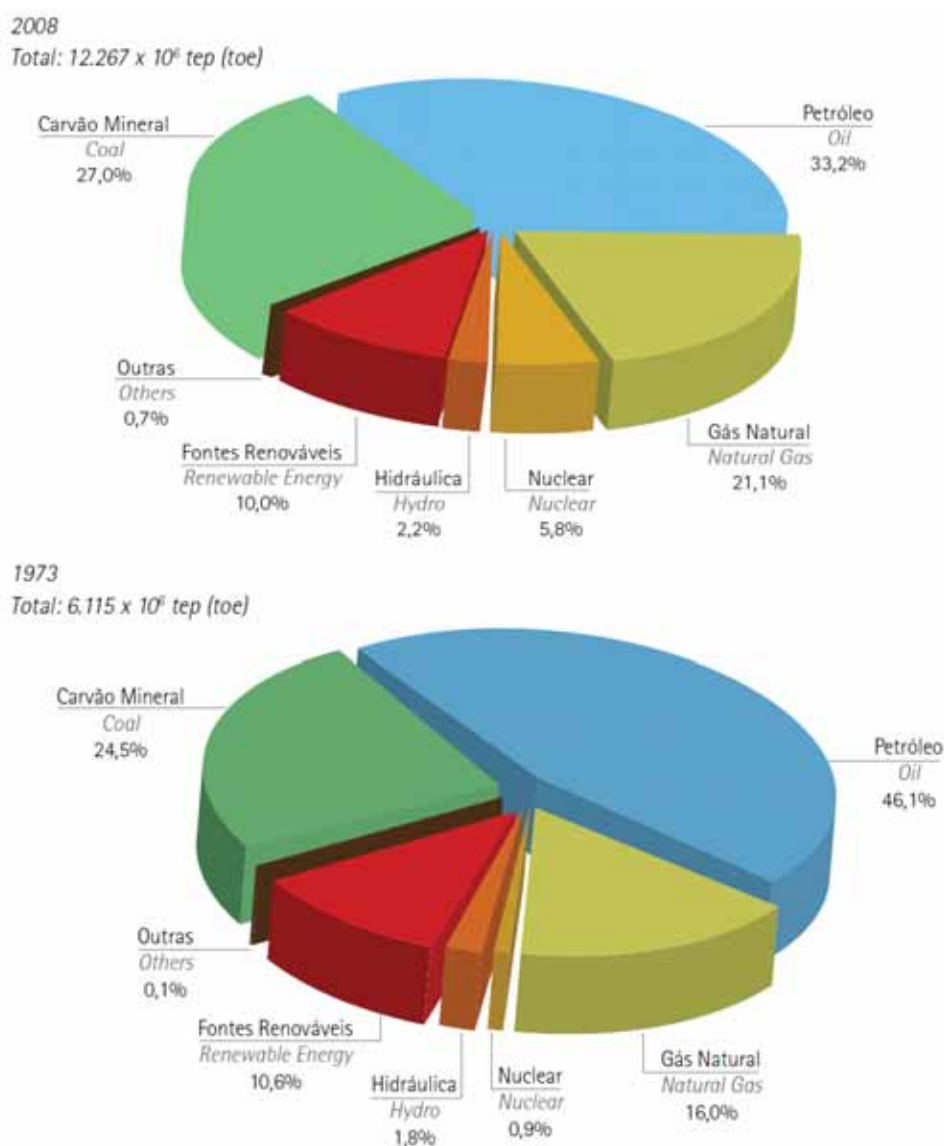


Figura 26: Distribuição da Matriz Energética Mundial nos anos de 1973 e 2008, disponível no Balanço Energético Nacional (2011, p. 163)

Como você caracterizaria a dependência brasileira do petróleo com relação à dependência mundial? O Brasil é, percentualmente, mais ou menos dependente do petróleo do que o resto do mundo? Explique.

A próxima atividade presente no Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), representada na Figura 17, apresenta-se como um conjunto de três questões que abordam alguns dos conteúdos desenvolvidos anteriormente. Apesar de julgarmos essas questões como condizentes dentro do material em questão, sugerimos aqui sua substituição por outra atividade que apresentaremos a seguir. Optamos por isso por considerar que, a essa altura, esses conteúdos já foram discutidos nas demais atividades e por esse motivo julgamos que o tempo destinado a essa atividade pode ser mais bem aproveitado para discussão de novos conteúdos relacionados com a Situação de Aprendizagem 8.

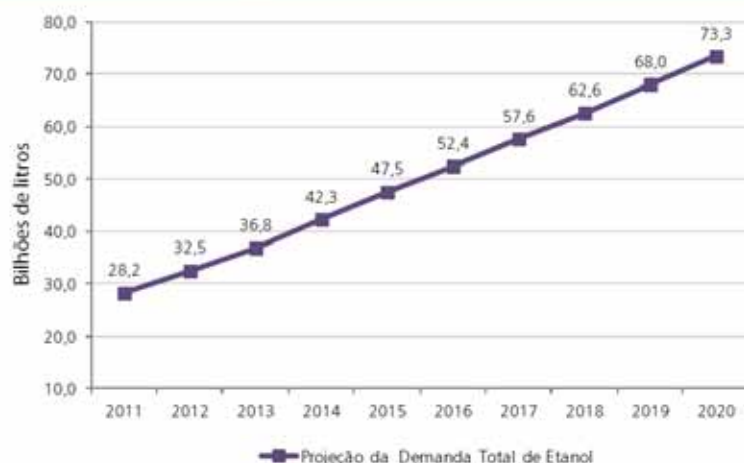
Sendo assim, para a 3ª atividade da Situação de Aprendizagem 8 sugerimos que seja apresentada aos alunos a seguinte reprodução do PDE 2020 - Sumário (BRASIL, 2011b).

OFERTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

ETANOL

Projeta-se que a demanda total de etanol, de 27,6 bilhões de litros em 2010, alcançará 73,3 bilhões em 2020 (crescimento de 10,3% a.a.), compreendendo o mercado interno – combustível e outros usos - e a parcela destinada à exportação, conforme Gráfico 21.

Gráfico 21 – Projeção da demanda total de etanol – 2011-2020



Fonte: EPE

Figura 27: Projeção de Demanda de Etanol para o Brasil entre os anos de 2011 e 2020, disponível no PDE 2020 - Sumário, p. 53

Após a apresentação e discussão desse trecho do PDE 2020 – Sumário, sugerimos o trabalho com as seguintes questões:

1. Quais as possíveis vantagens e desvantagens da utilização do etanol com relação ao petróleo e seus derivados que justificariam tamanho aumento de demanda para os próximos anos?
2. Realizando uma rápida pesquisa de preços, percebemos que o preço do etanol em postos de combustíveis é menor no estado de São Paulo do que em estados próximos como Mato Grosso do Sul, Paraná e Minas Gérias. A que você acha que se deve esse fato?
3. Por que o etanol produzido no Brasil possui vantagens, tanto sociais como econômicas, com relação ao etanol produzido em outros países como, por exemplo, os Estados Unidos?
4. Você seria a favor da disseminação da cultura da cana-de-açúcar para a produção do etanol nos demais estados do Brasil? Por quê?

Esse conjunto de questões exige dos alunos tanto a interpretação dos dados apresentados no gráfico, pesquisas realizadas extraclasse, contato com assuntos que, na maioria das vezes, estão presentes no seu dia-dia, e também um posicionamento crítico pessoal com relação à um assunto de caráter mais global. Essa atividade, portanto, se mostra bastante complexa exigindo uma série de competências e habilidades por parte dos alunos que são desejáveis para um Ensino de Ciências com um enfoque CTSA.

Como 4ª e última atividade a ser realizada em sala de aula para a Situação de Aprendizagem 8, sugerimos agora que seja adaptada a Pesquisa Individual Representada na Figura 11. Ao invés da realização de uma pesquisa do Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2011a) no *site* do Ministério de Minas e Energia para resolução das questões propostas, sugerimos que sejam apresentados e discutidos alguns dados aos alunos, e posteriormente os alunos devem responder a questões que estimulam pequenas pesquisas a serem realizadas individualmente.

Assim, sugerimos que essa 4ª atividade seja iniciada com a apresentação da seguinte tabela:

Tabela 8 – Evolução da capacidade instalada por fonte de geração (MW)											
FORTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HIDRO ^(a)	82.939	84.736	86.741	88.966	89.856	94.053	98.946	104.415	109.412	111.624	115.123
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	9.180	9.384	10.184	11.309	11.309	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659
CARVÃO	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2.371	3.744	5.172	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790
ÓLEO DIESEL	1.497	1.497	1.471	1.471	1.471	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
GÁS DE PROCESSO	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686
PCH	3.806	4.201	4.230	4.376	4.633	4.957	5.187	5.457	5.737	6.047	6.447
BIOMASSA	4.496	5.444	6.272	6.681	7.053	7.353	7.653	8.003	8.333	8.703	9.163
EÓLICA	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
TOTAL^(b)	109.578	115.467	123.192	132.763	135.182	140.853	148.441	155.430	161.887	165.779	171.138

Notas: Os valores da tabela indicam a potência instalada em dezembro de cada ano, considerando a motorização das UHE.

(a) Inclui a estimativa de importação da UHE Itaipu não consumida pelo sistema elétrico Paraguaio.

(b) Não considera a autoprodução, que, para os estudos energéticos, é representada como abatimento de carga. A evolução da participação da autoprodução de energia é descrita no Capítulo II.

Fonte: EPE.

Figura 28: Reprodução da Tabela 8 do PDE 2020 – Sumário (BRASIL, 2011b, p. 31)

Após a apresentação dessa tabela, sugerimos que os alunos respondam às seguintes questões, com o respectivo texto introdutório:

A tabela acima apresenta a previsão da capacidade de geração de energia para diversas fontes diferentes. Podemos perceber pela tabela apresentada que, no geral, a maioria das fontes sofre acréscimos ou decréscimos regulares, ou então se mantêm praticamente constantes. Podemos atribuir esses acréscimos constantes a planos de investimentos públicos ou privados e aumento de produção, e os decréscimos a diminuição de utilização de determinada fonte. Com relação a isso, gostaríamos de chamar atenção para as previsões de capacidade da fonte hidráulica para 2015 e do urânio em 2016. Ressaltamos esses dois casos porque eles representam respectivamente as previsões para inaugurações da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no rio Xingu no estado do Pará, e da Usina Nuclear Angra 3, no estado do Rio de Janeiro.

A construção de ambas as usinas foi, e ainda são, muito questionada, a primeira pelos impactos ambientais causados na área de alagamento, e a segunda pela produção de

resíduos radioativos que necessitam de uma destinação correta para não causar riscos ao meio ambiente além dos riscos associados a um vazamento dos reatores nucleares instalados na usina. Sendo assim,

1. Qual a sua opinião com relação à instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte? Quais os problemas associados a sua construção que tem estado em evidência na mídia? Você concorda com esses argumentos? Se fosse optada pela não construção dessa usina, quais medidas poderiam ser tomadas para que não houvesse problemas com a demanda energética do Brasil para os próximos anos?

2. Qual a sua opinião com relação à instalação da Usina Nuclear de Angra 3? Você considera a utilização de usinas nucleares seguras? Por que o Brasil é tão pouco dependente desse tipo de fonte se comparado a países como, por exemplo, Alemanha, França e Japão?

3. Além da construção dessas duas usinas, outro assunto relacionado à produção de energia, não se restringindo somente à energia elétrica, que tem sido muito discutida foi a descoberta da reserva do Pré-sal no litoral brasileiro. Segundo previsões, essa reserva possui potencial para colocar o Brasil entre os grandes produtores mundiais de petróleo e derivados. Você acha interessante que se invista na produção e extração de combustíveis fósseis a partir dessa reserva, sendo que existem tantos problemas na utilização desse tipo de fonte, além do fato do Brasil possuir grande potencial para produção de energia a partir de fontes renováveis?

Com isso concluímos nossas sugestões para o Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a) com relação à Situação de Aprendizagem 8 e conseqüentemente também ao Tema 3 – “Entropia e Degradação de Energia”, como um todo. Para finalizar, apresentaremos agora nossas sugestões para o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) primeiro com relação à Situação de Aprendizagem 8, e, depois, para a parte destinada à avaliação e fechamento do Tema 3.

Com relação à Situação de Aprendizagem 8, para o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) fazemos as mesmas ressalvas que fizemos para a situação de aprendizagem anterior, ou seja, primeiro sugerimos a divisão do material de acordo com a divisão das

atividades que apresentamos para o Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), e, segundo, consideramos que por mais que o professor opte pela adoção das sugestões que estamos propondo para um Ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise à formação cidadã crítica dos alunos, ele se utilizará de outros materiais como fonte de pesquisa e apoio para o desenvolvimento conceitual de suas aulas.

Uma ressalva que fazemos para essa situação de aprendizagem em questão é que, com a adoção das atividades que propomos, não consideramos mais ser possível que todo o conteúdo e atividades presentes sejam contemplados em apenas duas aulas, como estava programado no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), mas que seriam necessárias pelo menos três aulas para sua realização, sendo mais indicado, se possível, a destinação de quatro aulas para a realização plena de todas as atividades.

Para a 1ª atividade que sugerimos da Situação de Aprendizagem 8, existe já no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) uma pequena indicação que consideramos condizente para o enfoque que queremos adotar.

Trona-se possível, então, classificar essas fontes em renováveis e não renováveis, sendo esse um dos critérios importantes usados para **discutir e debater vantagens e desvantagens de seus usos no mundo**. Antes de discutir esses conceitos e fazer uma classificação, pergunte o que os alunos entendem sobre esses termos e peça que façam uma lista do que consideram fonte de um tipo e de outro (SÃO PAULO, 2009b, p. 56, grifo nosso).

Apesar de ser uma indicação bastante genérica, a ideia de trazer para discussão as vantagens e desvantagens para a realidade dos alunos de se utilizar energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis está de acordo com um Ensino de Ciências com enfoque CTSA que vise à formação cidadã dos alunos. Buscar que os alunos percebam que a ciência está presente no seu cotidiano e influencia fortemente seus comportamentos é um passo para eles se tornarem mais críticos para se posicionar com relação a processos como consórcios de licitação para construção de grandes geradoras de energia, questões sobre quais fontes devem ser utilizadas etc.

Assim, percebemos a inclinação do material para um Ensino de Ciências com enfoque CTSA que não é melhor desenvolvida pelo Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b). Por esse motivo, sugerimos que sejam adotadas no Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) indicações mais claras.

Nessa perspectiva, para a atividade em questão, sugerimos que sejam incluídos, na discussão do texto e dos dados apresentados, aspectos relacionados a esses dados, e também

outros que o professor julgar como sendo relevantes, mas que façam referência direta a realidade local dos alunos que estarão presentes nessas aulas, como por exemplo, se a região da escola possui forte influência de usinas canavieiras, o professor deve buscar trazer para discussão em sala de aula aspectos relacionados ao fato de o estado de São Paulo estar utilizando também energia proveniente da queima de biomassa proveniente prioritariamente da queima do bagaço de cana-de-açúcar residual dos processos industriais das usinas de etanol e açúcar; se a região da escola for influenciada pelo fato de existir ali uma usina hidrelétrica, o professor pode trazer para discussão o fato de o relevo brasileiro favorecer a utilização de geração hidrelétrica em detrimento de outras fontes, ou se não existir uma identidade forte na região em questão que possa direcionar esse tipo de discussão, trazer aspectos mais gerais para a discussão, relacionadas por exemplo a realidade nacional, e não local da escola. Para isso podemos sugerir que se trabalhe com a diferença entre fontes primárias e secundárias e de fontes renováveis e não renováveis e aspectos sociopolíticos relacionados a essas formas de geração de energia, como, por exemplo; aspectos que auxiliam ou não a instalação de novas formas de produção de energia, como a viabilidade da utilização de usinas eólicas em todo o território nacional devido à baixa média de incidência de ventos; o gasto associado ao potencial energético de cada uma dessas fontes etc.

Para a 2ª atividade que propusemos para essa situação de aprendizagem, sugerimos que a figura presente na página 57 do Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) seja retirada. A figura¹, que tem o objetivo de retratar o ciclo da energia na Terra, se mostra bastante confusa, não contribuindo para o desenvolvimento da atividade em si. Consideramos válida a intenção de apresentar um paralelo entre o ciclo do carbono e o ciclo da energia na Terra, mas consideramos que tal figura não terá utilidade para tal.

E sugerimos que, para além da discussão acerca de como se forma o petróleo e os outros principais combustíveis fósseis utilizados na geração de energia, sejam incluídas também considerações sobre o papel que essas fontes de energia possuem para a matriz energética brasileira. A produção e utilização de energia é muito mais complexa do que simplesmente pensarmos que os problemas relacionados com a matriz energética brasileira reduzem-se a produzir toda a energia de que necessitamos. Podem-se apresentar dados aos alunos que mostram, por exemplo, que o Brasil tanto importa como exporta energia, o que, a primeira vista, pode parecer não ter sentido, já que se precisamos importar energia de outros

1 - Reprodução disponível no Anexo 2, página 158.

lugares, deveríamos primeiro buscar atender todo o mercado interno para só depois exportarmos o excedente. Com essa informação, sugerimos que se discuta com os alunos aspectos básicos a respeito das relações econômicas envolvidas nesses processos de comércio de energia. Por exemplo, por mais que o Brasil exporte energia para outros países, em alguns casos pode ser vantajoso para o país importar energia de outros lugares, para possibilitar o fortalecimento de relações diplomáticas e econômicas.

Além disso, deve-se buscar que os alunos percebam também que, devido às proporções continentais do nosso país, em muitos casos pode ser mais barato importar energia de algum país próximo do que, por exemplo, investir em uma linha de transmissão que leve a energia produzida por uma usina termoelétrica no Rio Grande do Sul até uma cidade no interior da Amazônia.

Para finalizar essa atividade, o professor deve utilizar os dados apresentados na tabela e nos gráficos que sugerimos para comparar a dependência brasileira de combustíveis fósseis com relação à dependência mundial. Aqui podem surgir discussões sobre aspectos como: mesmo tendo uma grande gama de opções renováveis e limpas para produção de energia o Brasil ainda é muito dependente de combustíveis fósseis uma vez que o setor de transportes nacional, seja de pessoas, de mercadorias ou de produtos, é prioritariamente do tipo rodoviário, aproximadamente 62%, com predominância de veículos automotores movidos a combustíveis fósseis, mas que esse cenário pode mudar a médio/longo prazo com o aumento da frota de veículos *flex* ou de iniciativas como a produção e adoção do *biodiesel*.

Para a 3ª atividade dessa situação de aprendizagem sugerimos a adoção de uma representação de parte do PDE 2020 – Sumário (BRASIL, 2011b), Figura 26, onde é apresentada a previsão de aumento da produção de etanol no Brasil para os próximos anos. Para a discussão desses dados sugerimos que o professor foque em quesitos específicos, como as vantagens e desvantagens do etanol com relação à gasolina e ao diesel, o balanço energético desses combustíveis, a predominância desse tipo de produção no estado de São Paulo devido às vastas plantações de cana-de-açúcar existentes no estado, e da discussão surgida nos últimos anos comparando o etanol brasileiro e o norte-americano. O brasileiro possui vantagens, como um balanço energético mais eficiente, e a não utilização de culturas que poderiam ser destinadas a produção de alimentos para sua fabricação, já que o etanol norte americano é produzido a partir do milho, e que mesmo assim possui um preço mais competitivo no mercado internacional devido a subsídios oferecidos pelo governo norte americano.

Como última atividade para a Situação de Aprendizagem 8, de acordo com o que propusemos anteriormente, apresenta-se a pesquisa individual que os alunos devem fazer.

Aqui sugerimos que o professor não forneça dados acerca das respostas das questões, tentando estimular que os alunos busquem essas respostas em fontes como jornais, revistas, internet etc. O que ele pode fazer é discutir a respeito da importância que esses empreendimentos possuem para o Brasil, a capacidade de geração instalada e o impacto socioeconômico que podem gerar, como geração de empregos, impactos ambientais etc.

Para finalizar a Situação de Aprendizagem 8 do Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), o material sugere que o professor traga para sala de aula recortes de jornais, revistas, matérias provenientes da internet, enfim, notícias que estejam relacionadas de alguma maneira com os conteúdos trabalhados na Situação de Aprendizagem. Concordamos com a sugestão, mas com uma ressalva, já que do modo como está apresentado no material pode-se ter a impressão de que qualquer notícia que esteja relacionada com esses assuntos deve ser trazida para dentro de sala de aula. Deve-se sim estimular o trabalho com esse tipo de material em sala de aula, desde que tenha relevância para o desenvolvimento do conteúdo em sala de aula, já que a abordagem de notícias que não tenham relevância para o conteúdo pode acabar dificultando o seu desenvolvimento, tomando tempo destinado ao trabalho, gerando dúvidas nos alunos, desviando a atenção da turma do foco desejado, etc.

Também é sugerido pelo material que o professor busque uma aproximação com as disciplinas de Biologia e Geografia para que seja desenvolvido um trabalho interdisciplinar. Concordamos com a ideia de trabalho interdisciplinar, mas sabemos que sua realização é complicada. Se levarmos em conta os problemas que a educação brasileira enfrenta, esse tipo de iniciativa se torna ainda mais difícil, e o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) passa a impressão de que esse tipo de trabalho é extremamente simples: “[...] entre em contato com os professores dessas disciplinas (Biologia e Geografia) em sua escola para planejar as discussões em sala de aula e sistematizar o conteúdo conjuntamente, caso seja possível” (SÃO PAULO, 2009b, p. 58).

Assim, sugerimos que o professor deve buscar, ao invés de um trabalho interdisciplinar, um trabalho multidisciplinar. O conteúdo pode ser abordado separadamente por cada disciplina. Por exemplo: Geografia desenvolve um trabalho mais aprofundado acerca dos aspectos socioeconômicos envolvidos na construção da usina de Belo Monte ou comparando o tipo de relevo brasileiro, onde é prioritária a fonte hidráulica para a geração de energia, e o Japão, que possui limitações de recursos naturais para a geração de energia;

História faz um paralelo entre o processo de colonização da América e a tomada de terras dos indígenas com o processo de realocação das comunidades indígenas presentes na área a ser alagada para construção da usina; Biologia trata o caso da realocação dos animais da mesma área; e Redação propõe um trabalho de síntese e produção de textos sobre o que representa a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Após a finalização das orientações referentes à Situação de Aprendizagem 8, o Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) apresenta características que devem ser contempladas pela avaliação referente ao Tema 3 do material, reproduzida na Figura 19, e traz sugestões de questões que podem ser utilizadas nessa avaliação, reproduzidas nas Figuras 20, 21 e 22.

Quanto às características que devem estar presentes na avaliação, Figura 19, que são referidas pelo material como Indicadores de Aprendizagem, percebemos que alguns deles permitem a avaliação do conteúdo sob uma perspectiva de acordo com um Ensino de Ciências com enfoque CTSA. Vejamos o primeiro indicador apresentado:

- Estabelecer critérios para argumentar sobre a necessidade de racionalização do uso de energia no mundo.

Apesar de ser uma indicação bastante genérica, a exigência de argumentação implica a construção de um posicionamento crítico. O indicador pode ser utilizado dentro de nossa perspectiva.

Para os exemplos de questões que podem ser utilizadas para avaliação apresentadas pelo material (Figuras 20, 21 e 22), concordamos na manutenção das questões: 1, 2 e 4, por julgar que elas abordam suficientemente os conteúdos científicos trabalhados e aspectos sociocientíficos. Sugerimos a substituição das questões 3 e 5, por considerarmos que os conteúdos ali abordados não são coerentes com as Situações de Aprendizagem analisadas, pelas seguintes questões:

Mostra-se vantajoso para o Brasil investir na utilização do etanol em detrimento dos combustíveis fósseis para os veículos automotores? Explique.

Como você caracterizaria a matriz energética brasileira? Renovável, não renovável, sustentável, ambientalmente destrutiva etc.? Explique. Você concorda com a utilização dessa matriz energética, ou teria sugestões para modificá-la ou aperfeiçoá-la?

Quanto às Propostas de Situação de Recuperação², para as propostas que se direcionam ao Tema 3, é sugerido que se “Retome com os alunos as cinco questões de avaliação do Tema 3. Se julgar necessário, busque outras questões semelhantes em provas de vestibulares ou nas avaliações do Enem” (SÃO PAULO, 2009b, p. 61). Concordamos que a avaliação de recuperação pode consistir na resolução de questões que se aproximem das questões aplicadas na avaliação regular, uma vez que, se essas questões eram adequadas para a avaliação regular, elas também devem ser adequadas para a avaliação de recuperação.

2 - Reprodução disponível no Anexo 2, página 162

6. RESULTADO DOS GRUPOS FOCAIS E DISCUSSÃO

Os grupos focais se realizaram no período compreendido entre Outubro e Dezembro de 2012. Os primeiros dois encontros foram realizados junto à Diretoria Regional de Ensino da cidade de Bauru – SP, com a presença de diversos professores de Física da região em questão que lá se encontravam para a realização de uma orientação técnica promovida pela própria diretoria, onde a apresentação da pesquisa e realização do grupo focal se deu como uma das atividades previstas para essa orientação, e os demais junto a duas escolas públicas da rede estadual de ensino localizadas em áreas urbanas de baixa renda da cidade de Bauru. Nesses encontros participaram um total de 17 professores da rede pública de ensino que possuíam de maneira direta contato com o material didático distribuído pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para o Ensino Fundamental e Médio.

Foram realizados um total de 7 encontros distribuídos entre as duas escolas e a diretoria de ensino, e os professores participantes, apesar de possuir uma formação diversa, em sua maioria trabalhavam diretamente com o material didático de Física em sua prática docente. Os participantes dos grupos focais se caracterizaram como uma amostra interessante para o trabalho, uma vez que existiam tanto professores com pouca experiência didática, na faixa dos 5 anos de experiência, até professores experientes próximos de suas aposentadorias, com 25 anos de experiência. Alguns professores já possuíam certa visão que corroborava com o que a pesquisa estava propondo, como também professores que, aparentemente, nunca tinham destinado devida atenção para a busca por uma formação mais crítica de seus alunos. Muitos professores tinham opiniões bastante claras e formadas a respeito de como julgavam o material didático em questão e as alterações cabíveis.

Sendo assim elaboramos o Quadro 5, onde são descritas as características dos professores participantes dos grupos focais.

SEXO	FORMAÇÃO	EXPERIÊNCIA (anos)	DISCIPLINAS MINISTRADAS ATUALMENTE
M	Física e Filosofia	25	Física, Química e Ciências
M	Química	5	Física, Química e Matemática
F	Química e Matemática	8	Física e Química
F	Biologia	7	Física, Biologia e Ciências
M	Sociologia	10	Filosofia, Matemática e Ciências
M	Física	6	Física
M	Física	12	Física
F	Letras	12	Gramática e Inglês
M	Física	18	Física e Química
F	Física	22	Física
F	Biologia	9	Física e Ciências
M	Matemática	15	Física e Matemática
M	Educação Física	7	Educação Física
F	Física e Administração de empresas	21	Física e Matemática
M	Matemática	13	Física e Matemática
F	Matemática e Filosofia	10	Física, Matemática e Ciências
M	Biologia	19	Física, Química e Biologia

Quadro 5: Características dos professores participantes dos Grupos Focais

A partir de agora faremos referência aos professores participantes dos grupos focais nomeando-os no intervalo entre P1 e P17, e este pesquisador, no papel de moderador das discussões, será referido como M. A ordem dos professores apresentada no Quadro 5 não implica necessariamente na mesma ordem de nomeação entre P1 e P17; fazemos isso para evitar a identificação dos professores participantes por possíveis colegas que venham a ter contato com esse trabalho, buscando com isso manter a confidencialidade de suas respostas, de acordo com o que lhes foi garantido pelo termo de consentimento livre e esclarecido apresentado antes do início da realização dos grupos focais .

Também elaboramos o Quadro 6 para apresentar algumas características das duas escolas onde se realizaram os grupos focais, comparando, para o último ano do ensino

fundamental II os valores alcançados por essas escolas com os valores alcançados pela cidade de Bauru e pelo estado de São Paulo para o ano de referência 2011.

VALORES REFERENTES AO ANO DE 2011	IDEB	Prova Brasil	
		Língua Portuguesa	Matemática
Estado de São Paulo	4,3	278,6	282,9
Município de Bauru	4,4	260,5	258,7
Escola 1	4,0	223,9	232,0
Escola 2 ³	**	**	**

Quadro 6: Características escolas onde se realizaram os Grupos Focais

Fonte dos dados: <http://ideb.inep.gov.br/> e <http://sistemasprovabrazil2.inep.gov.br/resultados/>

A Escola 1 se mostra como uma escola mais tradicional, fundada no ano de 1932, atende a 450 alunos distribuídos entre ensino fundamental I e II e ensino médio. Já a Escola 2 é mais recente, fundada no ano de 2012, atende a 1000 alunos distribuídos entre ensino fundamental I e II e ensino médio, atendendo em 3 períodos.

Com a perspectiva de trazer dados que surgiram na realização dos grupos focais, selecionamos e apresentamos neste capítulo recortes das transcrições mais apropriados à análise segundo os objetivos deste trabalho.

Esse capítulo é destinado à apresentação de tais recortes e sua discussão em quatro eixos organizadores:

- 6.1. Avaliação de características presentes no material didático já utilizado
- 6.2. A realidade escolar extraclasse e sua influência sobre a prática docente
- 6.3. A formação do professor e os limites da função docente
- 6.4. A perspectiva da formação crítica e as propostas de material didático

6.1. Avaliação de características presentes no material didático já utilizado.

³ Por se tratar de uma escola nova, com inauguração no ano de 2012, a Escola 2 ainda não possui valores referentes a esses indicadores.

Quando começávamos a discutir com os professores a respeito do material didático disponibilizado pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, eles já possuíam visões bastante claras a respeito do que julgavam como ‘certo’ e do que julgavam como ‘errado’ nesse material. Uma crítica que se mostrou recorrente nos três locais em que se realizaram os grupos focais foi com relação à alegada fragmentação do conteúdo por disciplinas e séries diferentes, o que prejudicaria a adoção de estratégias interdisciplinares de ensino:

P2: Mas se você for trabalhar interdisciplinarmente, as apostilas, o material que nos é disponibilizado também tem que estar preparado. (...) Não adianta estar escrito lá que deve-se pregar por um ensino interdisciplinar, mas daí quando você vai ver (...) o caderninho de física não tem nada a ver com o que está sendo visto no caderninho de química, nem no de biologia. Os assuntos às vezes não estão nem no mesmo ano, por exemplo, você vê átomo em química no primeiro ano, já em física você só vai ver alguma coisa desse tipo no terceiro ano (...). Isso se der tempo ainda, porque essa parte de física moderna geralmente nem é dada.

Outras manifestações desse tipo também surgiram:

P8: Nos grupos que trabalharam os caderninhos que a gente está utilizando, que é o currículo mínimo que eles falam, (...) não teve interação. O que a gente percebe é que essa desconexão está na própria formação do material. Porque você pega naquela questão de estar tudo interligado, (...) aquele ensino em espiral que eles tanto falam, (...) a própria questão da interdisciplinaridade, a gente percebe que não existiu contato entre os grupos que montaram os caderninhos, porque em conteúdos que estão relacionados em disciplinas como química e biologia, física e química, nos caderninhos eles não têm relação.”

Outros problemas também foram apontados:

P12: Eu acho que o problema para esse caderninho é que ele não traz nada claro (...). Quem tem que esclarecer isso é o professor. Se o professor não tem o mínimo domínio do assunto, ninguém vai esclarecer nada para ele.

P3: Um dos problemas do caderninho também é que ele não tem o conteúdo, a conta, sabe, (...) a matemática. Daí você precisa complementar com o livro didático.

P15: O Estado pede interdisciplinaridade, mas o material que eles oferecem não colabora para isso.

Uma situação que nos chamou atenção foi quando uma professora participante confidenciou para o grupo que nunca havia conseguido trabalhar com o Caderno que contém as Situações de Aprendizagem que foram foco de estudo desta pesquisa:

P14: Eu nunca consegui trabalhar com esse caderninho.

M: Não?

P14: Não, porque ele é o do segundo bimestre. Mas o do primeiro bimestre eu não consigo dar conta nem no primeiro semestre.

M: No primeiro semestre?

P14: Isso, eu não consigo dar conta do primeiro caderninho no primeiro semestre. [No] jeito como estão propostos, o terceiro e o quarto bimestres rendem mais. Eu consigo trabalhar os conteúdos do terceiro e quarto bimestres no tempo certo. E por ser uma questão mais próxima deles, o som, é mais fácil. Mas eu não posso entrar na parte matemática, porque eles não conseguem.

Apesar de nenhum dos outros professores terem assumido tanta dificuldade para cumprir os Cadernos, todos concordaram que a distribuição dos conteúdos e o tempo estipulado para seu cumprimento apresentam discrepâncias. Muitos professores reclamaram que existem atividades demais para o tempo estipulado para as aulas de Física.

P11: Não é que é muita coisa, porque precisava de mais Física, mais Química, mais Biologia, mais Ciências, porque o que tem na escola não é Ciências, eu nem sei o que é, mas não é Ciências. O aluno precisava saber falar Física, escrever Física, ler Física (...). Mas, enfim, o que eu estava querendo dizer é que com o tanto de aula que a gente tem, o que tem no caderninho já é muita coisa, não dá, não tem como você cumprir tudo o que está ali, alguma coisa vai ficar incompleta.

Apesar das críticas surgidas ao material didático, foi consenso entre os professores que ele não pode ser deixado de lado.

P2: Eu vejo assim, nós não podemos jogar fora o caderninho (...). Nós temos que aprimorá-lo, enriquecer o caderninho, porque é ele que vai com a gente pra dentro da sala de aula.

P16: A ideia do caderninho em si não é ruim. Pra falar a verdade, ela é extremamente interessante. O problema é que na hora que foi pro papel, algumas coisas não deram certo.

O que pudemos perceber com esses posicionamentos é que, apesar de existirem críticas quanto ao material didático em si, a maioria delas não se destina especificamente ao material, mas sim ao conjunto que é formado pelo material e a realidade escolar em que esse ele e o próprio professor estão inseridos.

Problemas com o currículo, distribuição das aulas, entre outros também estiveram presentes nos posicionamentos dos professores.

6.2. A realidade escolar extraclasse e sua influência sobre a prática docente

Enquanto discutíamos a respeito do que os professores achavam do material didático, muitas de suas críticas não eram direcionadas especificamente ao material, mas sim a toda a realidade subjacente à sua utilização. No entanto, muitas vezes os professores não perceberam que o foco de sua crítica estava além do próprio material didático, não ampliando a visão do que influencia sua prática docente em sala de aula. O currículo em si, para além dos Cadernos, já se apresentava como um problema, pelo fato de os professores não o considerarem condizente, entre outros aspectos, com o número de aulas disponíveis para as disciplinas das Ciências Naturais e Matemática.

P9: Nenhuma sequência didática organizada pela material atende à demanda dentro de sala de aula.

M: Mas antes do caderninho era melhor?

P9: As sequências dos livros didáticos são melhores.

M: Vocês acham que têm liberdade suficiente para fazer esse tipo de adaptação no caderno? E o currículo das duas disciplinas, o que vocês acham dele?

P8: O currículo, pelo menos em língua portuguesa, não é coerente com o caderninho (...). O currículo para o ensino médio foi finalizado depois da produção dos caderninhos, então tem conteúdos do currículo que não estão nos caderninhos.

P9: O número de aulas previstas lá pelo caderninho também não são suficientes, porque as sequências didáticas organizadas pelos caderninhos não atendem às demandas de sala de aula.

M: Mas você acha que o currículo é coerente com a sua disciplina, só o caderno que não ou os dois têm problemas?

P9: Olha, o currículo tá mais coerente com o livro didático, muitas vezes você tem que voltar para o livro pra conseguir atingir o que está no currículo (...). Se você ficar só no caderninho, vai ficar com uma defasagem bem maior do que se você usar o livro didático. Aí você tem uma demanda muito grande para adequar a proposta de atividade do caderno com aquilo que você tem que colocar pra sua sala de aula, acaba sendo um trabalho de pesquisa, de elaboração, que os professores estão fazendo.

Esta discussão surgiu enquanto o pesquisador/moderador discutia com os professores participantes de um dos grupos focais a possibilidade de alterações das atividades presentes no material didático, e mostra que, muitas vezes, os professores preferem a utilização de um livro didático por considerá-lo mais completo que o Caderno para utilização em sala de aula. Outro tipo de fato que surgiu das discussões foi com relação à profissão docente em si, quanto a salários, rotina, excesso de aulas, falta de tempo para estudo, falta de estrutura da escola, etc.

P2: Olha, sua iniciativa é muito legal, e realmente seria interessante que tivessem mais iniciativas como a sua porque a gente (...) do jeito que a coisa tá não tem como pensar em fazer um negócio desse tipo. Quando é que a gente vai conseguir sentar e pensar, porque para fazer um negócio desse aí precisa de tempo, se não vai ser só mais uma atividadezinha qualquer aí que a gente vai fazer sem nenhum objetivo maior. (...) Mas quando a gente tem tempo para ir atrás de dados para apresentar para os alunos? De ler um documento desse tamanho, sabendo que isso também não vai querer dizer que a

gente está preparado para qualquer dúvida do aluno. Não dá. A escola, do jeito que está estruturada, não deixa. A gente dá aula aqui, dá aula ali, corrige prova, faz trabalho, corrige tarefa, prepara aula, além de fazer tudo isso ainda vive em uma pindaíba danada (...).

P1: E o governo fala tanto que precisa de professor. Agora fala para mim, você (se referindo ao pesquisador) está terminando o mestrado, certo?

M: Isso.

P1: Depois provavelmente vai fazer o doutorado?

M: Se tudo der certo sim.

P1: Então me diz aí, estudou não sei quanto tempo para se formar em Física, que diga-se de passagem não é nem um pouco fácil, depois vai aí mais 2, 3 anos para o mestrado, que também exige muito, e depois ainda uns 4 anos para o doutorado, que eu acho que não preciso nem falar da dificuldade. Agora me diz (...): vai perder aí uns 10 anos. Depois de tudo isso você vai querer vim trabalhar em uma escola pública para ganhar mil, 2 mil reais por mês? Não vai. E você não está errado, se fosse eu, também não ia querer. Não compensa. O professor não é valorizado.

P1: Daí, por exemplo, quando chega na Química, a maioria das atividades do caderninho precisam de um laboratório. Eu não tive como usar o caderninho de Química esse ano. A escola não tem laboratório. Foram poucas as coisas que eu consegui utilizar dos caderninhos de Química esse ano.

P4: Daí você quer trabalhar com esse aluno em uma perspectiva de tentar ensinar ele a buscar a informação, a utilizar a internet para alguma coisa útil (...). A escola ainda não tem laboratório de informática, daí como é que faz? Muitos deles têm internet no celular, mas não são todos, eu não tenho, então não dá para usar (...).

Por mais que essas situações de falta de infraestrutura não estejam presentes em todas as escolas, elas devem ser levadas em conta, uma vez que, nas escolas em que elas se apresentam, limitam muito as possibilidades de atuação dos professores.

Ainda nessa perspectiva, quando discutíamos em um dos grupos focais a possibilidade de visar no ensino de Física a formação crítica do aluno, surgiu a seguinte afirmação:

P5: Ela é até desejável (a perspectiva de trabalhar a formação crítica do aluno no ensino de Física). [Mas] você trabalhar numa perspectiva dessa, agora, do jeito que a escola está estruturada, e a demanda que se tem da escola com relação a formar o pessoal (...) principalmente para o mercado, a história de formar o cidadão fica muito no papel. A cobrança que se tem aí é diferente. Todo o conteúdo que está na prova do Saesp, Prova Brasil, Enem é muito além do que tá no caderninho. Então, a ideia de formar um cidadão crítico fica para escanteio. Ele precisa saber lá as operações fundamentais da matemática, precisa conseguir ler e interpretar um texto, e olha que nem isso ele consegue. Se pensar desse jeito, você está formando o cara para se encaixar no mercado de trabalho, não tem a ver com formar o cidadão, eu acho que para buscar isso exige uma reformulação muito maior da estrutura da educação (...). Isso é coisa para médio e longo prazo, não é para agora.

Esta afirmação permitiria o aprofundamento em uma questão bastante crítica que está presente no ensino de nível médio de maneira geral, que é a influência das avaliações de larga escala dentro da sala de aula. Nesse sentido, seguiu-se o seguinte diálogo:

M: Vocês acham que o que se ensina na escola é moldado pelas grandes avaliações?

P6: Não, porque o que cobram nessas avaliações é muito além do que vem nos caderninhos.

M: O que vocês ensinam não é necessariamente o que está nos caderninhos, que são só uma das alternativas para a sala de aula. O que vocês tentam ensinar é guiado pelo que vocês acham que vai ser cobrado por mecanismos desse tipo?

P7: Ah, não tem como negar que pelo menos um pouco influencia. É Enem que compara as escolas pelo resultado, é Saesp que conta no bônus...

P6: Esse ano veio até uma provinha para preparar o aluno para o Saesp (...). Parece até que a gente só está aqui para treinar o aluno para passar nessas provas.

P7: Agora ainda com esse negócio do Enem ser vestibular, por mais que muitas vezes a ideia de uma universidade nem passe pela cabeça do aluno, ele quer ir bem no Enem, porque compara ele com os outros e não quer ficar para trás.

Outro tema recorrente nas discussões foi com relação à formação do aluno, sobre como ele chega ao ensino médio, e se essa formação inicial é suficiente para seguir os estudos nas áreas de Ciências Naturais e Matemática.

Nessa perspectiva, a dificuldade de leitura e interpretação de textos, a falta de domínio das operações matemáticas básicas e falta de familiaridade com o método científico se mostram como problemas que afetam o trabalho dos professores no ensino médio.

P13: O aluno chega no ensino médio eu não sei como, sinceramente. Chega com nível de 6ª, 7ª série (...). Isso quando ele não chega analfabeto. Daí como é que a gente vai conseguir ensinar Física, Química, Matemática se ele não consegue entender o enunciado de um exercício, se ele não sabe fazer divisão, multiplicação (...). A gente tem um programa pra cumprir, não dá pra ficar parando a aula pra ensinar o aluno a fazer continha de multiplicação e divisão.

P17: Eu não digo nem que o Estado quer as pessoas burras ou alguma coisa desse tipo. Eu não acho que é isso. Acho que o próprio sistema não deixa a coisa se aprofundar (...). Parece que as questões da escola são muito superficiais, por n motivos diferentes. Eu tenho duas aulas de Física por semana, duas de Química. O que eu vou fazer com isso? Como é que eu explico o átomo por exemplo? É uma ideia extremamente abstrata e ele nunca foi treinado pra pensar desse jeito (...). O que são as aulas de Ciências do 6º ao 9º anos? Três anos especificamente de biologia praticamente. Você vai ensinar higiene, higiene pública, alguma coisa aí quando teve a Rio+20, o terremoto lá de não sei onde...

M: Preservação do meio ambiente, economia de energia...

P17: São só situações midiáticas e superficiais. Eu não vejo uma formação científica de fato que incentive a pesquisa, o elaborar um texto ali, o pensar sobre. A minha crítica então é nesse sentido, isso é um absurdo, porque eu chego lá no primeiro ano (do ensino médio), o aluno teve lá seis meses, quando teve lá seis meses com um professor de Ciências que sabe o que está falando de Física e Química, porque geralmente professor de Ciências é professor de Biologia, e falta muito pra ele de Física e Química, pela própria formação (...).

P12: Um dos problemas é que o aluno não foi... não sei se é treinado, mas instigado, não foi incentivado.

P12: Eles estão acostumados que eles entram na escola pra estudar, mas saiu dali acabou. Eles não entendem que a leitura de um texto, o assistir um programa de TV, uma conversa com alguém é uma forma de aprendizado (...) que pode ser utilizado na escola.

Outro dado importante que emergiu das discussões realizadas nos grupos focais esteve relacionado à visão sobre a formação do próprio professor, se é suficiente para a prática docente e qual é o papel da universidade dentro da escola.

6.3.A formação do professor e os limites da função docente

Muitas foram as críticas e os questionamentos surgidos durante a discussão sobre se a universidade realmente forma um professor. O profissional egresso dessas instituições está preparado para exercer a função docente em sala de aula? Por que a universidade não se aproxima das escolas? Quem são os formadores de professores nas universidades? Os contornos de tais questionamentos podem ser percebidos nas seguintes falas, que discorrem sobre a possibilidade de o aluno perceber a presença das ciências no cotidiano:

P5: Aí tem outra barreira que eu acho mais séria: a competência do professor em direcionar ele a pensar dessa forma. Infelizmente, a gente tem o limite dos colegas de profissão (...).

P9: 99% dos nossos alunos não têm leitura, não têm interpretação de número, não sabem fazer uma associação (...).

M: E os professores?

P9: Quem dos nossos colegas professores faz uma leitura de um artigo científico? Nem Superinteressante pega.

P2: E como trazer o diálogo para sala de aula, a possibilidade de debate, trabalhar com questões abertas, se esse professor não consegue nem dialogar com os colegas? Ele não sabe ouvir, tá sempre certo, e aí de você se discordar dele (...) É uma guerra.

P15: Na faculdade, eu tive um mundaréu de disciplinas técnicas extremamente complicadas... Onde eu uso tudo isso na escola? Será que essa formação tá certa?

M: Do aluno ou do professor?

P15: Da licenciatura. Eu vejo que estuda tanta coisa, vai para um estudo tão longe do que é dado na escola, que aquilo que deveria ser de fato ensinado e tal, o professor não tem base.

P15: O currículo precisava ser revisto, mas também se complicar muito a coisa os alunos não tem base para acompanhar (...) Mas eu vejo que agora os professores precisavam ser formados mais professores mesmo, mais experientes, porque nós não estamos formando professores, estão sendo formados bacharéis que podem dar aula. Quantas vezes, quantos pesquisadores de Física vão falar sobre Pedagogia?

P15: Quando os professores chegam aqui para dar aula é que eles vão aprender a dar aula de fato.

P7: O fato é o seguinte, tem que aumentar a pesquisa pedagógica da área que ele está estudando.

M: Ele tem que sair da faculdade mais professor.

P7: Isso, mais professor.

P9: E essas disciplinas não podem ser ministradas por professores da área dura.

P7: Ou que eles sejam da área dura, mas que também tenham essa formação. Já sentimos essa dificuldade na lida com os alunos. A gente até sabe o que fazer, mas uma pesquisa que nos dê algum subsídio seria muito bom.

P7: Talvez diminuir a parte técnica seja muito extremista, mas a questão pedagógica, filosófica, precisava ser melhor trabalhada.

A possibilidade de trabalhar em uma perspectiva crítica dentro de sala de aula também foi tratada com os participantes dos grupos focais:

P12: [Além da] questão da formação do professor, um problema que eu considero tão importante quanto, é a universidade que forma o professor. Qual é a proximidade das universidades com a escola?

P11: Perfeito.

P12: Eu ainda mantive um pouco de contato com a universidade porque eu fiz o projetinho de extensão com alunos da (universidade de Bauru – SP) e também da (universidade de Bauru – SP). Se não fosse assim, não ia mais ter contato com a universidade depois de formado. Por que esse distanciamento de onde a gente vai trabalhar?

P11: Você vê comentários de colegas de trabalho que ainda estão concluindo a faculdade, que o professor de didática nunca pisou em uma sala de aula de uma escola pública (...). Que formação ele está passando?

P12: Exatamente, eles não fazem parte dessa realidade. Eles supõem, baseados nos teóricos, que também não estão aqui, que a coisa funciona de determinado jeito. Daí a culpa cai em quem? Cai no professor. Se tem pesquisa mostrando como é que tem que fazer, o errado é o professor que não consegue fazer o que está lá.

Esses trechos ilustram como os professores consideram que uma formação limitada dificulta um trabalho mais consistente. Ainda questionamos os professores se eles consideravam que a busca por uma formação crítica dos alunos era também uma tarefa deles, enquanto professores de ciências, ou se eles consideravam que seu papel se limitava mais ao trabalho com aquilo considerado “científico” no âmbito de suas disciplinas, e não com questões como cidadania, ética e formação crítica.

M: Na construção do conhecimento, uma das possibilidades é a construção da cidadania. A gente tem que preparar o aluno para o exercício da cidadania. Temos aqui hoje professores de várias áreas. Vocês acham que é seu papel se preocupar com a formação cidadã?

P1: Eu acho que isso aí já é questão da Sociologia.

M: Mas você acha que é papel só da Sociologia formar o cidadão?

P2: Não.

M: Então é de quem, de todo mundo?

P2: De todo mundo.

M: Com sua formação acadêmica, dá para trabalhar nessa perspectiva?

Geral: Não.

P4: Não dá, a nossa formação é muito limitada. No próprio quesito científico, ela deixa a desejar. Tem assunto no caderninho de Física que a gente tem dificuldade.

Astronomia, Física moderna (...) são assuntos que eu não vi na faculdade. Isso tem no caderninho do 3º ano. Para conseguir passar isso para eles a gente tem que buscar, tem que estudar.

M: Mas o que você acha mais difícil: ensinar Astronomia e Física Moderna ou tentar ensinar o aluno a pensar criticamente?

P4: Pensando assim, acho que é mais fácil ensinar Astronomia, do que ensinar ele a ser crítico, não sei como ensinar o aluno a ser crítico.

M: Mas é importante isso?

P4: Acho que sim.

M: Você acha que também é seu papel buscar isso?

P4: Também.

M: A função docente de vocês vai para além da escola?

P1: Vai além, vai também pro dia a dia...

Após discutir com os participantes dos grupos focais a proposta de reformulação de questões nos Cadernos do Aluno e do Professor para tratar das implicações sociais da irreversibilidade de processos de transformação de energia e o funcionamento de um motor a combustão com perda de energia, surgiram observações relevantes sobre a adequação das mudanças propostas:

M: Vocês acham que é possível trazer para sala de aula esse tipo de discussão voltada à formação para cidadania?

P12: Pela minha experiência de 10 anos de aula, tem que ser. O aluno precisa disso. Não adianta a gente ficar lá passando fórmula pra ele decorar, exercíciuzinho mecânico para ele resolver. Não adianta, não tem significado.

M: Mas então por que é tão difícil de ver isso acontecer?

P12: Olha, eu falo que eu faço isso porque na minha vida inteira minhas aulas foram assim. Na minha formação básica já tinha isso: os professores traziam artigos de jornais pra gente discutir, a gente falava sobre política, sobre o que estava acontecendo na minha cidade. Não tem como ser desvinculado. Esse tipo de coisa te instiga, você quer saber mais, você tem que ir atrás.

M: Mas isso acontecia nas suas aulas de Ciências? Física, Química, Matemática?

P12: Sim. Acontecia muito menos do que nas aulas de Geografia, História, mas acontecia também. E hoje isso tá mais fácil ainda, porque tudo tem tecnologia, tudo tem ciência (...).

M: Sua formação superior ajuda nesse tipo de trabalho?

P12: Nem um pouco, isso vem de berço, na faculdade não tem nada disso, se bobear você sai mais alienado do que quando entrou (...). Por isso que eu tento conversar com os meus alunos, explicar, trazer problemas de fora, mas é difícil. Você começa a discutir alguma coisa, daí aparece, sei lá, alguma coisa diferente de biologia, daí ele vai e pergunta pro professor de biologia isso, daí já viu... Já aconteceu de um colega ficar bravo comigo porque os alunos ficavam levando dúvidas que surgiam na minha aula, e não eram da minha área, para ele responder.

Os recortes acima apresentados delimitam um panorama das discussões que surgiram durante a realização dos grupos focais, sobre aspectos como as impressões dos professores em relação ao material didático já existente e a influência da formação profissional sobre seu desempenho no uso dos Cadernos. Durante a realização dos grupos focais, destinamos atenção especial às propostas de modificação ao material didático. Outras falas dos participantes dos grupos a esse respeito serão apresentadas na próxima seção

6.4. A perspectiva da formação crítica e as propostas de material didático

Antes da realização dos grupos focais, com pelo menos uma semana de antecedência, os professores participantes receberam o material didático com as modificações propostas, a fim de que tivessem tempo para conhecê-lo e começassem a formar suas opiniões a respeito dele.

No início dos grupos, apresentamos e discutimos com os professores a primeira atividade da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno (SÃO PAULO, 2009a), que consistia de um texto no qual foram retratados os processos de degradação da energia envolvidos no funcionamento de um motor a combustão. Procuramos deixar sempre muito claro o que já era existente no material didático (texto e primeira questão), e o que se caracterizava como as propostas de aperfeiçoamento que criamos para o material. Também ressaltamos a utilização dos documentos oficiais que contêm os elementos ali presentes, tanto

o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2011a) quanto o Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (BRASIL, 2011c), e os explicamos brevemente.

O Balanço Energético Nacional não despertou grande interesse dos participantes, por consistir em uma lista de fontes de energia utilizadas no Brasil e sua representação percentual dentro da matriz energética brasileira. O PDE 2020 gerou mais discussões, uma vez que instigamos os professores com a apresentação das consultas públicas e o seu potencial de utilização dentro de sala de aula.

A discussão centrou-se em especial nas questões presentes na proposta de reformulação do material didático. Debates as dificuldades relacionadas ao trabalho com questões abertas, como a exigência de interdisciplinaridade, e de trazer a realidade social para dentro da sala de aula, através de um ensino mais conceitual e menos matematizado. Os professores expressaram seu receio de lidar com questões abertas como a formulada na Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno, que suscita reflexões sobre a possibilidade de superação do caráter irreversível da degradação de energia no funcionamento de um motor a combustão:

M: Mas ele não vai saber a resposta certa, porque é uma pergunta que não tem resposta.

P10: É, não tem uma resposta certa.

P11: Mas não ia ser bom se pudesse reverter esse processo?

M: Mas bom pra quem?

P11: Pra sociedade inteira.

M: Porque você pode pensar assim, mas se eu tenho carro e se existir um carro que for muito mais eficiente, para mim vai ser melhor, porque eu vou gastar menos com combustível.

P12: Só que daí implica dentro da sociedade muitas outras coisas. Eu estou gerando menos empregos.

M: Exatamente.

P12: Ou estou favorecendo certa empresa, que cria esse motor, e outra não.

M: E se o pai desse aluno é frentista em um posto de combustível, vai ser bom pra ele? Ele pode perder o emprego.

M: O material tem que ter uma abordagem mais local, mais dinâmica. Vamos dizer que exista, em uma grande fazenda, uma central hidrelétrica que pudesse distribuir a

energia excedente de volta para a rede, e essa energia fosse consumida pelo bairro. A ideia é trazer essa realidade para dentro de sala de aula. O que essa fazenda iria representar para o bairro, como ela produz essa energia, como ela volta pra rede, o que significa esse voltar pra rede?

P10: Mas é difícil pensar em uma coisa desse tipo, o aluno não consegue (...) trazer o que é de fora para dentro da escola e nem levar a escola pra fora.

P1: O que acontece aí é que o professor tem que saber Física, Química, Biologia, História...

P4: Exatamente, fazer a interação.

P1: Ele pode chegar lá para falar de fotossíntese e falar de energia também.

P2: É complicado. E se ele não souber a resposta?

P1: Ele perde a autoridade na questão de ser dono do conhecimento.

P4: Mas esses alunos não querem que isso aconteça também. Esse conceito está sendo bastante difundido, de o professor não ser o detentor do conhecimento, mas no momento que você chega em uma sala de aula e fala “eu não sei isso”, os alunos já passam a te olhar de outra forma, eles não têm mais confiança em você, mesmo eles entendendo que isso seria o mais adequado. E, hoje em dia, se você perde a confiança da sala, acabou, você não consegue fazer mais nada.

Quanto especificamente às propostas de modificação que apresentamos aos professores, as críticas se mostraram mais pontuais, uma vez que eles acabaram chegando a um consenso de que elas estavam de acordo com a proposta maior de um ensino que visasse à formação crítica dos alunos, e suas maiores críticas e dúvidas se relacionaram à viabilidade desse tipo de abordagem, considerando a extensão das atividades e sua linguagem.

Quanto especificamente ao Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b), os professores participantes dos grupos focais sugeriram que o seu novo formato, com modificações no texto e nova dinâmica proposta durante o trabalho, poderia ser mais eficiente do que a forma como ele atualmente se apresenta.

Sobre o a proposta de modificação da Situação de Aprendizagem 8, que abordou a demanda de etanol para o Brasil e suas respectivas atividades, os professores assim se manifestaram:

P10: Suas atividades estão excelentes para aquilo que você está se propondo. Só que para responder essas questões, os alunos já têm que ter uma bagagem, tem que saber um pouco a respeito do etanol do Brasil, dos Estados Unidos, e como a gente sabe que os alunos não tem leitura, isso vai ficar um pouco mais difícil.

P8: Tem muita coisa na escola que dificulta isso, mas você não pode desanimar por isso não. Eu achei muito bacana o que você está propondo.

Sobre a atividade da Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Aluno, que trata da degradação da energia no funcionamento de um motor a combustão, os professores assim se manifestaram:

P1: Eu acho que aqui não seria uma questão para ser trabalhada unicamente pela Física. Aqui eu acho que a Geografia tinha que ser inclusa para poder justificar essa parte dos processos humanos de produção e transformação de energia, porque vai afetar a economia.

P2: Toma cuidado com a linguagem. Pode parecer que não, mas irreversível ia ser difícil para eles, porque apesar de a gente falar, explicar, eles não fixam esse tipo de informação.

M: Vocês acham que os enunciados deveriam ser simplificados?

P1: Eu sinceramente acho que não pode abrir mão dessas coisas. É a linguagem envolvida com o que está sendo abordado.

P3: É, se a gente voltar ao nível do aluno, eles nunca vão crescer intelectualmente. E a gente tem que tentar fazer com que eles cresçam nesse sentido: melhorar o vocabulário, a leitura. Não sabe o que significa, vai no dicionário, vai no Google, tem que aprender a pesquisar.

Em geral, os professores participantes apontaram as dificuldades de uso do material proposto na escola atual:

P9: Quando a gente amplia muito o número de atividades, o aluno não alcança e você também não dá conta enquanto professor. Sua ideia está boa, mas do jeito que está a escola, você vai ter um pouco de dificuldade.

P12: Suas questões estão bem extensas. Eu não acho isso desejável, pelo menos ainda não. Você pode perceber que as próprias questões da apostila não passam de 3 ou 4 linhas no máximo. Mais que isso os alunos não conseguem trabalhar.

As modificações propostas para a Situação de Aprendizagem 7 do Caderno do Professor (SÃO PAULO, 2009b) foram assim avaliadas pelos participantes:

M: Você conhece o Caderno do Professor?

P3: Vocês acham que cabe esse tipo de indicação no Caderno?

P3: Eu sinceramente não gosto. O texto está muito bom, muito bem escrito, mas muita coisa que está aqui, para mim, é óbvia.

P4: Você tem que lembrar que tem que ser direto, óbvio, porque muito professor não entende.

P4: Muitas vezes, você não consegue preparar a aula antes, daí o que faz? Você dá uma lida no material antes, já vai lembrando e associando outras possibilidades. Então, quanto mais específico, desde que não seja limitante, melhor.

P3: Acho que é um comentário mais pertinente essa última frase que você colocou. Aqui está parecendo mais um debate, uma conversa. Isso eu acho legal de existir, de tentar fazer o professor pensar dessa forma, para trazer esse debate para dentro da sala de aula.

P4: Legal, aqui é como se estivesse falando com alguém que já sabe o que está acontecendo, já aqui no começo é como se estivesse falando com alguém que ainda não sabe o que está acontecendo. Olha, se você não sabe o que fazer, você pode fazer assim (...).

P3: Exatamente.

P4: Eu acho que as duas são necessárias.

P3: Eu gosto de texto assim, mais fluido. Olha, isso aqui, pode ser assim, ou assim, parece que é um direcionamento menos evidente, também é diretivo, mas é diferenciado, é mais um debate.

P4: Mas eu acho que é necessária a primeira parte, porque não tem professores com formação de Física suficiente para todo lugar.

P3: É, também tem isso. Mas eu também não estava querendo dizer que o texto está ruim, é que eu prefiro uma coisa menos óbvia, “agora você pega e desenha um círculo

no canto esquerdo superior da lousa, mas tem que ser no canto esquerdo”, porque assim parece que o professor não sabe pra onde está indo, não sabe o que vai acontecer. Agora, quando é menos diretivo, o professor já tem mais autonomia, tem que saber o que está acontecendo. Mas o texto está bom sim, pensando desse modo realmente tem que ter o mínimo do direcionamento para todos os professores conseguirem fazer pelo menos o mínimo, mas mesmo assim você ainda deu liberdade para quem sabe um pouco mais do assunto levar a discussão para o lado que desejar.

P9: O Caderno do Professor está muito bom, bem melhor do que o jeito que está. As coisas estão mais claras, melhor explicadas, melhor organizadas, e também dão um auxílio melhor para o professor. Independentemente de mudar o caderninho do aluno, acho que o do professor podia ser alterado para alguma coisa mais parecida com isso aqui.

Durante a realização dos grupos focais, várias foram as características apontadas pelos professores como sendo relacionadas ao material didático já existente, à sua prática docente e que fazem referência às nossas propostas de aperfeiçoamento para o material didático distribuído pela Secretária de Educação de São Paulo e utilizado na rede pública estadual de ensino.

Essas características, por mais que muitas vezes os professores as julgassem como sendo referentes ao material didático em questão, na maioria dos casos faziam referência a uma realidade escolar maior que está diretamente envolvida no funcionamento da escola. Porque sugerimos isso? Ora, quando o professor diz que tem dificuldade em utilizar os Cadernos porque seus alunos não conseguem ler, não tem linguagem suficiente para tal, ou que eles não estão acostumados a pesquisar, isso não são problemas que podem ser atribuídos diretamente aos Cadernos, mesmo aos utilizados nas séries iniciais. São problemas que devem ser atribuídos a uma realidade escolar, social, econômica e política presente na vida desse aluno. Ele não possui o costume da leitura, da pesquisa, da busca por informações. Isso não significa que a escola possa ser eximida da culpa por esse quadro, ela deve sim realizar esforços para mudar essa situação, e provavelmente nesse processo a reformulação de trechos do material didático estará presente.

Nesse sentido devemos estabelecer um limite de quais são os problemas levantados pelos professores que realmente podem ser atribuídos ao material didático, ou mesmo quais são os problemas que podem ser combatidos diretamente pela modificação desse material, e

quais problemas, que embora influenciem a utilização desse material, estão além da sua capacidade e do seu alcance. Nessa perspectiva, deficiências de infraestrutura, como falta de laboratórios, de material, de computadores, a dificuldade do aluno estabelecer relações entre a escola e o mundo para além dessa escola, a dificuldade de leitura e interpretação de texto, a falta de familiaridade com as operações matemáticas básicas e as próprias limitações docentes são problemas que, por mais sérios que sejam e por mais que influenciem diretamente a utilização do material didático, não podem ser atribuídos ao próprio material.

Para alguns desses problemas, o material didático pode até exercer papel importante na resolução, como no caso da dificuldade de leitura e interpretação de texto e a falta de familiaridade com as operações matemáticas básicas, mas mesmo para esses deve existir uma mudança em maior escala.

Para o caso da falta de infraestrutura das escolas, por mais que não seja objetivo desse trabalho discutir esse tipo de situação, devemos ter claro que, nos locais em que se apresenta, esse tipo de problema se mostra como um empecilho extremamente limitante para o exercício digno e satisfatório da prática docente. Tais limitações podem ser contornadas com imaginação e boa vontade? Em alguns casos sim, mas para tudo existe um limite, e a profissão docente não deve ser rebaixada a um nível em que a imaginação e a boa vontade do professor devam ser maiores que sua qualificação profissional. Assim como em todas as demais profissões existentes, o professor deve ter condições mínimas e dignas para exercer sua profissão.

Quanto aos problemas apontados pelos professores que podem ser considerados diretamente relacionados ao material didático, podemos citar, como o mais recorrente durante a realização dos grupos focais, a fragmentação dos conteúdos por disciplinas e séries distintas, que dificulta o trabalho dentro da própria disciplina, afeta o diálogo de determinada disciplina com as demais e pode prejudicar iniciativas que visem uma abordagem interdisciplinar. A partir do momento em que um mesmo conteúdo é fragmentado pela distribuição em séries diferentes dentro do ensino médio, um trabalho interdisciplinar de qualidade que não comprometa o programa estipulado pelo currículo estadual se torna difícil de ser realizado.

A diminuição da matematização da Física pode ser uma tentativa de diminuir as dificuldades enfrentadas pelos alunos no trabalho com a matéria, mas pode também favorecer uma abordagem com cunho CTSA, já que, nesse processo de optar por um ensino mais conceitual, menos matematizado, muitas vezes é buscada uma aproximação maior com a

realidade dos alunos, o que pode nos auxiliar na adoção do tipo de abordagem que propusemos.

A observação de alguns professores participantes em relação ao possível excesso de atividades no material didático proposto e sua suposta incongruência com o número de aulas destinadas ao ensino de Física deve ser devidamente considerada. Inicialmente, pensamos nas alterações de forma que sua realização se ajustasse ao tempo destinado para a realização das atividades já existentes. Mas segundo algumas avaliações, nesse quesito evidencia-se a necessidade de aperfeiçoamento do material.

Vale ressaltar que, apesar das críticas pontuais, os professores participantes dos grupos focais reconheceram a pertinência do material didático proposto e seu caráter promissor de contribuição para a formação de um cidadão crítico.

Outras características recorrentes nas discussões foram as limitações relacionadas aos próprios professores e suas formações. Dos recortes transcritos, percebemos a posição dos professores participantes de que a universidade muitas vezes não forma o professor de forma adequada, e só se aprende a ser professor quando se chega à sala de aula.

As críticas foram frequentes quanto a pouca atenção dada à formação pedagógica desses professores, e ao fato de que os professores das disciplinas pedagógicas terem pouca ou nenhuma experiência em sala de aula de uma escola pública.

Uma forma de melhorar a formação inicial do professor seria através de programas de formação continuada, aproximando mais a universidade e a escola. Na opinião dos próprios professores participantes, opinião que compartilhamos, os professores precisam sair mais ‘professores’ das universidades, mais preparados para o trabalho em sala de aula.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebemos que as mudanças propostas aos Cadernos do Aluno e do Professor foram, em geral, bem aceitas pelos professores participantes dos grupos focais, com ressalvas, no entanto, à viabilidade de sua aplicação no quadro das atuais limitações da escola e da formação docente.

Os professores reconheceram a importância de formar um cidadão crítico. Mas, segundo eles, seria difícil trabalhar nessa perspectiva porque a realidade escolar, da forma como está moldada, dificultaria essa empreitada.

Em relação ao material que produzimos, as críticas apontaram características como questões possivelmente muito extensas, excessivo número de questões e vocabulário difícil. São obstáculos para a adoção de um material desse tipo? Sim, mas, como os próprios professores se manifestaram, na busca de uma formação crítica não podemos abrir mão das características que levariam o aluno a crescer. Se ele não consegue ler e interpretar um texto de maneira satisfatória, precisa começar a ter contato com esse tipo de atividade para que a deficiência seja suprimida e superada. Se existem muitas questões e atividades, que pelo seu elevado número não podem ser todas trabalhadas em sala de aula, o aluno precisa ter a consciência de que, se fizer atividades em casa, acarretará um benefício maior para sua formação.

Podemos perceber também que a maioria das dificuldades apontadas pelos participantes dos grupos focais quanto à utilização desse tipo de material vão ao encontro do que foi colocado por Pedretti (2003) como dificuldades encontradas por professores canadenses no trabalho com atividades desse tipo, relacionadas a problemas como o trabalho com questões abertas; a exigência de trazer a realidade do aluno para dentro de sala de aula de uma forma que ele consiga relacionar a escola com o mundo extraclasse; a realização de debates éticos e de valores; a construção de relações entre local e global; a preocupação com avaliações de larga escala; e a dificuldade do professor em abrir mão da sua posição de controle dentro de sala de aula para dar mais autonomia para o aluno.

De acordo com o que foi argumentado pelos professores, consideramos também que o material produzido vai ao encontro do que foi apresentado por Santos e Mortimer como sendo objetivo de uma educação com enfoque CTSA, onde devemos auxiliar os alunos a “[...] construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões”

(SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 136). As atividades e as modificações no corpo do texto que propusemos têm como objetivo atender a características como essas colocadas na fala de Santos e Mortimer. A ideia de trazer a realidade do aluno para dentro de sala de aula, desde que de forma crítica, pode colaborar com o objetivo de caracterizar a ciência e suas relações com a tecnologia e a sociedade como um processo não neutro e influenciável pela ação do homem, tal como foi salientado por López Cerezo (2004). Tudo isso corroboraria para a tomada de decisões de maneira informada e responsável, possibilitando ainda a ação sobre essas decisões.

Nesse sentido, acreditamos que o material que propusemos possui grande proximidade com o que elencamos anteriormente como sendo características relacionadas com uma abordagem CTSA em sala de aula.

A utilização do PDE 2020 (BRASIL, 2011c) foi relativamente bem recebida pelos professores. A ideia de trabalhar um documento oficial em sala de aula, junto à questão da possível participação pública decorrente desse documento, animou os professores devido à significação que isso pode dar dentro da perspectiva de uma formação crítica para os alunos.

No geral, o que pudemos perceber foi que os professores demonstraram receptividade ao material que elaboramos. Existiram críticas pontuais, que se mostraram em sua maioria como decorrentes da percepção das limitações da escola e da formação docente.

Por mais que essas dificuldades estejam presentes, os professores sugeriram que o material produzido pode ser caracterizado como uma ferramenta de auxílio na busca por uma formação mais crítica do aluno, e que, por mais que os professores possam ter deficiências em sua formação, e que essa formação não lhes dê subsídios suficientes para um trabalho nessa perspectiva, foi reconhecido que a busca por esse tipo de formação também é uma tarefa que lhes cabe enquanto formadores, e que cabe a eles próprios uma parcela de motivação para suprir as deficiências.

8. REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Relevância e significado da educação científica para o Brasil. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 87 – 95.
- ACEVEDO, J. A. D. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didacta de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* v. 05, n. 02, p. 134-169, 2008.
- ACEVEDO, J. A. D. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 01, n. 01, p. 3-16, 2004.
- ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MARTÍN, M.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO, P.; PAIXÃO, M. F.; MANASSERO, M. A. Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 02, n. 02, p. 121 – 140, 2005.
- AIKENHEAD, G. S. STS Education: A Rose by Any Other Name. In: CROSS, R. (Ed.). *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham*. Routledge Press, 2003.
- AMABIS, J. M. A premência da educação científica. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.p. 155 – 160.
- AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 05, n. 01, p. 69-83, março de 2003.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *ENSAIO. Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 03, n. 02, p. 17-29, junho de 2001.
- BARDIN, L. *L'analyse de contenu*. Paris, Presses Universitaires de France, 236 p., 1977.
- BARRETT, S.; PEDRETTI, E. Contrasting Orientations: STSE for Social Reconstruction or Social Reproduction? *School Science and Mathematics*, v. 106, n. 05, p. 237 – 247, may 2006.
- BERNARDO, J. R. R.; VIANNA, D. M.; SILVA, V. H. D. A construção de propostas de ensino em Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS) para abordagem de temas sociocientíficos. In: SANTOS, W. L. P., AULER, D. (org.) *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 373 - 394.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Brasília, DF, 1996.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Orientações curriculares para o ensino médio*, v. 02, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Balanço Energético Nacional 2011: Ano Base 2010*, Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_-_Ano_Base/1_-_BEN_Portugues_-_Inglxs_-_Completo.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 – Sumário*, Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/PDE_2019/PDE2020-SUMARIO.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*, Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PDEE/20110602_1.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2012.

CARVALHO FILHO, C. A. A. Formação científica para o desenvolvimento. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p 97 – 101.

CHASSOT, Ático. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, ANPED, n. 26, p. 89 – 100, 2003.

CHAVES, A. S. Educação para a Ciência e a Tecnologia. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 57 – 69.

D'AMBROSIO, U. Investimentos em Educação, Ciência e Tecnologia. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 241 – 255

DRUCK, S. Educação científica no Brasil: uma urgência. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 233 - 240.

FRANCO, M. L. P. B. *Análise de conteúdo*. 2 ed. Brasília: Líber Livro, 80p., 2007.

GATTI, B. A. *Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas*. Brasília, Líber Livro Editora, 77 p., 2005.

GOLDEMBERG, J. Educação científica para quê? In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 151–153.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CEREZO, J. A.; LUJÁN LÓPEZ, J. L. *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Technos, 1996. 324 p.

HAYASHI, M. C. P. I.; HAYASHI, C. R. M. FURNIVAL, A.C.M. Ciência, Tecnologia e Sociedade: Apontamentos preliminares sobre a constituição do campo no Brasil. In: SOUZA, C. M.; HAYASHI, M. C. P. I. (Org.). *Ciência, Tecnologia e Sociedade: Enfoques teóricos e aplicados*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2008. p. 29 – 68.

HODSON, D. Time for action: Science education for an alternative future. *Internacional Journal of Science Education*, v. 25, n. 06, p. 645 – 670, 2003.

IRWIN, A. STS perspectives on scientific governance. In: HACKET. E. J.; AMSTERDAMSKA, O.; LYNCH, M.; WAJCMAN, J. (Eds.). *The handbook of science and technology studies*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008. p. 583-607.

IZQUIERDO, I. A. Aumentando o conhecimento popular sobre a Ciência. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.p. 143 – 150.

KRASILCHIK, M. Ensino de Ciências: um ponto de partida para a inclusão. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 207 – 211.

KRASILCHIK, M. Inovação no ensino das ciências. In: GARCIA, W. E. (org.). *Inovação Educacional no Brasil: problemas e perspectivas*. São Paulo: Cortez; Campinas: Autores Associados, 1980. p. 164 – 180.

LEITE, A. C. O.; FERRAZ, M. C. C. Educação CTS: Reflexões sobre os conteúdos curriculares e as metodologias de ensino e aprendizagem. In MACHADO, W. A. *Ciência, tecnologia e sociedade: desafios da construção do conhecimento*. São Carlos: EdUFSCar, 2011. p. 39 – 50.

LEMME, P. O Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova e suas repercussões na realidade educacional brasileira. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 86, n. 212, p. 163 – 178, jan/abr 2005.

LEVINSON, R. A Theory of Curricular Approaches to the Teaching of Socio-Scientific Issues. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 01, n. 01, p. 133 – 151, março de 2008.

LÓPEZ CERREZO, J. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos. In: SANTOS, L. W. *et al* (org.) *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR, 2004. p. 11 – 46.

MARTÍNEZ ÁLVAREZ, F. La Concepcion Heredada de la Ciencia y la Tecnologia. *Humanidades Médicas*, v.4, n.10, 2004.

MEIS, L. Educação em Ciência. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 173 – 179

MENEZES, L. C. Cultura científica na sociedade pós-industrial. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 181 – 186.

NARDI, R. *A área de Ensino de Ciências no Brasil: Fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros*. 2005. 166 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – UNESP -, Campus Bauru.

PAVAN, C. Investimento, Ciência e Educação. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2. ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 103 – 110.

PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) education. Preservice teacher's philosophical end pedagogical landscape. In: ZEIDLER, D. L. (ed.). *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2003. p. 219 – 239.

PEDRETTI, E.; BENCZE, L.; HEWITT, J.; ROMKEY, L.; JIVRAJ, A. Promoting issues-based STSE perspectives in science teacher education: Problems of identity and ideology. *Science & Education*, v. 17, n. 8/9, 941-960, 2008.

PEDRETTI, E.; HODSON, D. From Rhetoric to Action: Implementing STS Education through Action Research. *Journal of Research in Science Teaching* v. 32, n.05, p. 463 – 485, 1995.

PESSOA DE CARVALHO, A. M. Introduzindo os alunos no universo das ciências. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 71 – 77.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v.13, n. 02, p. 141–156, 2007.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. *Science education for citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues*. Berkshire: Open University Press, 2003. 178 p.

ROITMAN, I. Ciência para os jovens: falar menos e fazer mais. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.p. 133 – 141.

ROTHBERG, D. Contribuições a uma teoria da democracia digital como suporte à formulação de políticas públicas. *CTS. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, v. 05, n. 14, p. 1-19, 2010.

ROTHBERG, D. Por uma agenda de pesquisa em democracia eletrônica. *Opinião Pública*, v. 14, n. 01, p.149-172, 2008.

RUTHERFORD, F. J. *Science for All Americans: Project 2061*. 2ª ed. rev. Nova York: Oxford University Press, Inc. 1994.

SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y. CTS e a participação pública na ciência. In: SANTOS, L. W. *et al* (org.) *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*, Londrina: IAPAR, 2004. p. 241 – 273.

SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

_____. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, p. 474-492, 2007.

_____. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P., AULER, D. (org.) *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 21 – 48.

_____; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 02, p. 191 – 218, 2009.

_____; _____. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *ENSAIO. Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 02, n. 02, p. 133-162, dezembro de 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação – SEE. *Caderno do Aluno*; Física; Ensino Médio; 2ª Série, v. 02, 2009a.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação – SEE. *Caderno do Professor*, Física, Ensino Médio, 2ª Série, v. 02, 2009b.

SÃO PAULO (Estado). Secretária da Educação – SEE. *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*, 2010.

SILVA, O. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. Abordagem CTS no ensino médio: estudo de caso com enfoque sociocientífico. In: SANTOS, W. L. P., AULER, D. (org.) *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 323 - 346.

SOLOMON, J. *Teaching Science, Technology and Society*. Open University Press: Philadelphia, 1993.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P.; ANGOTTI, J. A. P. Cultura científico-tecnológica na educação básica. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 09, n. 01, p. 62 - 71, 2008.

SOUZA, R. F. Política curricular no estado de São Paulo nos anos 1980 e 1990. *Cadernos de Pesquisa*, v. 36, n. 127, p. 203 – 221, 2006.

TEDESCO, J. C. Formação científica para todos. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2 ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.p. 161 – 171.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 1 ed. São Paulo, Editora Atlas, 175p. 1987.

VACCAREZZA, L. S. Ciência, tecnologia e sociedade: o estado da arte na América Latina. In: SANTOS, L. W. *et al* (org.) *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina, IAPAR, 2004. p. 47 – 84.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. Educação científica, desenvolvimento e cidadania. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 15 – 55.

ZANCAN, G. T. Educação para a transformação. In: WERTHEIN, J., CUNHA, C. (org.) *Ensino de ciências e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. 2. ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. p. 121 – 124.

ZAUTH, G.; OGATA, M. N.; HAYASHI, M. C. P. I. Um breve panorama sobre a educação CTS no Brasil. In MACHADO, W. A. *Ciência, tecnologia e sociedade: desafios da construção do conhecimento*. São Carlos: EdUFSCar, 2011. p. 21 – 38.

ZEIDLER, D. L.; KEEFER, M. The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in Science education. In: ZEIDLER, D. L. (org.) *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 7 – 38.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E. V. Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, v. 89, n. 03, p. 357 - 377, 2005.

ANEXO 1: REPRODUÇÃO DO TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO ALUNO DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO VOLUME 2

Antes de reproduzirmos o Tema 3 presente no Caderno do Aluno do Estado de São Paulo destinado à 2ª Série do Ensino Médio, Volume 2, reproduziremos abaixo a Lição de Casa referente à Situação de Aprendizagem 6 do referido material, uma vez que ela se mostra como o primeiro contato que os alunos terão com o conteúdo a ser trabalhado no Tema 3 desse material.



LIÇÃO DE CASA



Para a próxima aula você deverá fazer uma pesquisa. Assim, leia a Situação de Aprendizagem 7 e procure responder à seguinte questão: Por que temos de economizar energia, já que a Física diz que ela não se perde?



PARA SABER MAIS

Como você deve ter percebido, as máquinas térmicas possuem baixo rendimento. Por isso, esforços crescentes, aliados a novas tecnologias de materiais, são realizados na busca de obter melhor rendimento.

Há muitos *sites* que destacam pesquisas recentes sobre o assunto. Veja alguns artigos disponíveis no site Inovação Tecnológica:

- <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070312>>.
- <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115021114>>.
- <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070126>>.

TEMA 3

ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Você tem economizado energia? Você usa a energia de forma consciente e racional, evitando desperdícios? Cada vez mais se torna frequente escutar perguntas como estas, feitas por televisão, rádio, jornais e revistas e até por seus pais na sua casa.

A partir da segunda metade do século XX, principalmente com a industrialização, a população passou a buscar maior conforto e praticidade no cotidiano. Isso fez com que inúmeros produtos fossem desenvolvidos, criados e colocados no mercado nestes últimos 60 anos, produzindo um aumento da produção industrial e um conseqüente crescimento do consumo de energia.

Este consumo de energia tem se tornado motivo de preocupação por parte dos governos em todo o mundo, pois o desenvolvimento econômico está diretamente relacionado com o aumento no consumo da energia.

Dai a necessidade de ampliação da matriz energética (incluir outras formas de geração de energia) dos países industrializados e a busca constante de novas formas de energia renovável que garantam o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade da vida no planeta. A utilização da energia e suas fontes, bem como sua conservação e degradação, são os assuntos abordados neste tema.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 UMA PERGUNTA INTRIGANTE: POR QUE TEMOS DE ECONOMIZAR ENERGIA, JÁ QUE A FÍSICA DIZ QUE ELA NÃO SE PERDE?

Roteiro 7

Com os nossos estudos, foi possível perceber o quanto vivemos cercados de processos que envolvem transformação de energia. Vimos que usamos a energia proveniente do Sol, quando, por exemplo, nos alimentamos e utilizamos a energia armazenada nas plantas pela fotossíntese. Da mesma forma, vimos que a queima do gás butano (gás de cozinha) transforma energia química em energia térmica ao utilizarmos o fogão no momento de cozinhar os alimentos. Sabemos que a energia armazenada nos combustíveis é utilizada nos diversos meios de transporte, transformando-se em energia cinética, e por aí vai...

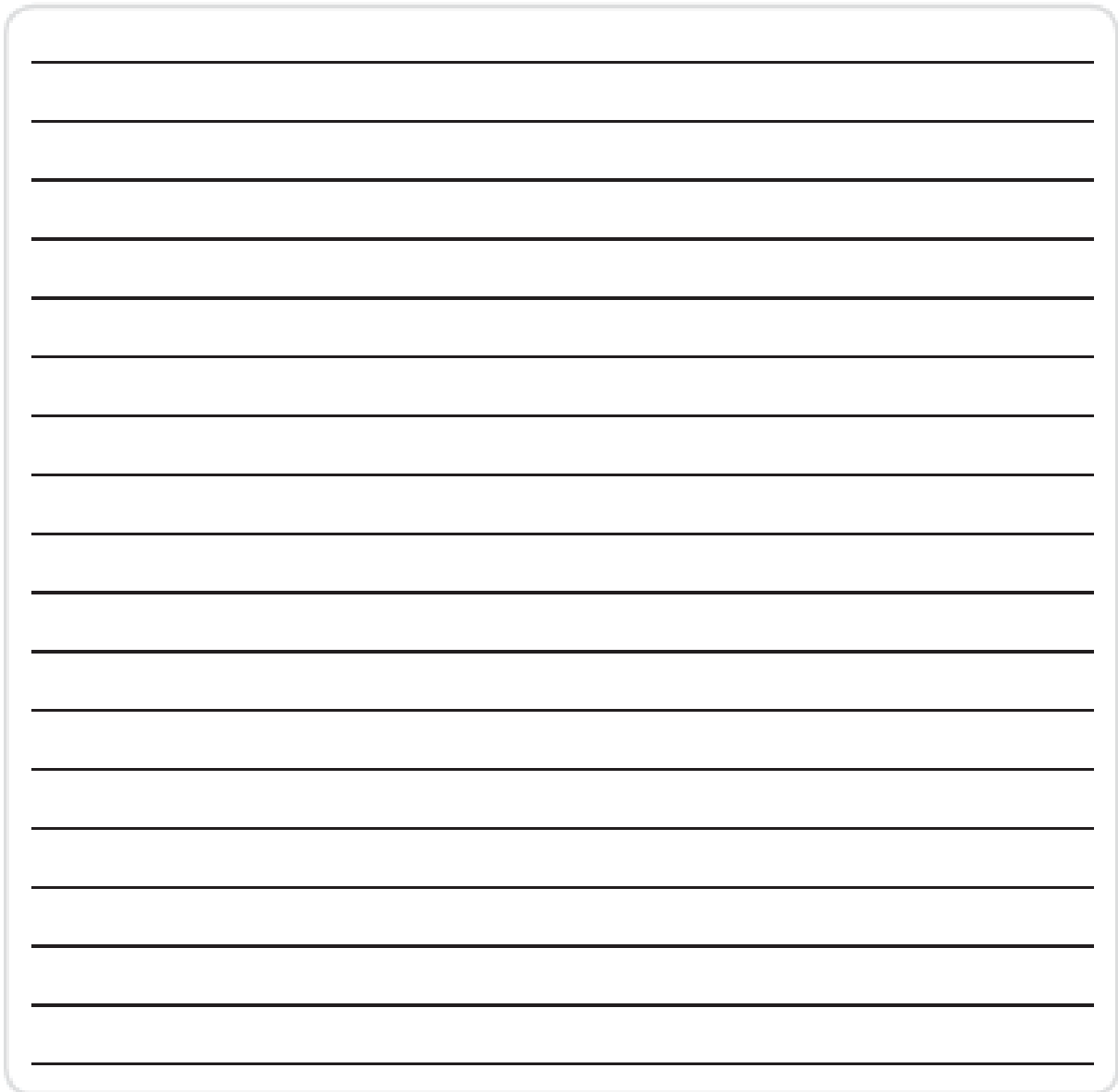
Nas mais variadas situações, sabemos que a energia se transforma. Contudo, no total, a energia se conserva. O princípio da conservação da energia é um dos mais fundamentais da natureza.

Mas, pensando nisso, surge um pequeno problema: frequentemente a mídia discute sobre crise energética, excesso no consumo de energia e necessidade de racionalização de seu uso. Ora, se a

energia se conserva, significa que ela não se perde. Assim, por que se fala em crise de energia? Por que se preocupar com seu consumo? A energia pode acabar?

Você pode responder a essas perguntas a partir dos conceitos da termodinâmica. Para isso, use os meios indicados pelo seu professor (livros didáticos, textos extraídos de sites, jornais ou revistas de divulgação científica, dentre outros).

Depois das consultas, discussões, conclusão do grupo e das exposições do professor sobre a degradação da energia do crescimento da entropia, redija um pequeno texto dirigido a um leitor de uma revista de divulgação que tenha enviado a questão para a revista, justificando por que é necessário economizar energia, mesmo ela sendo algo "que se conserva". Escolha um título que considere sugestivo e que leve o leitor a se interessar pelo seu texto.





APRENDENDO A APRENDER

O tempo todo ao nosso redor os sistemas estão transformando energia. E, nessas transformações, o calor, em maior ou menor quantidade, está sempre presente.

Na cozinha da sua casa a queima do gás (butano) transforma energia química em energia térmica utilizada para cozinhar os alimentos que, por sua vez, funcionam como combustível do nosso corpo.

O compressor da sua geladeira faz o trabalho de comprimir o gás refrigerante que se condensa e vaporiza, retirando, nessas transformações, o calor do interior da geladeira e liberando-o para o exterior. Nos motores a combustão, há transformação da energia química do combustível em energia cinética para o movimento dos carros. A energia que aquece a água e o vapor das usinas termelétricas também provém da queima do combustível.

No estudo que realizamos das máquinas térmicas, como a turbina a vapor, o motor a combustão e a geladeira, vimos que é possível calcular o trabalho produzido a partir de uma quantidade de calor fornecida: $Q = \Delta U + W$. Em todos esses processos, a energia total do sistema é conservada. Entretanto, uma parte dessa energia é transformada em calor e não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho. Não conseguimos, por exemplo, mover um carro sem que seu motor esquente. Por isso a necessidade de injetar mais combustível para que um novo ciclo se inicie.

Para que o ciclo se reinicie, por exemplo, em uma hidrelétrica, a energia potencial da queda-d'água só estará novamente disponível se houver evaporação da água e se o vapor-d'água se condensar, ocorrendo a chuva, responsável pela reposição de água nos reservatórios da usina.

O fato de que uma parte da energia é sempre degradada leva-nos a perceber que os fenômenos reais são irreversíveis, isto é, não se pode reverter um processo, pois não se consegue evitar as perdas de calor pelo contato entre os corpos quentes e frios. Com isso, apenas sistemas ideais são considerados reversíveis.

Há um ditado popular que diz: "Águas passadas não movem moinhos". A partir desse ditado popular, relacione o calor produzido pelo movimento de um motor a combustão e a possibilidade de sua reutilização.



Leitura e Análise de Textos

Entropia: medida da desordem do Universo

Enunciado Resnick

O conceito de entropia está diretamente ligado à ideia de degradação da energia, ou seja, da perda da capacidade de sua reutilização. Assim, ao transformar energia de uma forma em outra, utilizando máquinas, sempre contribuímos para aumentar a energia desordenada (calor) do meio ambiente. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a entropia sempre aumenta.

Ordem e desordem do Universo

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos está disposta de forma regular e previsível. É o caso, por exemplo, dos azulejos de uma parede. O tempo passa e eles estão sempre ali, no mesmo lugar. Você pode verificar como eles estão dispostos na parede e contá-los, que todos os dias eles vão estar lá, do mesmo jeito, ou seja, você é capaz de prever como eles vão estar no dia seguinte ou daqui a um mês. Dizemos, nessa situação, que o sistema está ordenado.

Já um sistema fisicamente desordenado é aquele no qual os objetos estão dispostos de forma irregular, como, por exemplo, um amontoado de tijolos em um canto esperando para serem colocados na parede. Nesse caso, os tijolos que estão amontoados agora podem escorregar, cair e quebrar a qualquer momento ou simplesmente serem colocados enfileirados formando o muro.

O segundo princípio da termodinâmica e suas faces

Todas as transformações que ocorrem na natureza, sejam elas do tipo mecânico, elétrico, químico ou biológico, acontecem respeitando os dois princípios da termodinâmica que já abordamos.

O primeiro princípio é o da conservação da energia, que diz que a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída. Se a energia que se apresentava sob uma forma tiver desaparecido, a mesma quantidade de energia, sob alguma outra forma, terá de surgir em algum lugar.

Apesar de ser o princípio mais conhecido e mais utilizado, se for considerado isoladamente, poderia sugerir a possibilidade ilimitada de utilização dos recursos energéticos do nosso planeta, pois deixa aberta a possibilidade de que existam processos que possam converter continuamente e totalmente o trabalho em calor e vice-versa. Ele não define um sentido preferencial para a conversão da energia.

O segundo princípio estabelece os limites naturais da possibilidade de se converter calor em trabalho. Eles podem ser enunciados da seguinte forma:

"É impossível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho."

“O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente.”

“Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo.”

No fim, todos esses enunciados tratam da mesma coisa: as restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e utilizados para realizar trabalho.

As leis da termodinâmica, associadas com os princípios de conservação da mecânica, ampliam nossa capacidade de compreensão dos processos físicos como a manutenção da vida no planeta, bem como o da intervenção humana nos processos naturais.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Como a segunda lei da termodinâmica se relaciona com o sentido do fluxo de calor? Explique.

2. Dê um exemplo diferente dos que foram tratados em aula entre energia organizada e energia desorganizada.

3. Dentre os fenômenos descritos a seguir, qual é reversível e qual é irreversível? Justifique.

a) A quebra de uma garrafa vazia.

b) A mistura de um coquetel.

c) O derreter de um cubo de gelo em um copo de refrigerante.

d) A queima de um pedaço de lenha.

e) A perfuração de um pneu.

f) O derreter de um cubo de gelo.

4. Qual a relação entre a primeira e a segunda lei da termodinâmica?



LIÇÃO DE CASA



Para a próxima aula, você deverá fazer uma pesquisa sobre o balanço energético brasileiro, realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Assim, leia a Situação de Aprendizagem 8 e responda às questões.



APRENDENDO A APRENDER

Um tema interessante a respeito da possibilidade de obter um sistema que possa gerar trabalho indefinidamente pode ser encontrado nos seguintes sites:

- Sala de Física, acesse: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/motoperpetuo.htm>.
- Feira de Ciências, acesse: http://www.feiradeciencias.com.br/sala25/25_C04.asp.

Depois de realizadas as leituras dos sites indicados, responda:

1. Você acha possível construir um moto-perpétuo, produzindo trabalho do nada? Em caso negativo, explique fisicamente por quê. Em caso afirmativo, ele não poderia ser ligado ao eixo de um gerador elétrico e produzir energia elétrica sem nenhum custo? Justifique sua resposta.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 O BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL E OS CICLOS DE ENERGIA NA TERRA

A energia é essencial à sobrevivência humana, pois proporciona serviços indispensáveis à vida, como o calor para aquecimento, para cozinhar, para viabilizar os transportes e para o trabalho em geral. Assim, a questão energética interfere em todos os setores das atividades econômicas e sociais do país. Nas diversas atividades de produção ou na distribuição de bens de consumo e serviços, é necessária uma quantidade cada vez maior de energia, associada a um crescente desenvolvimento econômico.

A disponibilidade de energia e seu uso são fontes constantes de preocupação dos governos, pois colocam em risco o crescimento do país e da vida no planeta. Nesse sentido, são adotadas e incentivadas, com maior intensidade, medidas que visam aumentar a produção de “energias limpas” e renováveis e racionalizar seu uso.

Conhecer e caracterizar o ciclo de energia natural e suas fontes, associadas às suas diferentes formas de consumo no país, nos permitirá perceber as vantagens, as desvantagens e os impactos de sua utilização, além de nos estimular para usar energias renováveis.



PESQUISA INDIVIDUAL

Roteiro 8

Basta ligar a televisão para ouvir falar em crise energética, fontes de energia renováveis, biodiesel etc. Além disso, podemos perceber que o tempo todo nossa interação com o mundo é regida pelo consumo e reabastecimento de energia.

Mas, afinal de contas, de onde vem a energia? Para onde ela vai?

Para responder a essa pergunta, você deverá entrar no *site* do Ministério de Minas e Energia <<http://www.mme.gov.br>> e buscar informações sobre o Balanço Energético Nacional (BEN), divulgado anualmente pelo MME.

Nele, você encontra inúmeras informações sobre a matriz energética do país, como demanda e fontes em diferentes setores da sociedade e em diversas regiões, e dados comparativos em relação ao mundo. Há também outras fontes de informação que seu professor pode sugerir.

Procure as seguintes informações:

1. Qual a porcentagem de energia mundial utilizada pelo Brasil?
2. Qual é o consumo total de energia do país em seu equivalente em petróleo (TEP – tonelada equivalente de petróleo)?
3. Qual é o perfil das fontes de energia brasileira? Esse perfil mudou com o passar dos anos?
4. Como é o perfil das fontes energéticas brasileiras em relação ao perfil mundial?
5. Qual é a fração de “energia renovável” do Brasil?

Tome nota!

Organize as informações solicitadas de forma clara e sucinta, relacionando os dados que obteve e a resposta a que chegou. Se necessário, apresente tabelas e gráficos que contenham essas informações. Sistematize os dados e conclua em um breve relatório.



APRENDENDO A APRENDER

Fontes e formas de energia

Hoje, muito se fala em fontes renováveis e não renováveis de energia. Você sabe a diferença entre uma e outra? Você sabe de onde vem, por exemplo, o petróleo utilizado na fabricação da gasolina? A água usada pelas usinas hidrelétricas? O gás ou óleo combustível usado em termelétricas? O urânio das usinas nucleares? O que esses elementos têm de diferente da biomassa (que é uma transformação da energia solar), da energia eólica (produzida pelos ventos) ou mesmo da energia das marés?

Devido à diversidade das fontes e formas de energia existentes no planeta, torna-se essencial sua classificação. Elas podem ser classificadas de acordo com sua origem, tempo de reposição e utilização.

Assim, as fontes que se originam de processos fundamentais da natureza, como, por exemplo, a energia nuclear ou gravitacional, são chamadas de primárias. Já aquelas que derivam dessas fontes, representando apenas transformações ou conversões, são chamadas de secundárias.

Energia limpa e renovável

Outro critério utilizado consiste em classificar as fontes em renováveis ou não, sendo esse um dos critérios importantes para a discussão a respeito das vantagens e desvantagens de seus usos no mundo. A busca pela utilização cada vez maior de energia limpa e renovável tem sido objeto de grandes investimentos por parte dos governos, não apenas visando à sustentabilidade do planeta, evitando a poluição e o efeito estufa, mas também porque a ampliação da matriz energética é necessária para o crescimento e desenvolvimento dos países.

Na tabela a seguir encontram-se algumas fontes que podem ser utilizadas para gerar energia, seja de forma direta ou indireta. Com base nessas fontes, marque com um x informando se a fonte é renovável ou não e se é primária ou secundária, conforme o exemplo já sugerido na tabela abaixo. A seguir, em seu caderno, explique o critério para classificar a energia em renovável ou não renovável.

Fonte de energia	Fonte primária	Fonte secundária	Renovável	Não renovável
Petróleo	X	-	-	x
Água represada				
Urânio				
Lenha				
Vento				
Alcool				
Sol				
Carvão mineral				
Gás natural				
Biodiesel				
Ondas do mar				
Bagço da cana				



Leitura e Análise de Textos

O ciclo do carbono

Considerando a grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem a "circulação" da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

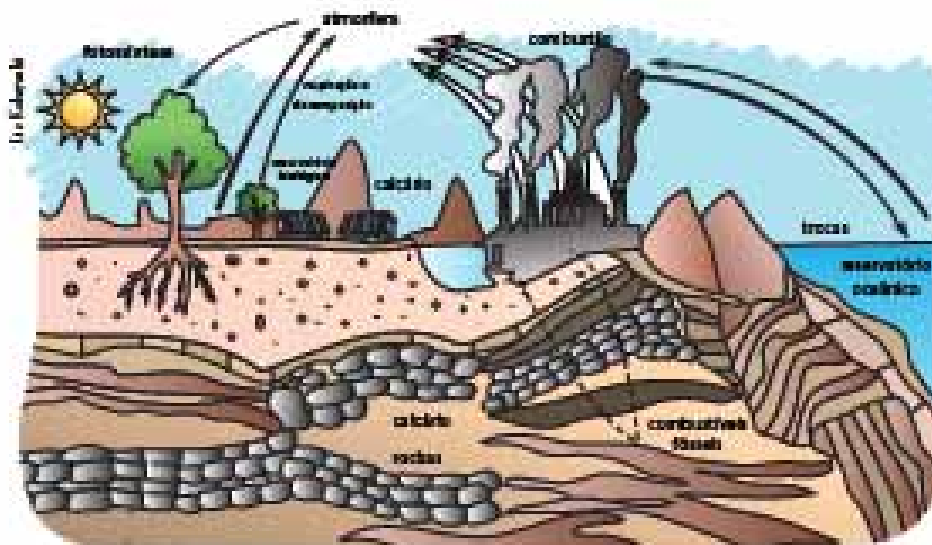
O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas entrando em contato com os íons de cálcio, que vão sendo depositado lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos, como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc., são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore. Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonatos que poderão formar rochas.

A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta e os átomos de carbono migram de um reservatório a outro, através dos processos intimamente relacionados como a fotossíntese, a respiração e a decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

Ferreira de Caldeira. Leituras do Graf. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.ifusp.br/graf/leitura/leitura2.pdf>>.

Veja a figura apresentada a seguir¹:



A figura ilustra o ciclo do carbono, mas é preciso lembrar que o petróleo é resultado, em uma fase antiquíssima deste ciclo, pela retenção e compressão de restos fósseis de micro-organismos oceânicos, ou seja, não é feito da carcaça de dinossauros...

¹ Adaptado de: Ferreira de Caldeira. Leituras do Graf. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.ifusp.br/graf/leitura/leitura2.pdf>>.

* Como você pode associar o ciclo do carbono descrito no texto com o ciclo da própria energia envolvida nesse processo? Explique.



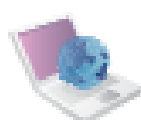
VOCÊ APRENDEU?



1. O petróleo é um combustível de origem fóssil. Como o petróleo se relaciona com o ciclo do carbono?

2. Considere esta afirmação: "A maior parte da energia que a Terra recebe e utiliza vem dos processos conhecidos de produção de energia no Sol. Essa energia tanto é usada para a alimentação dos animais e das pessoas quanto para o funcionamento de todas as máquinas que você conhece". Você concorda com essa afirmação? Justifique.

3. O álcool é uma fonte renovável de energia. Ele participa do ciclo do carbono? Qual a vantagem do uso do álcool como combustível?



PARA SABER MAIS

Você pode aprofundar o que foi estudado até agora acessando os *sites* listados a seguir. Neles, você encontrará textos e informações que vão auxiliar em seu estudo.

- Inovação Tecnológica, acesse:
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060712>>.
- Mudanças Ambientais Globais, acesse:
<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/03_ciclo_do_carbono/03_ciclo_do_carbono.shtml>. O *site* mostra um pequeno vídeo explicativo sobre o ciclo do carbono.
- Olimpíadas de Ciências, acesse:
<http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html>. Na seção de busca, digite termos que apareceram em seu estudo, como ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio, fontes de energia, dentre outros, para obter mais informações.

ANEXO 2: REPRODUÇÃO DO TEMA 3, PRESENTE NO CADERNO DO PROFESSOR DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO VOLUME 2

TEMA 3 – ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Sabemos que a energia está presente em todas as nossas ações cotidianas. Sendo assim, é imprescindível que saibamos avaliar sua disponibilidade e qualidade, bem como considerar seu custo em nossos projetos, sejam pessoais ou em planejamentos governamentais.

É fundamental que se discuta na educação básica o papel das fontes de energia. Ter um conhecimento mínimo sobre a matriz energética do país, reconhecendo suas fontes em termos de renovação ou não da energia, é importante para a formação de um cidadão autônomo e capaz de agir no mundo em que vive.

Para isso, propomos as Situações de Aprendizagem 7 e 8 para que os alunos tomem conta-

to, por meio de uma pesquisa, com informações sobre as fontes primárias de energia utilizadas no país.

Isso permite estudar as transformações para formas de energia úteis para o uso final, como a eletricidade, acionamento mecânico ou iluminação, ressaltando o princípio da conservação da energia.

Ao se aprofundar o estudo das fontes energéticas, é possível, então, trabalhar o ciclo de energia da Terra, relacionando-o com a produção, a transformação, o consumo e as leis da termodinâmica que regulam esses processos. Ao mostrar de onde vem e para onde vai a energia, concluímos o estudo da Física térmica.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 UMA PERGUNTA INTRIGANTE: POR QUE TEMOS DE ECONOMIZAR ENERGIA JÁ QUE A FÍSICA DIZ QUE ELA NÃO SE PERDE?

Esta Situação de Aprendizagem possibilita iniciar um aprofundamento na segunda lei da termodinâmica. Por meio de um aparente paradoxo (se a energia se conserva, por que economizá-la?), os alunos são levados a uti-

lizar os princípios fundamentais da termodinâmica para tentar resolvê-lo. Assim, podem ser introduzidos o conceito de entropia e as discussões pertinentes ao princípio da conservação da energia.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: fontes e transformações de energia; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; ler e interpretar gráficos e tabelas; redigir texto informativo e sugestivo sobre economia de energia usando conceitos físicos.

Estratégias: realização de uma pesquisa para tentar responder a um aparente paradoxo; elaboração de um pequeno texto que simule a resposta a um leitor de revista de divulgação científica.

Recursos: roteiro da atividade 7; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do texto respondendo para um "leigo" a pergunta contida no roteiro.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a turma em grupos de no máximo cinco alunos para a realização desta Situação de Aprendizagem. O objetivo é trabalhar o conceito de entropia a partir das respostas encontradas para a pergunta colocada no roteiro.

Como é bastante complicado elaborar atividades que abordem esse conceito com o aprofundamento adequado para o Ensino Médio, uma boa alternativa é iniciar esse estudo por

meio das discussões que surgem na tentativa de responder à questão colocada, que se torna bastante intrigante caso se consiga mobilizar os alunos. Deixe que eles pensem inicialmente sobre a questão, antes de fazerem suas consultas. Depois, com os materiais disponíveis, dê um tempo para que discutam e elaborem suas respostas. Acompanhe as discussões em cada um dos grupos, orientando-os no que for necessário.

Roteiro 7 – Uma pergunta intrigante: por que temos de economizar energia já que a Física diz que ela não se perde?

Com os nossos estudos, foi possível perceber o quanto vivemos cercados de processos que envolvem transformações de energia. Usamos a energia proveniente do Sol, quando, por exemplo, nos alimentamos e utilizamos a energia armazenada nas plantas pela fotossíntese. Da mesma forma, vimos que a queima do gás butano (gás de cozinha) transforma energia química em energia térmica ao se utilizar o fogão no momento de cozinhar os alimentos. Sabemos que a energia

armazenada nos combustíveis é utilizada nos diversos meios de transporte, transformando-se em energia cinética e por aí vai...

Nas mais variadas situações, sabemos que a energia se transforma. Contudo, em geral, a energia se conserva. O princípio da conservação da energia é um dos mais fundamentais princípios da natureza.

Mas pensando nisso surge um pequeno problema: frequentemente a mídia discute sobre crise energética, excesso no consumo de energia e necessidade de racionalização de seu uso. Ora, se a energia se conserva, significa que ela não se perde. Assim, por que se fala em crise de energia? Por que se preocupar com seu consumo? A energia pode acabar?

Você pode responder a essas perguntas a partir dos conceitos da termodinâmica. Para isso, use os meios fornecidos pelo seu professor (livros didáticos, textos extraídos de *sites*, jornais ou revistas de divulgação científica).

Depois das consultas e discussões e uma conclusão do grupo, redija um pequeno texto dirigido a um leitor de uma revista de divulgação que tenha enviado a dúvida, justificando por que é necessário economizar energia, mesmo que ela seja algo “que se conserva”. Escolha um título que considere sugestivo e que leve o “leitor” a se interessar pelo seu texto.

Encaminhando a ação

A baixa eficiência dos motores a combustão interna e a irreversibilidade dos ciclos termodinâmicos são boas “pistas” para que os alunos percebam que, embora a energia se conserve sempre, nem sempre é possível transformá-la na direção que queremos.

O intuito é relacionar a resposta com a segunda lei da termodinâmica e, conseqüentemente, com o conceito de entropia. Os alunos devem perceber o que foi estudado no tema anterior, ou seja, parte da energia utilizada para realizar um trabalho sempre é transformada em calor. E, dessa forma, a parcela de energia transformada em calor é “perdida”, no sentido de que não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho.

Um motor, por exemplo, esquenta ao ser utilizado e, para produzir mais trabalho, é preciso injetar mais combustível. Assim, na realidade, não ocorre uma perda efetiva de energia. O que

acontece é que ao ser convertida em calor há uma degradação dessa energia de forma que não podemos mais utilizá-la para gerar trabalho útil.

O conceito de entropia está então ligado a essa ideia de degradação da energia, da perda da capacidade de sua utilização. Também por isso é preciso que haja um consumo racional de energia, visto que suas reservas são limitadas.

É preciso ressaltar que o conceito de entropia talvez seja um dos mais difíceis de ensinar, pois precisa de alto grau de abstração e, principalmente, um domínio razoável da estrutura do conhecimento físico. Por isso, seu tratamento em sala de aula requer muito cuidado e trabalho.

A segunda lei da termodinâmica possui diferentes enunciados que, no fundo, tratam da mesma coisa: há restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e realizam trabalho. Já vimos que um deles é: “Não é possível construir uma máquina que con-

verta todo o calor em trabalho”. Sempre que há uma transformação de energia térmica em qualquer outro tipo de energia, parte do calor é cedida ao ambiente. Essa energia não é destruída, apenas não pode ser usada para gerar trabalho. Caso a restrição não existisse, bastaria diminuir apenas um pouco da temperatura do oceano e teríamos energia suficiente para mover todos os navios da Terra.

Os motos-perpétuos oferecem uma oportunidade interessante para discutir em sala de aula as possibilidades de produção de trabalho. Você pode utilizar um dos esquemas de moto-perpétuo encontrados em diversos livros e questionar os alunos se seria possível produzir trabalho a partir deles de forma inesgotável.

Outro desses enunciados é: “O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente”. Essa afirmação é facilmente observada no dia a dia, quando, por exemplo, deixamos uma taça de sorvete fora da geladeira por certo tempo. Sabemos que o sorvete vai derreter, pois o calor passa do ar para ele, excedendo sua temperatura de fusão. Da mesma forma, o calor de uma xícara de café é transferido para o ar, esfriando o café. Não há sentido acreditar que o contrário pudesse acontecer, ou seja, que o café se tornasse mais quente ainda enquanto o ar ao seu redor esfriasse.

Note que essa lei não diz que o calor não pode passar do corpo mais frio para o mais quente, afinal é isso o que ocorre em um refrigerador. O que ela afirma é que isso não acontece espontaneamente². Para que isso ocorra, na hora de gelar um sorvete, por exemplo, é preciso gastar energia, fato que se evidencia no momento em que você paga sua conta de luz. Ainda que esse enunciado da segunda lei da termodinâmica pareça trivial pelas observações cotidianas, é preciso ressaltar

que, do ponto de vista do princípio da conservação da energia, não há motivo para que haja esse sentido preferencial, com o calor passando espontaneamente sempre do mais quente para o mais frio.

Por trás do que é aparentemente trivial, esconde-se o mistério de todas as mudanças que tornam o passado diferente do futuro: a seta do tempo, a direcionalidade do tempo no Universo. A natureza privilegia uma direção para o transcurso dos acontecimentos, para a passagem do tempo, de forma que todos os fenômenos espontâneos ou naturais são irreversíveis.

Outro enunciado é: “Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo”. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a entropia sempre aumenta. Para a compreensão desse enunciado, o aluno precisará entender o significado físico dos termos ordem e desordem.

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos, que podem ser átomos ou tijolos, está disposta de forma regular e previsível. Assim, os átomos de um cristal ou os tijolos fixados em uma parede são sistemas altamente ordenados.

Já um sistema desordenado, fisicamente, é aquele no qual os objetos estão dispostos de forma irregular, como os átomos de um gás ou os tijolos espatifados depois de uma demolição. Então, de acordo com esse princípio da termodinâmica, é possível entender, por exemplo, o que ocorre com as moléculas de gás que escapam de um vidro de perfume: elas se movem de um estado relativamente ordenado, quando estão confinadas no pequeno vidro, para um estado altamente desordenado.

² O melhor seria dizer que a probabilidade de que isso ocorra espontaneamente é muito baixa, próxima de zero. Leia mais sobre isso usando uma abordagem estatística para o estudo do calor.

Como a entropia sempre cresce, significa que a desordem sempre aumenta, explicando por que as moléculas do gás não voltam espontaneamente para o vidro de perfume depois de aberto. Talvez esse seja uma dos enunciados mais profundos da segunda lei, visto que nos diz algo a respeito da ordem do próprio Universo.

Faça os alunos perceberem outro interessante enfoque: o conceito de entropia diz que os sistemas naturalmente progridem da ordem para a desordem. *Se assim é, como sistemas biológicos se desenvolvem e mantêm alto grau de ordem? Seria a própria vida uma violação da segunda lei da termodinâmica?*

A resposta a esse aparente paradoxo está no fato de que, para se produzir ordem a partir da desordem, sempre é necessário que seja realizado trabalho, logo, sempre há gasto de energia para a produção de estados altamente ordenados.

Os seres vivos não são sistemas isolados, o que permite trabalhar com a ideia de complexidade. Existem na Física e na Química alguns sistemas que são altamente organizados, mas que surgem espontaneamente a partir de estados altamente desorganizados.

Tais sistemas têm a capacidade de trocar energia com o exterior. É essa troca que fornece a energia necessária para a formação de estados ordenados e, em certos casos, possibilita sua manutenção, impedindo que eles se degenerem para um estado final desordenado.

Além disso, esses sistemas são capazes de interagir consigo mesmos, e é devido a essa capacidade de interação que eles podem se ordenar. A vida parece então surgir desse processo espontâneo de ordem a partir da desordem.

A ordem associada com a vida na Terra é produzida com o auxílio da energia solar. Plantas usam a energia proveniente do Sol em minúsculas “fábricas” de energia, os chamados cloroplastos. Usando a clorofila, no processo de fotossíntese, elas convertem a energia do Sol e a armazenam em moléculas ordenadas de açúcar. Desse jeito, carbono e água, que estão em um estado mais desordenado, são combinados para formar as moléculas de açúcar, mais ordenadas.

Em sistemas animais, também há dentro das células as mitocôndrias, que usam a energia armazenada na molécula de açúcar proveniente da ingestão de alimentos para produzir estruturas mais ordenadas. Com isso, tem-se o mote para a discussão das próximas aulas.

Finalize a Situação de Aprendizagem solicitando o texto aos alunos (individualmente, de preferência). Peça que se coloquem no lugar de um “especialista” ou “jornalista” para quem a pergunta inicial da atividade tenha sido feita por um leitor da revista de divulgação científica. Eles devem escolher um título instigante e criativo, redigir de forma clara e acessível, podendo-se também incluir uma ilustração. Se possível, escolha um local na escola, como um mural, onde possam divulgar seus textos para outros alunos e professores.

Nas próximas aulas, concluímos o estudo da Física térmica por meio de um fechamento geral sobre os processos de produção e transformação de energia. Para isso, os alunos deverão realizar uma pesquisa, na qual irão encontrar dados referentes ao balanço energético brasileiro, realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Procure entregar aos alunos o roteiro da Situação de Aprendizagem 8 com antecedência para que eles tenham tempo de realizá-la.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 O BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL E OS CICLOS DE ENERGIA NA TERRA

Nesta Situação de Aprendizagem, os alunos deverão fazer uma pesquisa para conhecer as diferentes fontes de energia brasileira e seu consumo. O objetivo é fazer com que os alunos saibam

caracterizar o ciclo de energia natural na Terra, perceber sua influência sobre diferentes fontes de energia utilizadas no mundo, alguns de seus impactos, vantagens e desvantagens.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: energia e fontes; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: identificar diferentes fontes de energia na matriz energética brasileira; reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; discriminar fontes renováveis de fontes não renováveis de energia; ler e interpretar gráficos e tabelas.

Estratégias: realização de uma pesquisa para encontrar informações sobre as principais fontes de energia no Brasil, bem como estudar o ciclo de energia da Terra; análise das informações obtidas; trabalho em grupo; discussão com a classe.

Recursos: roteiro da atividade; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do relatório-síntese.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Separe grupos de no máximo cinco alunos para a realização desta atividade. O objetivo é fazer com que eles tomem contato com as principais fontes de energia da Terra. A análise das informações contidas no Balanço Energético Nacional serve de pano de fundo para discutir o ciclo de energia terrestre e sua influência nas fontes de energia.

Coordene a realização da pesquisa de modo que os alunos possam discutir e responder às ques-

tões propostas. Acrescente (ou substitua) questões que considere relevantes. Se achar conveniente e mais adequado, também é possível trazer dados, tabelas e gráficos extraídos do *site* do MME ou de outras fontes confiáveis (que usam esses dados) e espalhá-los na classe para que os alunos os consultem. Procure garantir que tenham clareza das questões e das informações que estão buscando. Também é possível distribuir questões diferentes para os grupos de alunos, de forma que no conjunto se complementem.

Roteiro 8 – O balanço energético do Brasil e os ciclos de energia na Terra

Basta ligar a televisão para ouvir falar em crise energética, fontes de energia renováveis, biodiesel etc. Além disso, vimos que todo o tempo nossa interação com o mundo é regida pela energia. Desde que acordamos, nos alimentamos para começar o dia, caminhamos para a escola, até mesmo quando dormimos estamos gastando energia.

Vimos como ocorrem os processos que transformam energia quando se aciona o motor de um automóvel ou de uma geladeira.

Sabemos que só acendemos uma lâmpada ou assistimos à TV quando existe energia. Da mesma forma, sabemos que ela rege os fenômenos naturais, como o calor que chega do Sol ou a formação da chuva.

Enfim, o tempo todo estamos consumindo ou transformando algum tipo de energia. Mas, afinal de contas, de onde ela vem? Para onde ela vai?

Para responder a essa pergunta, faremos, inicialmente, uma análise local. Para isso, você deverá entrar no *site* do Ministério de Minas e Energia <<http://www.mme.gov.br>> e buscar informações sobre o Balanço Energético Nacional (BEN), divulgado anualmente pelo MME.

Nele, você encontra inúmeras informações sobre a matriz energética do país, como demanda e fonte em diferentes setores da sociedade e diferentes regiões e dados comparativos em relação ao mundo.

Procure as seguintes informações:

1. Qual a porcentagem de energia mundial utilizada pelo Brasil?
2. Qual é o consumo total de energia do país em seu equivalente em petróleo (TEP – tonelada equivalente de petróleo)?
3. Qual é o perfil das fontes de energia brasileira? Ele mudou com o passar dos anos?
4. Como é o perfil das fontes energéticas brasileiras em relação ao perfil mundial?
5. Qual é a fração de “energia renovável” do Brasil?

No *site*, você encontrará subsídios para responder a essas perguntas. Há também outras fontes de informação que seu professor pode sugerir.

Procure cada uma das informações solicitadas e organize-as de forma clara e sucinta, relacionando os dados que obteve e a resposta a que chegou. Se necessário, apresente tabelas e gráficos que contenham essas informações. Sistematize os dados e conclusões em um breve relatório.

Encaminhando a ação

Para discutir os resultados de suas pesquisas, vá rerepresentando as questões e solicitando que cada grupo responda a uma questão, de modo que os demais grupos a complementem ou contestem, o que possibilita argumentações e debates.

Terminada a apresentação, verifique se os alunos relacionam o suposto “consumo” de energia com a degradação imposta pela segunda lei da termodinâmica.

Pode-se, então, classificar as fontes de energia. Um critério é classificá-las em primárias e secundárias. Aquelas que se originam de processos fundamentais da natureza, como a energia nuclear ou gravitacional, são chamadas de primárias. Aquelas que derivam dessas fontes, representando apenas transformações ou conversões, como a energia da biomassa (que é uma transformação da energia solar) e a das marés (que é uma transformação da energia gravitacional), são chamadas de secundárias.

Então, coloque em questão a origem dessas fontes. *De onde vem o petróleo? A lenha? A água usada em hidrelétricas? O gás ou óleo combustível usado em termoelétricas? O urânio das usinas nucleares? O vento das eólicas? Os materiais orgânicos da biomassa (como biodiesel)?* Identifique a energia solar como fonte primeira de praticamente todas as outras, que possibilita o ciclo da água, a formação de ventos, a fotossíntese realizada por seres vivos soterrados há milhões de anos, produzindo compostos orgânicos como petróleo, carvão mineral e gás natural, e a própria energia solar direta usada para aquecimento ou para geração de eletricidade.

Torna-se possível, então, classificar essas fontes em renováveis e não renováveis, sendo esse um dos critérios importantes usados para discutir e debater vantagens e desvantagens de seus usos no mundo. Antes de discutir esses conceitos e fazer uma classificação, pergunte o que os alunos entendem sobre esses termos e peça

que façam uma lista do que consideram fonte de um tipo e de outro.

Em princípio, qualquer fonte de energia pode ser produzida e repostada na natureza. É a escala de tempo e gasto energético envolvido nessa reposição que determina a classificação em fontes renováveis e não renováveis. As fontes classificadas como não renováveis, como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, são aquelas cuja escala de tempo envolvida no processo de reposição natural é da ordem de milhares ou milhões de anos, além de requerer condições favoráveis, como pressão e temperatura. Quanto à reposição artificial dessas fontes, quando não é impossível, é absolutamente inviável, já que na maioria das vezes envolve um gasto energético igual ou superior à quantidade de energia a ser obtida.

Sabemos que, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, nenhuma fonte de energia pode ser considerada inesgotável. Contudo, muitas delas, como a energia solar, não representam qualquer variação significativa em seu potencial ao ser largamente utilizada pela humanidade, tendo assim sua duração avaliada em milhões e até bilhões de anos. Juntamente com essas fontes, são classificadas como renováveis aquelas cuja reposição pode ser feita facilmente, envolvendo escalas de tempo da ordem de alguns anos, como a biomassa.

Discutir a origem das fontes de energia permite, por exemplo, retomar a ideia de que gás de cozinha, *diesel*, gasolina, carvão e lenha são substâncias orgânicas que armazenam energia química que é transformada em calor quando são queimadas. O petróleo, o carvão mineral e o gás natural são os combustíveis fósseis, pois foram necessários centenas de milhões de anos e condições ideais de temperatura e pressão para transformar micro-organismos decompostos em uma fonte de energia, que representa cerca de 80% da energia consumida no mundo atualmente. Vale ressaltar que foram micro-organismos oceânicos que resultaram em petróleo, não fósseis como os

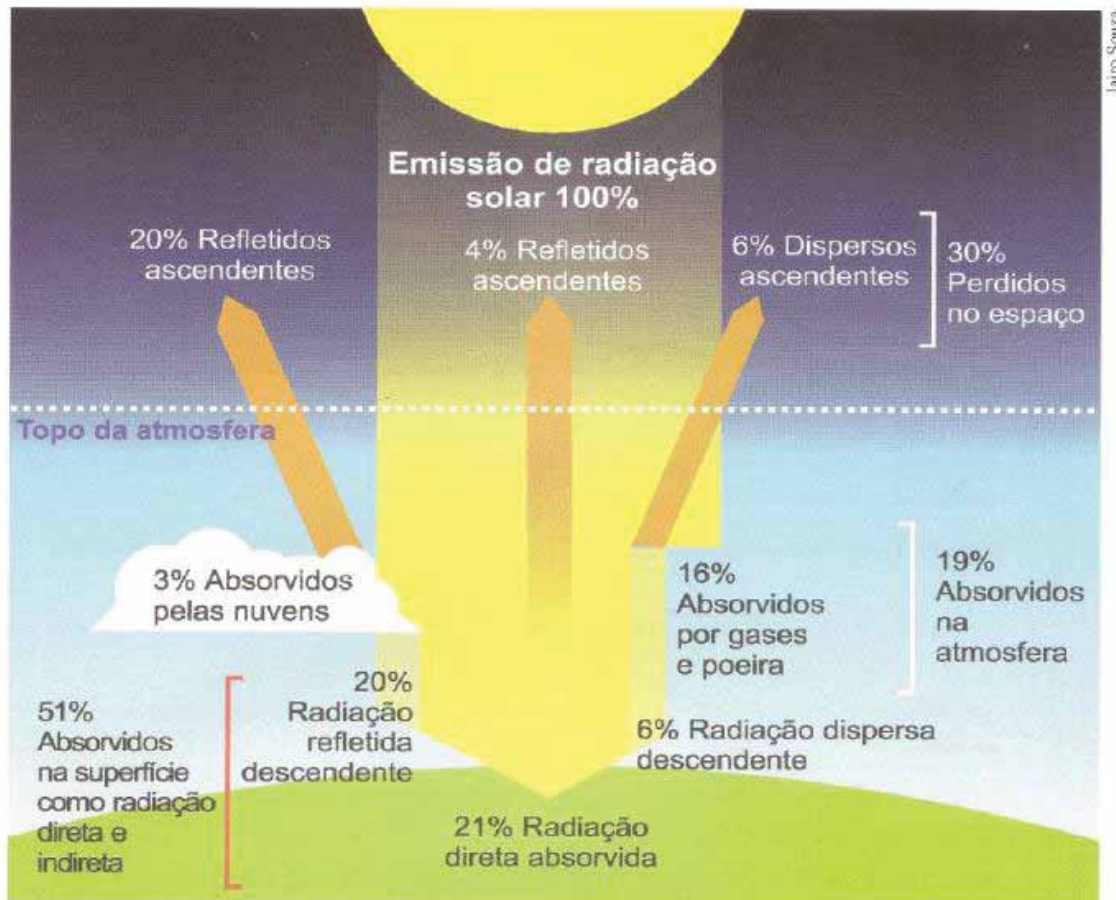


Figura 8.

de dinossauros, e que onde há petróleo, já foi oceano: “O mar já virou sertão...”

Já a biomassa é produzida pela lenha, álcool e outras substâncias orgânicas, como o bagaço de cana ou a casca de arroz, esterco, carvão vegetal e lixos.

Para complementar, pode-se apresentar um esquema que represente o ciclo de energia no planeta, possível de se encontrar em diversos livros, como o da Figura 8.

Problematize o que esse ciclo representa, retomando a relação entre ele e as fontes de energia que utilizamos e mostrando de que forma Sol e Terra constituem um sistema de troca de energia.

Por meio dessas discussões, é possível retomar os ciclos que regulam a vida na Terra, como o ciclo da água, utilizado anteriormente no estudo da formação das chuvas, apresentar o ciclo do carbono e retomar o próprio ciclo da energia, que foi estudado quando se abordou o efeito estufa.

Dessa forma, fecha-se o ciclo do estudo da Física térmica, formalizando o estudo da energia e do calor, mostrando como são essenciais para a existência e manutenção da vida.

Sugerimos que escolha um momento, em que se poderá trabalhar o tema de maneira mais adequada à sua turma. Você pode trazer recortes de jornal para discutir notícias relacionadas

ao consumo de energia, ao desenvolvimento do biodiesel no país, às implicações do controle de energia no mundo. Também pode propor e resolver questões do Enem que tratam do tema. Como esse assunto é muitas vezes tratado em

aulas de Biologia e Geografia, entre em contato com os professores destas disciplinas em sua escola para planejar as discussões em sala de aula e sistematizar o conteúdo conjuntamente, caso seja possível.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Indicadores de Aprendizagem	
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> – Estabelecer critérios para argumentar sobre a necessidade de racionalização do uso de energia no mundo. – Compreender as necessidades energéticas como problema da degradação da energia.
Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar as diferentes fontes de energia na Terra, suas transformações e sua degradação. – Utilizar e interpretar diferentes escalas de tempo para identificar fontes renováveis e não-renováveis de energia. – Pesquisar, sistematizar e interpretar informações sobre a matriz energética brasileira. – Compreender o significado e a importância dos ciclos naturais para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais. – Reconhecer o ciclo de energia no Universo e sua influência nas fontes de energia terrestre. – Compreender os balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra. – Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social, e comparar diferentes recursos e opções energéticas.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Em seu quarto, há 1027 moléculas de ar. Se todas elas se acumulassem em um único lugar, por exemplo, dentro de uma caixa aberta

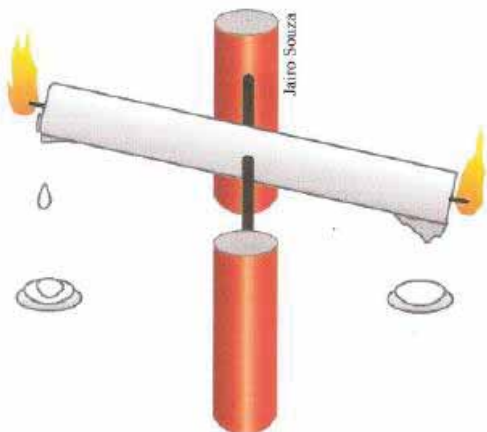
ao lado de sua cama, você morreria asfíxiado. Explique fisicamente por que é muito improvável que isso ocorra.

Como foi visto no estudo da segunda lei da termodinâmica, toda vez que um sistema pode distribuir sua energia livremente, ele sempre o faz de modo que a entropia sempre aumente. Ou seja, em qualquer sistema físico, a tendência natural é o aumento da desordem, de modo que é muito improvável que, espontaneamente, as moléculas de ar se agrupem todas em uma caixa.

2. Quando a água colocada no congelador de sua geladeira se transforma em gelo, passa de um estado de maior desordem molecular para um estado de menor desordem. Esse fato viola o princípio da entropia? Justifique sua resposta.

Não há violação do princípio da entropia, visto que a transformação da água no estado líquido para gelo não ocorre de forma espontânea, ou seja, é preciso que um trabalho seja realizado sobre o sistema para que haja a mudança de estado.

3. Enem 2006 – A figura a seguir ilustra uma gangorra de brinquedo feita com uma vela. A vela é acesa nas duas extremidades e, ini-



cialmente, deixa-se uma das extremidades mais baixa que a outra. A combustão da parafina da extremidade mais baixa provoca a fusão. A parafina da extremidade mais baixa da vela pinga mais rapidamente que na outra extremidade. O pingar da parafina fundida resulta na diminuição da massa da vela na extremidade mais baixa, o que ocasiona a inversão das posições. Assim, enquanto a vela queima, oscilam as duas extremidades. Nesse brinquedo, observa-se a seguinte sequência de transformações de energia:

- a) energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional → energia cinética.
- b) energia potencial gravitacional → energia elástica → energia cinética.
- c) energia cinética → energia resultante de processo químico → energia potencial gravitacional.
- d) energia mecânica → energia luminosa → energia potencial gravitacional.
- e) energia resultante do processo químico → energia luminosa → energia cinética.
4. Enem 2007 – As pressões ambientais pela redução na emissão de gás estufa, somadas ao anseio pela diminuição da dependência do petróleo, fizeram os olhos do mundo se voltarem para os combustíveis renováveis, principalmente para o etanol. Líderes na produção e no consumo de etanol, Brasil e Estados Unidos da América produziram, juntos, cerca de 35 bilhões de litros do produto em 2006. Os EUA utilizam o milho como matéria-prima para a produção desse álcool, ao passo que o Brasil utiliza a cana-de-açúcar. O quadro a seguir apresenta alguns índices relativos ao processo de obtenção de álcool nesses dois países.

Se comparado com o uso do milho como matéria-prima na obtenção do etanol, o uso da cana-de-açúcar é

	Cana	Milho
produção de etanol	8 mil litros/ha	3 mil litros/ha
gasto de energia fóssil para produzir 1 litro de álcool	1 600 kcal	6 600 kcal
balanço energético	positivo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 3,24 calorias de etanol	negativo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 0,77 caloria de etanol
custo de produção/litro	US\$ 0,28	US\$ 0,45
preço de venda/litro	US\$ 0,42	US\$ 0,92

Produção de álcool Brasil e EUA. *Revista Globo Rural*, jun.2007 (com adaptações).

- a) mais eficiente, pois a produtividade do canavial é maior que a do milharal, superando-a em mais do dobro de litros de álcool produzido por hectare.
- b) mais eficiente, pois se gasta menos energia fóssil para se produzir 1 litro de álcool a partir do milho do que para produzi-lo a partir da cana.
- c) igualmente eficiente, pois, nas duas situações, as diferenças entre o preço de venda do litro do álcool e o custo de sua produção se equiparam.
- d) menos eficiente, pois o balanço energético para se produzir o etanol a partir da cana é menor que o balanço energético para produzi-lo a partir do milho.

e) menos eficiente, pois o custo de produção do litro de álcool a partir da cana é menor que o custo de produção a partir do milho.

5. Em aulas anteriores, reproduzimos uma eolípila, a máquina de Heron. Ela não pode ser considerada uma "máquina" a vapor, como aquelas desenvolvidas no século XVIII, pois não funciona em ciclos. Uma forma de torná-la uma máquina seria inventar uma forma de fazer o calor voltar para a fonte quente. O esquema abaixo representa uma máquina desse tipo. Se fosse possível fazer o calor voltar espontaneamente para a fonte quente, essa máquina funcionaria infinitamente: seria um moto-perpétuo! Explique por que isso não é possível.



Embora esta máquina não viole o princípio da conservação de energia, não é possível fazer com que o calor volte espontaneamente para a fonte quente. Sempre é preciso que haja um gasto externo de energia para que o calor retorne para a fonte quente.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo deste Caderno é levar os estudantes a compreender o equivalente mecânico do calor em uma perspectiva conceitual e histórica, o funcionamento das máquinas térmicas e a degradação da energia. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos cinco devem ser garantidas para a continuidade de estudos nesta fase:

1. Identificar as presenças do calor, trabalho e energia em diferentes fenômenos cotidianos.
2. Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos, organizando e sistematizando informações dadas.
3. Avaliar os impactos sociais e econômicos das máquinas térmicas no processo histórico de desenvolvimento da sociedade (Revolução Industrial).
4. Caracterizar o funcionamento das máquinas térmicas em termos de ciclos fechados.
5. Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social, e comparar diferentes recursos e opções energéticas.

Caso essas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos três estratégias para recuperação:

1. Reaplicação da Situação de Aprendizagem 1, em pequenos grupos (dois ou três

estudantes). Busque discutir com os alunos de que maneira as bolinhas de chumbo aquecem devido ao movimento de queda. Peça que os estudantes avaliem se um tubo mais longo surtiria efeitos mais pronunciados no aumento da temperatura das bolinhas. *Se as bolinhas não estavam quentes no início, de onde surgiu o calor no interior do tubo de PVC que as tornou quentes?* Discuta com os estudantes o que significa dizer que um corpo “aqueceu” em termos da estrutura atômico-molecular. Faça a mesma análise para o corpo responsável pelo aquecimento, ou seja, os braços dos alunos que executaram o trabalho. Pergunte de onde veio esse trabalho. Apresente os experimentos originais de Joule para as medidas de transformação das diversas formas de energia em calor. Busque nas provas do Enem ou em outras provas de avaliação (Fuvest, Unicamp etc.) novas questões sobre o tema.

2. Refaça a Situação de Aprendizagem 3. Porém, peça aos alunos que elaborem esquemas de funcionamento das várias máquinas a vapor dos séculos XVII e XVIII, indicando suas deficiências em relação às máquinas térmicas atuais. Em particular, peça que eles expliquem quais as vantagens de uma máquina que trabalha em ciclos. Esta será uma boa atividade de revisão sobre o tema.
3. Retome com os alunos as cinco questões de avaliação do Tema 3. Se julgar necessário, busque outras questões semelhantes em provas de vestibular ou nas avaliações do Enem.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Além dos livros didáticos encontrados no mercado, nos *sites* a seguir existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas. Há cinco espaços específicos para consulta de materiais de ensino que ampliam as discussões propostas em todo o Caderno:

Sites

Ministério de Minas e Energia. A origem do petróleo. In: Conpet, set. 2009. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/noticias/noticia.php?segmento=&id_noticia=41>. Acesso em: 14 abr.2009.

O Conpet é um programa do Ministério de Minas e Energia coordenado por representantes de órgãos do Governo Federal e da iniciativa privada e gerido com recursos técnicos, administrativos e financeiros da Petrobras S.A.

O artigo aborda a origem petróleo e também o significado do termo.

Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares – NuPIC. Disponível em: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>>. Acesso em: 19 fev. 2009.

Site virtual do Núcleo de Pesquisa em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP).

Contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais de aprendizagem, vídeos sobre atividades e montagens experimentais. Na

página principal, o item PCSP contém material específico para algumas Situações de Aprendizagem dos Cadernos desta coleção.

PEC/PEBII – Construindo sempre. Disponível em: <paje.fe.usp.br/estrutura/pec/> Acesso em: 19 fev. 2009.

Espaço originário do Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física. Contém os Cadernos utilizados nos cursos, com leituras e propostas de atividades de ensino.

Profis. Disponível em: <http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 19 fev. 2009.

Espaço de apoio, pesquisa e cooperação de professores de Física para promover projetos e atividades complementares. Engloba diversos materiais de ensino de Física, como banco de teses e trabalhos na área de ensino de Física, eventos e todo material desenvolvido pelo Gref.

Pró-universitário Física. Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/homedefisica/index.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2009.

Programa de apoio aos estudantes do Ensino Médio, ministrado por alunos de licenciatura da USP. Contém o material produzido para uso no Ensino Médio, em sua maioria textos e questões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a proposta da última Situação de Aprendizagem, que caracteriza o ciclo de energia natural na Terra e explora sua influência sobre diferentes fontes de energia utilizadas no mundo, identificando suas transformações e a degradação, terminamos o estudo da Física térmica.

A fim de que as aulas se tornem mais significativas e estimulantes, as atividades propostas sempre buscaram considerar o cotidiano do aluno. O intuito foi fazer com que o ensino da Física seja capaz de fornecer elementos que permitam a construção de uma nova leitura do mundo, apresentando aos alunos uma forma de olhar para os fenômenos presentes no dia a dia de maneira bastante diversa da que estão acostumados.

Caso perceba que os experimentos sejam de difícil acesso para os alunos, sendo impossível

que cada grupo disponha dos materiais experimentais necessários para a realização das atividades, faça-os de maneira demonstrativa, em último caso. Todavia, lembre-se sempre de que todos os alunos precisam observar e entender todo o processo experimental, desde o porquê do arranjo e o levantamento de hipóteses, até a análise dos resultados e a síntese das observações. Até nessa situação de demonstração as competências leitora e escritora devem ser almejadas.

Por fim, é preciso ficar claro que as atividades propostas neste Caderno devem, necessariamente, ser utilizadas de maneira adaptada às condições nas quais se encontram sua escola e sala de aula. Além disso, como qualquer material didático, este Caderno não é autossuficiente e necessita ser complementado por outros materiais de apoio, como os livros didáticos de sua preferência.

ANEXO 3: PARECER DE ACEITE DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO PELO CÔMITE DE ÉTICA EM PESQUISA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS



4

⁴ Vale ressaltar que no ato de submissão do projeto ao comitê, o mesmo ainda se encontrava nomeado sob o título preliminar "Alfabetização Científica, CTSA, e Ensino de Física: Contribuições ao aperfeiçoamento de situações de aprendizagem sobre entropia e degradação de energia" que posteriormente veio a ser substituído pelo atual "Educação Científica, CTSA, e Ensino de Física: Contribuições ao aperfeiçoamento de situações de aprendizagem sobre entropia e degradação de energia".

APÊNDICE 1: TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO ALUNO DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, VOLUME 2, COM A ADOÇÃO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS.

TEMA 3

ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Você tem economizado energia? Você usa a energia de forma consciente e racional, evitando desperdícios? Cada vez mais se torna frequente escutar perguntas como estas, feitas por televisão, rádio, jornais e revistas e até por seus pais na sua casa.

A partir da segunda metade do século XX, principalmente com a industrialização, a população passou a buscar maior conforto e praticidade no cotidiano. Isso fez com que inúmeros produtos fossem desenvolvidos, criados e colocados no mercado nestes últimos 60 anos, produzindo um aumento da produção industrial e um conseqüente crescimento do consumo de energia.

Este consumo de energia tem se tornado motivo de preocupação por parte dos governos em todo o mundo, pois o desenvolvimento econômico está diretamente relacionado com o aumento no consumo da energia.

Daí a necessidade de ampliação da matriz energética (incluir outras formas de geração de energia) dos países industrializados e a busca constante de novas formas de energia renovável que garantam o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade da vida no planeta. A utilização da energia e suas fontes, bem como sua conservação e degradação, são os assuntos abordados neste tema.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 UMA PERGUNTA INTRIGANTE: POR QUE TEMOS DE ECONOMIZAR ENERGIA, JÁ QUE A FÍSICA DIZ QUE ELA NÃO SE PERDE?

Roteiro 7

Com os nossos estudos, foi possível perceber o quanto vivemos cercados de processos que envolvem transformação de energia. Vimos que usamos a energia proveniente do Sol, quando, por exemplo, nos alimentamos e utilizamos a energia armazenada nas plantas pela fotossíntese. Da mesma forma, vimos que a queima do gás butano (gás de cozinha) transforma energia química em energia térmica ao utilizarmos o fogão no momento de cozinhar os alimentos. Sabemos que a energia armazenada nos combustíveis é utilizada nos diversos meios de transporte, transformando-se em energia cinética, e por aí vai...

Nas mais variadas situações, sabemos que a energia se transforma. Contudo, no total, a energia se conserva. O princípio da conservação da energia é um dos mais fundamentais da natureza.

Mas, pensando nisso, surge um pequeno problema: frequentemente a mídia discute sobre crise energética, excesso no consumo de energia e necessidade de racionalização de seu uso. Ora, se a energia se conserva, significa que ela não se perde. Assim, por que se fala em crise de energia? Por que se preocupar com seu consumo? A energia pode acabar?

Você pode responder a essas perguntas a partir dos conceitos da termodinâmica. Para isso, use os meios indicados pelo seu professor (livros didáticos, textos extraídos de *sites*, jornais ou revistas de divulgação científica, dentre outros).

Depois das consultas, discussões, conclusão do grupo e das exposições do professor sobre a degradação da energia do crescimento da entropia, redija um pequeno texto dirigido a um leitor de uma revista de divulgação que tenha enviado a questão para a revista, justificando por que é necessário economizar energia, mesmo ela sendo algo “que se conserva”. Escolha um título que considere sugestivo e que leve o leitor a se interessar pelo seu texto.



APRENDENDO A APRENDER

O tempo todo ao nosso redor os sistemas estão transformando energia. E, nessas transformações, o calor, em maior ou menor quantidade, está sempre presente.

Na cozinha da sua casa a queima do gás (butano) transforma energia química em energia térmica utilizada para cozinhar os alimentos que, por sua vez, funcionam como combustível do nosso corpo.

O compressor da sua geladeira faz o trabalho de comprimir o gás refrigerante que se condensa e vaporiza, retirando, nessas transformações, o calor do interior da geladeira e liberando-o para o exterior. Nos motores a combustão, há transformação da energia química do combustível em energia cinética para o movimento dos carros. A energia que aquece a água e o vapor das usinas termelétricas também provêm da queima do combustível.

No estudo que realizamos das máquinas térmicas, como a turbina a vapor, o motor a combustão e a geladeira, vimos que é possível calcular o trabalho produzido a partir de uma quantidade de calor fornecida: $Q = \Delta U + W$. Em todos esses processos, a energia total do sistema é conservada. Entretanto, uma parte dessa energia é transformada em calor e não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho. Não conseguimos, por exemplo, mover um carro sem que seu motor esquente. Por isso a necessidade de injetar mais combustível para que um novo ciclo se inicie.

Para que o ciclo se reinicie, por exemplo, em uma hidrelétrica, a energia potencial da queda-d'água só estará novamente disponível se houver evaporação da água e se o vapor-d'água se condensar, ocorrendo a chuva, responsável pela reposição de água nos reservatórios da usina.

O fato de que uma parte da energia é sempre degradada leva-nos a perceber que os fenômenos reais são irreversíveis, isto é, não se pode reverter um processo, pois não se consegue evitar as perdas de calor pelo contato entre os corpos quentes e frios. Com isso, apenas sistemas ideais são considerados reversíveis.

Há um ditado que diz: “Águas passadas não movem moinhos”. A partir desse ditado popular, relacione o calor produzido pelo movimento de um motor a combustão e a possibilidade de sua reutilização.

Com relação aos processos de transformação de energia que são considerados irreversíveis, como por exemplo, o aquecimento presente no processo de funcionamento de

motores à combustão, como essa impossibilidade de reversão afeta os processos humanos de produção e transformação de energia?

Em sua opinião, as discussões acerca dessa irreversibilidade são questões puramente científicas ou também afetam setores econômicos, políticos e sociais?



Leitura e Análise de Textos

Entropia: medida da desordem do Universo

Estevam Rouxinol

O conceito de entropia está diretamente ligado à ideia de degradação da energia, ou seja, da perda da capacidade de sua reutilização. Assim, ao transformar energia de uma forma em outra, utilizando máquinas, sempre contribuímos para aumentar a energia desordenada (calor) do meio ambiente. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a entropia sempre aumenta.

Ordem e desordem do Universo

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos está disposta de forma regular e previsível. É o caso, por exemplo, dos azulejos de uma parede. O tempo passa e eles estão sempre ali, no mesmo lugar. Você pode verificar como eles estão dispostos na parede e contá-los, que todos os dias eles vão estar lá, do mesmo jeito, ou seja, você é capaz de prever como eles vão estar no dia seguinte ou daqui a um mês. Dizemos, nessa situação, que o sistema está ordenado.

Já um sistema fisicamente desordenado é aquele no qual os objetos estão dispostos de forma irregular, como, por exemplo, um amontoado de tijolos em um canto esperando para serem colocados na parede. Nesse caso, os tijolos que estão amontoados agora podem escorregar, cair e quebrar a qualquer momento ou simplesmente serem colocados enfileirados formando o muro.

O segundo princípio da termodinâmica e suas faces

Todas as transformações que ocorrem na natureza, sejam elas do tipo mecânico, elétrico, químico ou biológico, acontecem respeitando os dois princípios da termodinâmica que já abordamos.

O primeiro princípio é o da conservação da energia, que diz que a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída. Se a energia que se apresentava sob uma forma tiver desaparecido, a mesma quantidade de energia, sob alguma outra forma, terá de surgir em algum lugar.

Apesar de ser o princípio mais conhecido e mais utilizado, se for considerado isoladamente, poderia sugerir a possibilidade ilimitada de utilização dos recursos energéticos do nosso planeta, pois deixa aberta a possibilidade de que existam processos que possam converter continuamente e totalmente o trabalho em calor e vice-versa. Ele não define um sentido preferencial para a conversão da energia.

O segundo princípio estabelece os limites naturais da possibilidade de se converter calor em trabalho. Eles podem ser enunciados da seguinte forma:

“É impossível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho.”

“O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente.”

“Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo.”

No fim, todos esses enunciados tratam da mesma coisa: as restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e utilizados para realizar trabalho.

As leis da termodinâmica, associadas com os princípios de conservação da mecânica, ampliam nossa capacidade de compreensão dos processos físicos como a manutenção da vida no planeta, bem como o da intervenção humana nos processos naturais.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Como a Segunda Lei da Termodinâmica se relaciona com sentido do fluxo de calor? Explique.

2. O último parágrafo do texto acima afirma que as Leis da Termodinâmica podem ser utilizadas para auxiliar na compreensão de fenômenos como a manutenção da vida no planeta, além da intervenção humana nos processos naturais. Em sua opinião, podem esses fenômenos tão amplos ser relacionados com as Leis da Termodinâmica, e, além disso, qual é a importância que essas Leis têm para você, elas de alguma forma afetam sua vida?

3. Dentre os fenômenos descritos a seguir, qual é reversível e qual é irreversível? Justifique.

a-) A quebra de uma garrafa vazia.

b-) A mistura de um coquetel.

c-) O derretimento de um cubo de gelo em um copo de refrigerante.

d-) A queima de um pedaço de lenha.

e-) A perfuração de um pneu.

f-) O derretimento de um cubo de gelo.

4. Qual a relação entre a primeira e a segunda Lei da Termodinâmica?



Para a próxima aula, você deverá fazer uma pesquisa sobre o balanço energético brasileiro, realizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Assim, leia a Situação de Aprendizagem 8 e responda às questões.



APRENDENDO A APRENDER

Um tema interessante a respeito da possibilidade de obter um sistema que possa gerar trabalho indefinidamente pode ser encontrado nos seguintes *sites*:

- Sala de Física, acesse: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/motoperpetuo.htm>.
- Feira de Ciências, acesse: http://www.feiradeciencias.com.br/sala25/25_C04.asp.

Depois de realizadas as leituras dos *sites* indicados, responda:

1. Você acha possível construir um moto-perpétuo, produzindo trabalho do nada? Em caso negativo, explique fisicamente por quê. Em caso afirmativo, ele não poderia ser ligado ao eixo de um gerador elétrico e produzir energia elétrica sem nenhum custo? Justifique sua resposta.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 O BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL E OS CICLOS DE ENERGIA NA TERRA

A energia é essencial à sobrevivência humana, pois proporciona serviços essenciais à vida, como o calor para aquecimento, para cozinhar, para viabilizar o transporte e para o

trabalho em geral. Assim, a questão energética interfere em todos os setores das atividades econômicas e sociais do país. Nas diversas atividades de produção ou na distribuição de bens de consumo e serviços, é necessária uma quantidade cada vez maior de energia, associada a um crescente desenvolvimento econômico.

A disponibilidade de energia e seu uso são fontes constantes de preocupação dos governos, pois colocam em risco o desenvolvimento do país e da vida no planeta. Nesse sentido, são adotadas e incentivadas, com maior intensidade, medidas que visam aumentar a produção de “energias limpas” e renováveis e racionalizar seu uso.

Conhecer e caracterizar o ciclo de energia natural e suas fontes, associada às suas diferentes formas de consumo no país, nos permitirá perceber as vantagens, as desvantagens e os impactos de sua utilização, além de nos estimular a usar energias renováveis.



APRENDENDO A APRENDER

Fontes e formas de energia

Hoje, muito se fala em fontes renováveis e não renováveis de energia. Você sabe a diferença entre uma e outra? Você sabe de onde vem, por exemplo, o petróleo utilizado na fabricação da gasolina? A água usada pelas usinas hidrelétricas? O gás ou óleo combustível usado em termelétricas? O urânio das usinas nucleares? O que esses elementos têm de diferente da biomassa (que é uma transformação da energia solar), da energia eólica (produzida pelos ventos) ou mesmo da energia das marés?

Devido à diversidade das fontes e formas de energia existentes no planeta, torna-se essencial sua classificação. Elas podem ser classificadas de acordo com sua origem, tempo de reposição e utilização.

Assim, as fontes que se originam de processos fundamentais da natureza, como, por exemplo, a energia nuclear ou gravitacional, são chamadas de primárias. Já aquelas que derivam dessas fontes, representando apenas transformações ou conversões, são chamadas de secundárias.

Energia limpa e renovável

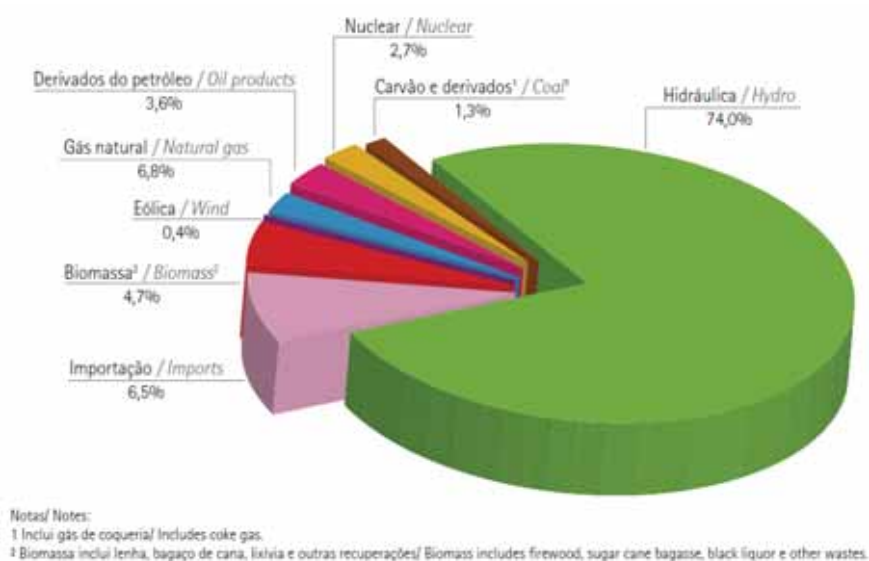
Outro critério utilizado consiste em classificar as fontes em renováveis ou não, sendo esse um dos critérios importantes para a discussão a respeito das vantagens e desvantagens de seus usos no mundo. A busca pela utilização cada vez maior de energia limpa e renovável tem sido objeto de grandes investimentos por parte dos governos, não apenas visando à sustentabilidade do planeta, evitando a poluição e o efeito estufa, mas também porque a ampliação da matriz energética é necessária para o crescimento e desenvolvimento dos países.

Na tabela a seguir, encontram-se algumas fontes que podem ser utilizadas para gerar energia, seja de forma direta ou indireta. Com base nessas fontes marque com um x

informando se a fonte é renovável ou não e se é primária ou secundária, conforme o exemplo já sugerido na tabela abaixo. A seguir, em seu caderno, explique o critério utilizado para classificar a energia em renovável ou não renovável.

Fonte de energia	Fonte primária	Fonte secundária	Renovável	Não renovável
Petróleo	X	–	–	x
Água represada				
Urânio				
Lenha				
Vento				
Álcool				
Sol				
Carvão mineral				
Gás natural				
Biodiesel				
Ondas do mar				
Bagaço da cana				

Ainda com relação ao texto apresentado anteriormente, análise junto com seu professor os seguintes dados e responda ao que se pede:



Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte para o Brasil para o ano de 2010.
 Fonte: Balanço Energético Nacional 2011, p. 16.

FONTES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	% SOURCES
GÁS NATURAL	4,8	5,6	6,0	6,4	6,8	7,1	7,2	7,4	6,9	7,2	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,3	1,5	COAL COKE
LENHA	8,0	8,1	8,4	8,2	8,2	8,1	7,6	7,4	7,5	7,1	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	9,1	9,8	10,6	10,6	10,8	11,9	12,4	12,7	13,0	12,9	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	1,8	1,9	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES
GÁS DE COQUERIA	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	COKE GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	3,7	3,7	3,7	3,6	3,3	3,0	3,1	3,0	2,4	2,6	COAL COKE
ELETRICIDADE	15,5	15,7	16,2	16,2	16,5	16,5	16,4	16,3	16,4	16,3	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	2,6	2,6	3,0	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	1,8	1,9	CHARCOAL
ÁLCOOL ETÍLICO	3,5	3,7	3,4	3,6	3,7	3,4	4,2	5,2	5,7	5,5	ETHYL ALCOHOL
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	TAR
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	48,7	46,4	44,0	43,3	42,7	42,2	41,4	40,8	41,8	41,9	OIL-PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	17,8	17,7	17,0	17,1	16,5	16,2	16,2	16,5	16,7	17,1	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	4,9	4,6	4,0	3,4	3,4	3,0	3,0	2,8	2,7	2,0	FUEL OIL
GASOLINA	7,6	7,0	7,2	7,1	7,0	7,1	6,7	6,4	6,7	7,3	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	4,5	4,2	3,8	3,8	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	4,6	3,7	3,9	3,7	3,7	3,6	3,6	3,0	3,3	3,0	NAPHTHA
QUEROSENE	2,0	1,8	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	5,1	4,9	4,8	4,7	4,9	4,8	5,0	4,7	5,0	4,9	OTHER OIL SECONDARIES
PRODUTOS NÃO-ENERGETICOS DE PETRÓLEO	2,3	2,5	2,1	2,2	2,3	2,7	2,3	2,7	2,7	2,9	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Consumo Final Percentual de Energia por Fonte para o Brasil.

Fonte: Balanço Energético Nacional 2011, p. 24.

											10 ³ tep (toe)
FONTES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	SOURCES
GÁS NATURAL	8.254	10.066	10.880	12.185	13.410	14.384	15.456	16.652	15.245	17.268	NATURAL GAS
CARVÃO MINERAL	2.759	3.016	3.294	3.594	3.519	3.496	3.727	3.840	2.958	3.639	COAL
LENHA	13.699	14.471	15.218	15.752	16.119	16.414	16.310	16.859	16.583	17.052	FIREWOOD
BAGAÇO DE CANA	15.676	17.495	19.355	20.273	21.147	24.208	26.745	28.695	28.837	30.991	SUGAR CANE BAGASSE
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	3.055	3.352	3.880	4.018	4.249	4.636	5.016	5.280	5.571	6.043	OTHER RENEWABLE PRIMARY SOURCES
GÁS DE COQUERIA	1.219	1.178	1.259	1.342	1.328	1.289	1.387	1.065	1.200	1.415	COKE GAS
COQUE DE CARVÃO MINERAL	6.327	6.673	6.688	6.817	6.420	6.137	6.716	6.704	5.309	6.261	COAL COKE
ELETRICIDADE	26.626	27.884	29.430	30.955	32.267	33.536	35.443	36.830	36.365	39.187	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	4.409	4.615	5.432	6.353	6.248	6.085	6.247	6.209	3.970	4.648	CHARCOAL
ÁLCOOL ETÍLICO	6.052	6.557	6.253	6.961	7.321	6.982	8.967	11.803	12.543	13.311	ETHYL ALCOHOL
ALCATRÃO	212	199	212	224	197	198	203	187	187	238	TAR
SUBTOTAL DERIVADOS DE PETRÓLEO	83.899	82.653	80.212	82.725	83.683	85.534	89.276	92.269	92.427	100.897	OIL-PRODUCTS
ÓLEO DIESEL	30.619	31.521	30.885	32.657	32.382	32.816	34.836	37.442	36.911	41.134	DIESEL OIL
ÓLEO COMBUSTÍVEL	8.469	8.239	7.223	6.513	6.574	6.126	6.450	6.276	5.986	4.939	FUEL OIL
GASOLINA	13.051	12.468	13.162	13.607	13.638	14.494	14.342	14.585	14.722	17.578	GASOLINE
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	7.742	7.402	6.996	7.182	7.121	7.199	7.433	7.585	7.557	7.701	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
NAFTA	7.907	6.587	7.174	7.169	7.277	7.299	7.793	6.879	7.389	7.331	NAPHTHA
QUEROSENE	3.380	3.254	2.294	2.440	2.602	2.416	2.632	2.831	2.847	3.200	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	35	26	0	0	0	0	0	0	0	0	GASWORKS GAS
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	8.820	8.695	8.700	8.994	9.589	9.803	10.843	10.623	11.134	11.908	OTHER OIL SECONDARIES
PRODUTOS NÃO- ENERGETICOS DE PETRÓLEO	3.876	4.461	3.778	4.163	4.500	5.381	4.948	6.048	5.882	7.105	NON-ENERGY OIL PRODUCTS
TOTAL	172.186	178.160	182.114	191.197	195.909	202.898	215.494	226.393	221.195	240.949	TOTAL

Consumo Final em TEP de Energia por Fonte para o Brasil.

Fonte: Balanço Energético Nacional 2011, p. 22.

Agora responda ao que se pede:

1. Em sua opinião o que leva o Brasil a utilizar tanto a fonte hidráulica em sua matriz energética para a produção de energia elétrica?

2. Você acha que a energia elétrica que você utiliza em sua casa provém de uma Usina Hidrelétrica? Para a região em que você vive qual é a principal fonte energética e por quê? Se for a hidrelétrica, qual seria a segunda maior fonte utilizada em sua região e por quê?

3. Pelos dados apresentados percebemos que o Brasil utiliza prioritariamente a fonte hidráulica para a produção de energia elétrica, mas que, conforme as tabelas, a energia elétrica é apenas uma parte da energia que o Brasil utiliza. Porque utilizamos tanto a fonte hidrelétrica para a produção de energia elétrica, mas quando vemos o quadro geral somos ainda bastante dependentes de fontes não renováveis como petróleo, gás natural e carvão mineral?

4. Se você pudesse contribuir para a tomada de decisões no que diz respeito às fontes de energia utilizadas pelo Brasil, qual você escolheria como a fonte para ser utilizada em maior escala e por quê?

5. Que argumentos você utilizaria para justificar sua escolha caso ela seja diferente da escolha de outros colegas?



Leitura e Análise de Textos

O ciclo do carbono

Considerando a grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem a “circulação” da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

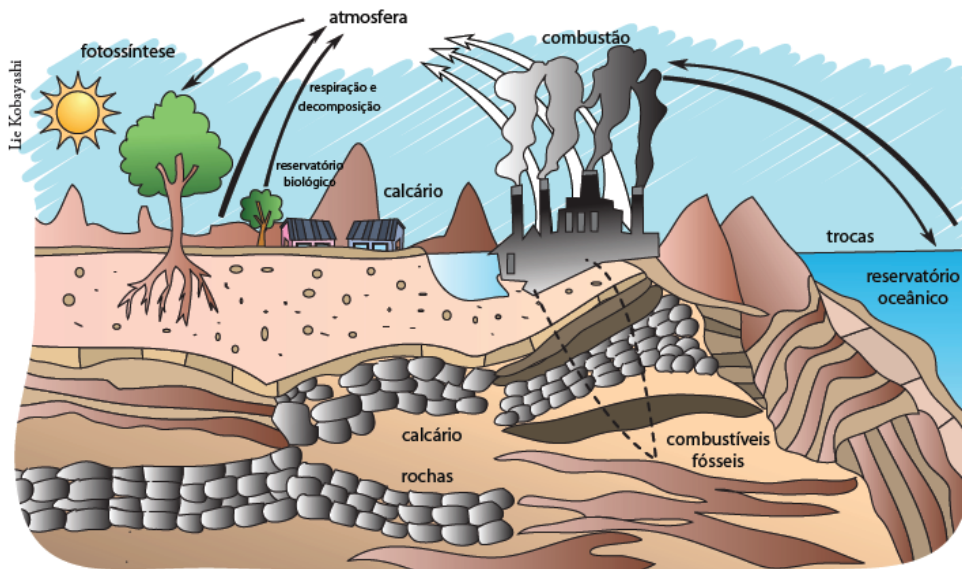
O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas entrando em contato com os íons de cálcio, que vão sendo depositado lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos, como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc., são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore. Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonatos que poderão formar rochas.

A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta e os átomos de carbono migram de um reservatório a outro, através dos processos intimamente relacionados como a fotossíntese, a respiração e a decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

Fontes de Calor. Leituras do Gref. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>>.

Veja a figura apresentada a seguir¹:



A figura ilustra o ciclo do carbono, mas é preciso lembrar que o petróleo é resultado, em uma fase antiquíssima deste ciclo, pela retenção e compressão de restos fósseis de micro-organismos oceânicos, ou seja, não é feito da carcaça de dinossauros...

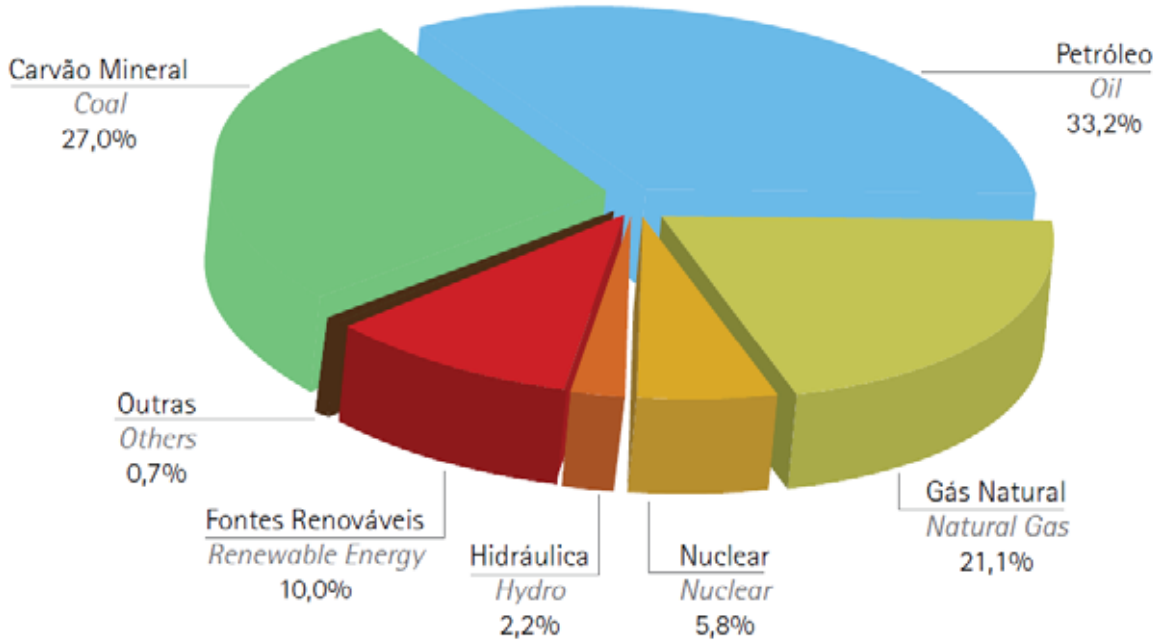
¹ Adaptado de: *Fontes de Calor. Leituras do Gref. Física 2. p. 24. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf>>.*

Como você pode associar o ciclo do carbono descrito no texto com o ciclo da própria energia envolvida nesse processo? Explique.

Ainda com relação ao texto apresentado, análise os seguintes gráficos com o auxílio do seu professor e responda o que se pede:

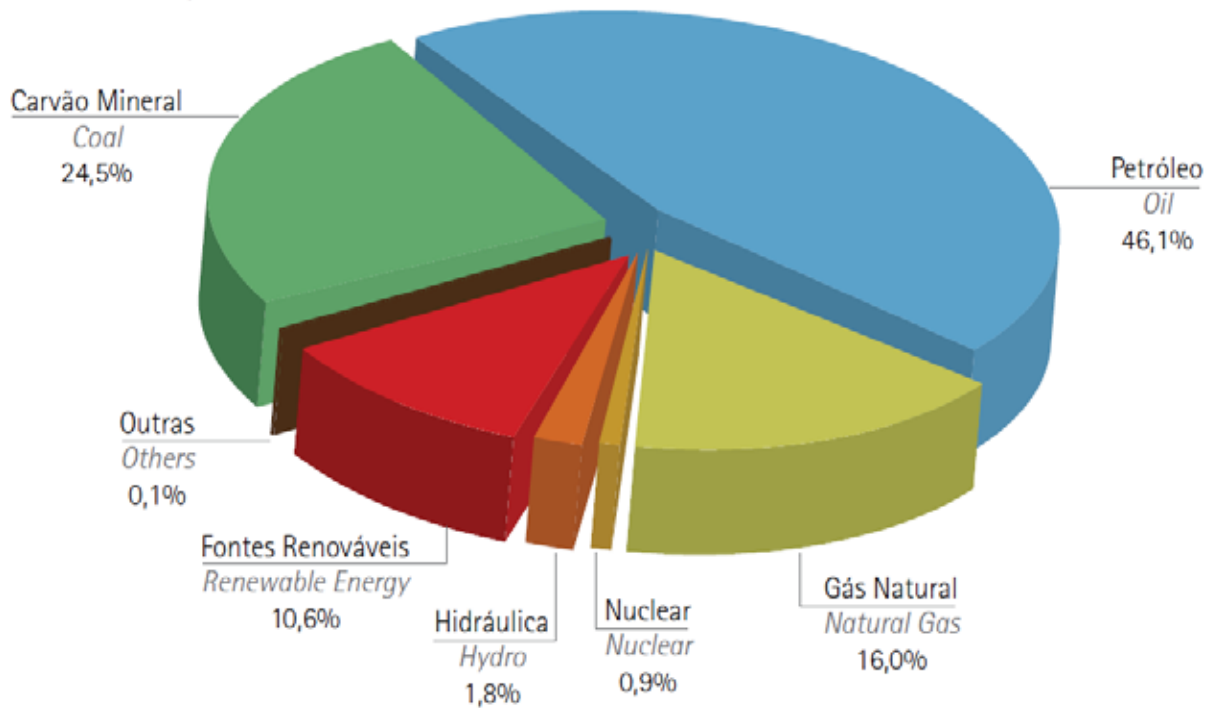
2008

Total: 12.267×10^6 tep (toe)



1973

Total: 6.115×10^6 tep (toe)

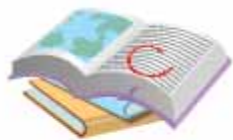


Distribuição da Matriz Energética Mundial nos anos de 1973 e 2008.

Fonte: Balanço Energético Nacional 2011, p. 163.

De acordo com esses dados, responda:

Como você caracterizaria a dependência brasileira do petróleo com relação à dependência mundial? O Brasil é, percentualmente, mais ou menos dependente do petróleo do que o resto do mundo? Explique.



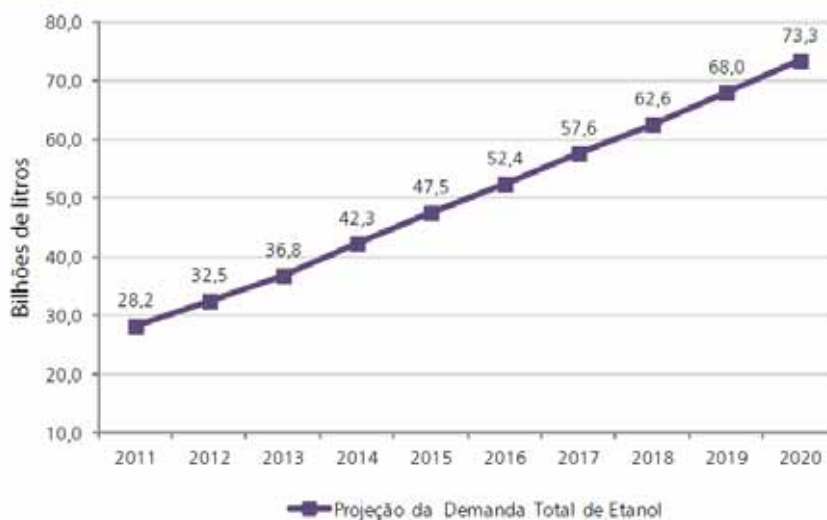
Leitura e Análise de Textos e Figuras

OFERTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

ETANOL

Projeta-se que a demanda total de etanol, de 27,6 bilhões de litros em 2010, alcançará 73,3 bilhões em 2020 (crescimento de 10,3% a.a.), compreendendo o mercado interno – combustível e outros usos - e a parcela destinada à exportação, conforme Gráfico 21.

Gráfico 21 – Projeção da demanda total de etanol – 2011-2020



Fonte: EPE

Projeção de Demanda de Etanol para o Brasil entre os anos de 2011 e 2020.

Fonte: PDE 2020 - Sumário, p. 53.

Com relação à análise desse gráfico e de acordo com os seus conhecimentos, responda:

1. Quais as possíveis vantagens e desvantagens da utilização do etanol com relação ao petróleo e seus derivados que justificariam tamanho aumento de demanda para os próximos anos?

2. Realizando uma rápida pesquisa de preços, facilmente percebemos que o preço do etanol em postos de combustíveis é bem menor no estado de São Paulo do que em estados próximos como Mato Grosso do Sul, Paraná e Minas Gérias. A que você acha que se deve esse fato?

3. Por que o etanol produzido no Brasil possui vantagens, tanto sociais como econômicas, com relação ao etanol produzido em outros países como, por exemplo, os Estados Unidos?

4. Você seria a favor da disseminação da cultura da cana-de-açúcar para a produção do etanol nos demais estados do Brasil? Por quê?



PESQUISA INDIVIDUAL

Basta ligar a televisão para ouvir falar em crise energética, fontes de energia renováveis, biodiesel, etc. Além disso, podemos perceber que o tempo todo nossa interação com o mundo é regida pelo consumo e reabastecimento de energia.

Por esse motivo, existem atualmente diversas iniciativas, tanto pública como privadas, no intuito de aumentar as reservas energéticas ou de desenvolver novas fontes renováveis de energia.

Sendo assim, considere a seguinte tabela:

Tabela 8 – Evolução da capacidade instalada por fonte de geração (MW)											
FONTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HIDRO ^(a)	82.939	84.736	86.741	88.966	89.856	94.053	98.946	104.415	109.412	111.624	115.123
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	9.180	9.384	10.184	11.309	11.309	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659
CARVÃO	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2.371	3.744	5.172	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790
ÓLEO DIESEL	1.497	1.497	1.471	1.471	1.471	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
GÁS DE PROCESSO	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686
PCH	3.806	4.201	4.230	4.376	4.633	4.957	5.187	5.457	5.737	6.047	6.447
BIOMASSA	4.496	5.444	6.272	6.681	7.053	7.353	7.653	8.003	8.333	8.703	9.163
EÓLICA	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
TOTAL^(b)	109.578	115.467	123.192	132.763	135.182	140.853	148.441	155.430	161.887	165.779	171.138

Notas: Os valores da tabela indicam a potência instalada em dezembro de cada ano, considerando a motorização das UHE.

(a) Inclui a estimativa de importação da UHE Itaipu não consumida pelo sistema elétrico Paraguai.

(b) Não considera a autoprodução, que, para os estudos energéticos, é representada como abatimento de carga. A evolução da participação da autoprodução de energia é descrita no Capítulo II.

Fonte: EPE.

Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração em (MW).

Fonte: PDE 2020 – Sumário, p. 31.

A tabela acima apresenta a previsão da capacidade de geração de energia para diversas fontes diferentes. Podemos perceber pela tabela apresentada que, no geral, a maioria das fontes sofre acréscimos ou decréscimos regulares, ou então se mantêm praticamente constantes. Podemos atribuir esses acréscimos constantes a planos de investimentos públicos ou privados e aumento de produção, e os decréscimos a diminuição de utilização de determinada fonte. Com relação a isso, gostaríamos de chamar atenção para as previsões de capacidade da fonte hidráulica para 2015 e do urânio em 2016. Ressaltamos esses dois casos porque eles representam respectivamente as previsões para inaugurações da Usina

Hidrelétrica de Belo Monte no rio Xingu no estado do Pará, e da Usina Nuclear Angra 3, no estado do Rio de Janeiro.

A construção de ambas as usinas foi, e ainda são, muito questionada, a primeira pelos impactos ambientais causados na área de alagamento, e a segunda pela produção de resíduos radioativos que necessitam de uma destinação correta para não causar riscos ao meio ambiente além dos riscos associados a um vazamento dos reatores nucleares instalados na usina. Sendo assim,

1. Qual a sua opinião com relação à instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte? Quais os problemas associados a sua construção que tem estado em evidência na mídia? Você concorda com esses argumentos? Se fosse optada pela não construção dessa usina, quais medidas poderiam ser tomadas para que não houvesse problemas com a demanda energética do Brasil para os próximos anos?

2. Qual a sua opinião com relação à instalação da Usina Nuclear de Angra 3? Você considera a utilização de usinas nucleares seguras? Por que o Brasil é tão pouco dependente desse tipo de fonte se comparado a países como, por exemplo, Alemanha, França e Japão?

3. Além da construção dessas duas usinas, outro assunto relacionado à produção de energia, não se restringindo somente à energia elétrica, que tem sido muito discutida foi a descoberta da reserva do Pré-sal no litoral brasileiro. Segundo previsões, essa reserva possui potencial para colocar o Brasil entre os grandes produtores mundiais de petróleo e derivados. Você acha interessante que se invista na produção e extração de combustíveis fósseis a partir dessa reserva, sendo que existem tantos problemas na utilização desse tipo de fonte, além do fato do Brasil possuir grande potencial para produção de energia a partir de fontes renováveis?



PARA SABER MAIS

Você pode aprofundar o que foi estudado até agora acessando os *sites* listados a seguir. Neles, você encontrará textos e informações que vão auxiliar em seu estudo.

- Inovação Tecnológica, acesse:
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115060712>>.
- Mudanças Ambientais Globais, acesse:
<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/03_ciclo_do_carbono/03_ciclo_do_carbono.shtml>. O *site* mostra um pequeno vídeo explicativo sobre o ciclo do carbono.
- Olimpíadas de Ciências, acesse:
<http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/01/artigo1/fontes_eletrica.html>. Na seção de busca, digite termos que apareceram em seu estudo, como ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio, fontes de energia, dentre outros, para obter mais informações.

APÊNDICE 2: TEMA 3 PRESENTE NO CADERNO DO PROFESSOR DO ESTADO DE SÃO PAULO DESTINADO À 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, VOLUME 2, COM A ADOÇÃO DAS SUGESTÕES PROPOSTAS

TEMA 3

ENTROPIA E DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Sabemos que a energia está presente em todas as nossas ações cotidianas. Sendo assim, é imprescindível que saibamos avaliar sua disponibilidade e qualidade, bem como considerar seu custo em nossos projetos, sejam pessoais ou em planejamentos governamentais.

É fundamental que se discuta na educação básica o papel das fontes de energia. Ter um conhecimento mínimo sobre a matriz energética do país, reconhecendo suas fontes em termos de renovação ou não da energia, é importante para a formação de um cidadão autônomo e capaz de agir no mundo em que vive.

Para isso propomos as Situações de Aprendizagem 7 e 8 para que os alunos tomem contato, por meio de uma pesquisa, com informações sobre as fontes primárias de energia utilizadas no país.

Isso permite estudar as transformações para formas de energia úteis para o uso final, como a eletricidade, acionamento mecânico ou iluminação, ressaltando o princípio da conservação da energia.

Ao se aprofundar o estudo das fontes energéticas, é possível, então, trabalhar o ciclo de energia na Terra, relacionando-o com a produção, a transformação, o consumo e as leis da termodinâmica que regulam esses processos. Ao mostrar de onde vem e para onde vai a energia, concluímos o estudo da Física Térmica.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 UMA PERGUNTA INTRIGANTE: POR QUE TEMOS DE ECONOMIZAR ENERGIA, JÁ QUE A FÍSICA DIZ QUE ELA NÃO SE PERDE?

Esta situação de aprendizagem possibilita iniciar um aprofundamento na Segunda Lei da Termodinâmica. Por meio de um aparente paradoxo (se a energia se conserva, por que economizá-la?), os alunos são levados a utilizar os princípios fundamentais da termodinâmica para tentar resolvê-lo. Assim, podem ser introduzidos o conceito de Entropia e as discussões pertinentes ao princípio da conservação da energia.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: fontes e transformações de energia; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; ler e interpretar gráficos e tabelas; redigir texto informativo e sugestivo sobre economia de energia usando conceitos físicos.

Estratégias: realização de uma pesquisa para tentar responder a um aparente paradoxo; elaboração de um pequeno texto que simule a resposta a um leitor de revista de divulgação científica.

Recursos: roteiro da atividade 7; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do texto respondendo para um "leigo" a pergunta contida no roteiro.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar essa situação de aprendizagem você pode optar por dividir a sala em grupos para a realização das atividades propostas, desde que considere que isso não dificultará o desenvolvimento das mesmas. Sugerimos essa iniciativa já que assim pode-se tentar fazer com que os alunos debatam entre si acerca dos questionamentos que lhes são apresentados com o intuito de que eles tenham que argumentar de uma forma minimamente crítica a fim de defender seus pontos de vista diante de argumentações contrárias que surjam de seus colegas ou do próprio professor.

Como é bastante complicado elaborar atividades que abordem esse conceito com o aprofundamento adequado para o Ensino Médio, uma boa alternativa é iniciar esse estudo por meio das discussões que possam surgir durante a realização das atividades propostas, tentando mobilizar uma participação mais ativa desses alunos, de modo que as atividades transcorram de maneira mais interessante.

Para a primeira atividade dessa situação de aprendizagem, a ideia central é relacionar a ideia da 'perda' de energia durante o funcionamento de, por exemplo, um motor à combustão

com a degradação ocorrida com sua energia, que é transformada em calor, e por esse motivo não pode mais ser utilizada para gerar trabalho útil. Para isso você pode questionar os alunos sobre coisas simples, como por exemplo, por que temos que abastecer os carros para que eles funcionem, ou então por que temos que pagar a conta de energia elétrica todo mês, e se é possível a construção de um moto-perpétuo?

Aproveite esse momento também para trazer para a discussão mais aspectos socioeconômicos que estão relacionados com o fato da energia se degradar, como os citados anteriormente da necessidade de se ter que abastecer o carro e pagar uma conta para que se tenha energia elétrica em casa, ou ainda que, não teríamos que nos preocupar com áreas de inundação para a construção de novas usinas hidrelétricas ou com os resíduos radioativos de usinas nucleares.

Com a discussão desses aspectos, e de outros que possam surgir dos próprios alunos, existe a possibilidade de que você se depare com questões bastante delicadas e sem uma resposta correta, já que, por exemplo, algum aluno pode defender a ideia de que, se a energia não degradasse teríamos muito menos impactos ambientais relacionados à geração de energia, e que por isso essa hipótese seria interessante, ao mesmo tempo em que outro aluno pode defender que, se não houvesse degradação da energia então todos os frentistas dos postos de combustíveis perderiam o emprego, já que os carros não precisariam mais ser reabastecidos, e isso acabaria gerando um problema de ordem social.

Se isso ocorrer, primeiramente, não se desespere, realmente você não terá como se posicionar com absoluta certeza acerca de uma disputa desse tipo, mas isso não significa que o caos está instalado. Explique essa situação aos seus alunos, já que realmente, se a energia não se degradasse, muitos empregos comuns na sociedade da forma como a conhecemos acabariam sendo prejudicados, mas também não sabemos que tipo de novos empregos relacionados a essa suposta nova condição poderiam surgir, ou como essas relações de emprego se dariam, sendo assim busque alcançar um consenso dentro da classe, divida-os entre as condições contrastantes e promova um pequeno debate acerca dos supostos prós e contras de cada uma, realize um exercício de cidadania, onde eles deverão defender seus pontos de vista de maneira crítica e consciente, sem a monopolização nem opressão de ideias. Por mais que alguns não saiam satisfeitos com o resultado dessas discussões, no geral, esse tipo de atividade se mostra muito benéfica para a formação dos alunos.

Desse modo, com todas essas discussões e com a resolução das questões propostas o aluno deve conseguir relacionar o conceito de entropia com a ideia da degradação da energia, da perda da capacidade de sua utilização, e que, por esse motivo, é necessário que haja um consumo racional de energia, visto que suas reservas são limitadas.

Para a segunda atividade, o objetivo esperado é que, com a leitura e interpretação do texto, junto às indicações apresentadas pelo professor, os alunos consigam ter uma ideia básica sobre o que se trata a Segunda Lei da Termodinâmica, já que ela possui diferentes significados que, no fundo, tratam da mesma coisa, a existência de restrições no modo como o calor e outras formas de energia podem ser transferidos e realizam trabalho.

Já vimos nas situações de aprendizagem anteriores que um desses enunciados é: “Não é possível construir uma máquina que converta todo o calor em trabalho”. Sempre que há uma transformação de energia térmica em qualquer outro tipo de energia, parte do calor é cedida ao ambiente. Como discutimos na atividade anterior, essa energia não é destruída, apenas não pode ser usada para gerar trabalho.

Outro desses enunciados é: “O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente”. Esta afirmação é facilmente observada no dia-dia, quando, por exemplo, deixamos uma taça de sorvete fora da geladeira por certo tempo. Sabemos que o sorvete vai derreter, já que o calor passa do ar para o sorvete, excedendo sua temperatura de fusão. Da mesma forma, o calor de uma xícara de café é transferido para o ar, esfriando o café. Não há sentido acreditar que o contrário pudesse acontecer, ou seja, que o café se tornasse mais quente ainda enquanto o ar ao seu redor esfriasse.

Note que em nenhum momento afirmamos que o calor não pode passar de um corpo mais frio para um corpo mais quente, afinal é isso que acontece na geladeira da sua casa. O que essa lei afirma é que isso não acontece espontaneamente, sem gasto energético, ou melhor, que a probabilidade de que isso ocorra é muito próxima de zero. Apesar de isso parecer trivial, por estar constantemente ocorrendo à nossa volta, é preciso ressaltar que do ponto de vista do princípio da conservação de energia, não existe nenhum motivo para que haja esse sentido preferencial, com o calor passando espontaneamente sempre do corpo mais quente para o corpo mais frio.

Outro enunciado para essa lei é: “Todo sistema isolado torna-se mais desordenado com o passar do tempo”. A entropia seria uma medida dessa desordem. Então, de acordo com essa lei, a entropia sempre aumenta.

Para a Física, um sistema ordenado é aquele no qual determinada quantidade de objetos, que podem ser átomos ou tijolos, está disposta de forma regular e previsível, tais como os átomos de um cristal ou uma parede de tijolos. Já um sistema desordenado é aquele no qual os objetos estão dispostos de forma irregular, como os átomos de um gás ou a parede de tijolos do sistema ordenado depois de ser demolida.

Esse enunciado nos permite entender fenômenos cotidianos como o ato de se abrir um recipiente de perfume e o cheiro desse perfume se espalhar pelo cômodo. Os átomos do perfume em estado gasoso, passam de um estado parcialmente ordenado, dentro o vidro do perfume, para um altamente desordenado se espalhando pelo cômodo.

Como a Entropia sempre cresce, significa que o estado de desordem sempre aumenta, o que justificaria o fato das moléculas de perfume não voltarem espontaneamente para dentro do frasco. Esse enunciado, apesar de parecer bastante abstrato, está relacionado com uma característica bastante importante do funcionamento da Terra, que é o fato de ser possível a manutenção da vida.

De acordo com essa lei, todo sistema ordenado possui a tendência de passar para um estado desordenado com o passar do tempo. Mas, sendo assim, o que poderia explicar a existência de seres biológicos tão complexos na Terra? Estaríamos nós seres humanos violando a Segunda Lei da Termodinâmica?

Trabalhe com os alunos a ideia de que, para que sistemas organizados permaneçam organizados, eles precisam retirar energia de algum lugar, e para esse caso que descrevemos acima essa fonte de energia é caracterizada pelo Sol, e que por esse motivo ele é o principal responsável pela manutenção da vida em nosso planeta.

Aproveite esse fato para trabalhar com os alunos a ideia de que conceitos aparentemente tão abstratos como o de Entropia estão fortemente relacionados com eventos aparentemente tão simples e corriqueiros do nosso cotidiano. Veja bem, não estamos dizendo que esse processo de manutenção da vida na Terra seja simples, mas que, pelo fato de estarmos constantemente em contato com ele, acabamos não percebendo sua importância. Busque com isso despertar em seus alunos uma atitude de vigilância, que deve tender a se tornar constante, com relação aos aspectos cotidianos buscando perceber se e quais características científicas estão presentes para cada evento. Não objetivamos com isso que eles entendam totalmente todos os tipos de influências científicas que estão relacionadas à suas vidas, mas sim que eles se tornem mais críticos com relação a essa realidade.

Finalize a Situação de Aprendizagem 7 solicitando que os alunos elaborem o texto proposto na terceira atividade. Deixe claro que a intenção é que eles respondam ao que foi pedido utilizando não somente argumentos técnicos e científicos, mas que eles tentem abordar discussões acerca do que essa economia de energia representa para ele e para a Terra como um todo. Os processos e problemas ambientais que surgem dessa discussão, os aspectos econômicos, políticos e sociais envolvidos, o que poderia significar essa ideia da não existência da degradação da energia, enfim, tudo o que foi apresentado e discutido no restante da Situação de Aprendizagem 7, incluindo até mesmo as possíveis questões sem resposta que possam ter surgido durante a realização da primeira atividade. Se possível, escolha um local na escola, como um mural, onde possam divulgar seus textos para outros alunos e professores.

Nas próximas aulas concluiremos o estudo da Física Térmica por meio de um fechamento geral sobre os processos de produção e transformação de energia. Para isso, os alunos poderão realizar uma pesquisa, na qual irão encontrar dados referentes ao balanço energético brasileiro ou ao plano decenal de expansão de energia 2020, ambos os documentos oficiais elaborados pelo Ministério de Minas e energia (MME), mas independentemente da realização da pesquisa ou não, não deixe de auxiliá-los na interpretação desses dados, uma vez que a leitura desses documentos pode ser um tanto difícil devido à linguagem e aos dados técnicos adotados.

Procure entregar aos alunos o roteiro da Situação de Aprendizagem 8, com antecedência para que eles tenham tempo de realizar a pesquisa.



Para Refletir

Atualmente a presença de Ciência e Tecnologia no cotidiano dos brasileiros é marcante e inegável. Sendo assim, se o que pretendemos com a educação básica de nosso país é a formação de cidadãos críticos e capazes de se relacionar criticamente na sociedade em que vivem, características relacionadas a essa Ciência e Tecnologia não podem ser excluídas da realidade escolar e devem se constituir como parte integrante de sua prática docente.

Nessa perspectiva, o que devemos entender por um cidadão crítico não se limita a uma pessoa que apenas consegue manusear e entender os processos técnicos de funcionamento de aparatos científico-tecnológicos, mas que possui uma visão mais ampla, que leve em conta aspectos sociais e econômicos envolvidos na produção, regulação, e utilização desses aparatos. Tal iniciativa de buscar a formação de um cidadão desse tipo, apesar de ainda pouco comum, está presente em documentos oficiais como a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) e a Proposta Curricular do estado de São Paulo.

Sendo assim, busque em suas aulas a promoção de espaços de discussão que visem à argumentação de seus alunos em assuntos que envolvam Ciência e Tecnologia, buscando, principalmente, ilustrar o seu caráter provisório, e também a importância que a sociedade possui no seu controle e regulação. Para isso aproveite a oportunidade, e utilize as informações provenientes dos documentos oficiais para promover esse espaço de discussão e argumentação, tendo a oportunidade também de, com a utilização dos dados provenientes da consulta pública realizada pelo Ministério de Minas e Energia, o PDE 2020, ilustrar a possibilidade de participação pública nos processos de formulação e regulação de políticas públicas de Ciência e Tecnologia.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 O BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL E OS CICLOS DE ENERGIA NA TERRA

Nesta situação de aprendizagem os alunos deverão buscar conhecer um pouco mais acerca das características referentes às diferentes fontes de energia brasileira e suas formas de consumo. O objetivo é fazer com que os alunos saibam caracterizar o ciclo da energia natural da Terra, perceber sua influência sobre diferentes fontes de energia, alguns de seus impactos, vantagens e desvantagens, e também apresenta-los ao que seria a tentativa de leitura e interpretação de documentos oficiais que são de interesse geral, desmistificando a ideia de que somente os especialistas são qualificados para entendê-los.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: energia e fontes; processos que envolvem transformações de energia; princípio da conservação de energia; leis da termodinâmica; entropia.

Competências e habilidades: identificar diferentes fontes de energia na matriz energética brasileira; reconhecer os ciclos de energia no sistema terrestre; calcular balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra; relacionar as necessidades energéticas como problema da degradação da energia; discriminar fontes renováveis de fontes não renováveis de energia; ler e interpretar gráficos e tabelas.

Estratégias: realização de uma pesquisa para encontrar informações sobre as principais fontes de energia no Brasil, bem como estudar o ciclo de energia da Terra; análise das informações obtidas; trabalho em grupo; discussão com a classe.

Recursos: roteiro da atividade; pesquisa utilizando internet, biblioteca etc.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro e sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; avaliar redação do relatório-síntese.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Essa situação de aprendizagem deve ser desenvolvida em pequenos grupos, desde que isso não prejudique o desenvolvimento das atividades como um todo. O objetivo é fazer com que os alunos tomem contato com as principais fontes de energia da Terra. A análise das informações contidas nos documentos oficiais serve como pano de fundo para discutir o ciclo de energia terrestre e sua influência nas fontes de energia. Sugerimos aqui a utilização do Balanço Energético Nacional (BEN) e do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 (PDE 2020) por julgar que esses documentos possuem informações interessantes para serem trabalhadas nas mais diversas regiões, o que não seria possível caso o documento em questão

tivesse uma abrangência mais local. Pode-se optar também pela substituição do PDE 2020 pelo PDE 2020 – Sumário, que é um documento também elaborado pelo Ministério de Minas e Energia, que reúne as principais ideias do PDE 2020 apresentando-as de maneira mais resumida, sem que com isso seja comprometida a qualidade dessas informações. Fazemos essa sugestão pois esse documento é mais curto que o PDE 2020 em si, e também de leitura mais simples, facilitando sua utilização pelos alunos.

Caso ache necessário, substitua algum dos documentos, ou mesmo das questões apresentadas durante a situação de aprendizagem, por outro que julgue como mais relevante para a região em que se encontra. A ideia aqui é que, além do aspecto global das fontes de energia, os alunos se conscientizem também sobre como se apresenta o aspecto local para essas fontes. Para tentar evitar um desinteresse dos alunos para as questões que lhes serão apresentadas, busque garantir que eles tenham clareza das informações com que estão trabalhando.

Para a primeira atividade dessa situação de aprendizagem deve-se buscar com que os alunos sejam capazes de classificar as fontes energéticas. Um critério é classifica-las em primárias e secundárias. Aquelas que se originam de processos fundamentais da natureza, como a energia nuclear ou gravitacional, são chamadas de primárias. Aquelas que derivam dessas fontes, representando apenas transformações ou conversões, como a energia de biomassa (que é uma transformação da energia solar) e a das marés (que é uma transformação da energia gravitacional), são chamadas de secundárias.

Então, coloque em questão a origem dessas fontes. O que é o petróleo e de onde ele vem? A lenha? A água usada em usinas hidrelétricas? O gás ou óleo combustível usado em usinas centrais termelétricas? O urânio das usinas nucleares? O vento das eólicas? Os materiais orgânicos da biomassa (como biodiesel)? Indique a energia solar como fonte primária de praticamente todas as outras, que possibilita o ciclo da água, a formação de ventos, a fotossíntese realizada por seres vivos soterrados há milhões de anos, produzindo compostos orgânicos como petróleo, carvão mineral e gás natural, e a própria energia solar direta usada para aquecimento ou para geração de eletricidade. Trabalhe nesse momento também, algumas das características apresentadas pelos gráficos e tabelas disponíveis, e discuta com os alunos o motivo que leva o Brasil a utilizar prioritariamente a fonte hidráulica como principal geradora de energia elétrica.

Torna-se possível, então, classificar essas fontes em renováveis e não renováveis, sendo esse um dos critérios importantes usados para discutir e debater vantagens e desvantagens de seus usos no mundo. Antes de discutir esses conceitos e fazer uma classificação, pergunte o que os alunos entendem sobre esses termos e peça que façam uma lista do que consideram fonte de um tipo e de outro.

Em princípio, qualquer fonte de energia pode ser produzida e repostada na natureza. É a escala de tempo e gasto energético envolvido nessa reposição que determina a classificação em fontes renováveis e não renováveis. As fontes classificadas como não renováveis, como o petróleo, o carvão e o gás natural, são aquelas cuja escala de tempo envolvida no processo de

reposição natural é da ordem de milhares ou até milhões de anos, além de requerer condições favoráveis, como pressão e temperatura ideais. Quanto à reposição artificial dessas fontes, quando não é impossível, é absolutamente inviável, devido ao gasto energético envolvido nesse processo, geralmente igual ou superior à quantidade de energia a ser obtida.

Não se esqueça de ressaltar que, apesar de na questão referente à energia elétrica nossas fontes serem prioritariamente de origem renovável, quando vemos a matriz energética brasileira como um todo ainda somos extremamente dependentes de fontes não renováveis como o petróleo e o gás natural. Tente incentivar para que os próprios alunos cheguem a uma conclusão sobre o porquê de ocorrer tal fato, e o que isso pode significar para a economia e para o meio ambiente.

Bom, sabemos que, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, nenhuma fonte de energia pode ser considerada inesgotável. Contudo, muitas delas, como a energia solar, não representam qualquer variação significativa em seu potencial ao ser largamente utilizada pela humanidade, tendo assim sua duração avaliada em milhões e até bilhões de anos. Juntamente com essas fontes, são classificadas como renováveis aquelas cuja reposição pode ser feita facilmente, envolvendo escalas de tempo da ordem de alguns anos, como é o caso da biomassa.

Discutir a origem das fontes de energia permite, por exemplo, retomar a ideia de que gás de cozinha, diesel, gasolina, carvão e lenha são substâncias orgânicas que armazenam energia química que é transformada em calor quando são queimadas. Como sabemos, o petróleo, o carvão mineral e o gás natural são os combustíveis fósseis, pois foram necessários milhões de anos e condições ideais de temperatura e pressão para transformar micro-organismos decompostos em uma fonte de energia, que representa cerca de 80% da energia consumida pelo mundo atualmente. Discuta com seus alunos a respeito de suas ideias com relação ao porque somos tão dependentes de combustíveis fósseis para mantermos o estilo, e padrão, de vida que possuímos atualmente, e quais são os principais consumidores desses combustíveis fósseis dentro da nossa matriz energética, tais como o abastecimento de nossa gigantesca frota de veículos automotores.

Aproveite essa oportunidade para comparar a dependência da matriz energética brasileira com relação ao petróleo e seus derivados com a dependência da matriz mundial, e quais as possíveis expectativas para substituição ou pelo menos diminuição da utilização desses combustíveis fósseis, tais como a produção do etanol brasileiro. Associe também essa dependência brasileira de combustíveis fósseis, mesmo possuindo uma grande matriz renovável, as suas dimensões continentais e aos problemas logísticos e econômicos que isso pode causar. Por essas grandes dimensões em muitas vezes se torna muito mais fácil utilizar, por exemplo, a gasolina para manter o funcionamento de um gerador em uma comunidade indígena no meio da floresta amazônica do que investir na construção de uma linha de transmissão que leve a energia elétrica produzida em uma hidrelétrica até essa mesma aldeia.

Também apresente para os alunos a ideia de que, muitas vezes, o comércio de energia, tanto no quesito de importação como exportação, é benéfico para o Brasil no que diz respeito

a relações comerciais internacionais e diplomáticas, e que são por esses motivos que o Brasil tanto importa como exporta energia, o que a princípio pode mostrar-se como um paradoxo.

Vale ressaltar que foram os micro-organismos oceânicos que resultaram em petróleo, não fósseis como os de dinossauros, que são, geralmente, o primeiro tipo de fóssil que nos vem a cabeça, o que nos indica que, onde há petróleo, um dia já foi oceano.

São ideias desse tipo que devem ser trabalhadas na segunda atividade dessa situação de aprendizagem, apresentando aos alunos também um esquema para representação do ciclo de energia no planeta. Problematize o que esse ciclo representa, retomando a relação entre eles e as fontes de energia que utilizamos mostrando de que forma Sol e Terra constituem um sistema de troca de energia, e de como somos, novamente, inteiramente dependentes do Sol para a manutenção desses ciclos.

Por meio dessas discussões, é possível retomar os ciclos que regulam a vida na Terra, como o ciclo da água, utilizado anteriormente no estudo da formação das chuvas, apresentar o ciclo do carbono e retomar o próprio ciclo da energia, que estudado quando se abordou o efeito estufa.

Para a terceira atividade dessa situação de aprendizagem, comece analisando com seus alunos o gráfico apresentado, e questione-os a respeito do que eles acham que é responsável por essa previsão de aumento na produção do etanol brasileiro para os próximos anos. Discuta o papel que essa produção de etanol representa dentro do estado de São Paulo no que diz respeito à geração de empregos, áreas cultivadas, e monocultura. Também busque desenvolver com seus alunos os motivos que diferenciam as características do etanol dentro do estado de São Paulo com relação à maioria dos outros estados brasileiros, tais como preço, quantidade utilizada, dependência do setor de transportes, etc. Como principal possível substituto para os combustíveis fósseis, pelo menos no caso brasileiro, o que o etanol pode significar para a matriz energética brasileira? Eles (alunos) conhecem alguma outra iniciativa do tipo da substituição da gasolina pelo etanol (como o biodiesel)?

Para finalizar essa atividade, discuta com seus alunos a respeito das diferenças entre o etanol brasileiro e o etanol norte-americano (dois maiores produtores mundiais), e peça para que eles pesquisem características relacionadas a essas duas culturas, como produtividade, matéria-prima, balanço energético, etc. e apresente para discussão pela sala a controvérsia que trouxe a produção de etanol para debate pela comunidade internacional nos últimos anos, que é o fato do etanol (norte-americano) utilizar uma cultura que poderia ser utilizada para produção de alimentos (milho) para conseguir uma eficiência energética muito baixa (novamente para o etanol norte-americano), e que, mesmo assim, é financeiramente mais vantajoso para os produtores norte americanos produzirem etanol do que para os brasileiros, devido aos subsídios agrícolas oferecidos pelo seu governo.

Como quarta e última atividade dessa situação de aprendizagem, apresente, interprete e discuta com os alunos a respeito dos dados que são apresentados na tabela como a previsão da capacidade instalada para cada fonte de energia para os próximos anos, os principais

aumentos significativos e o que eles acham que esses aumentos, ou até mesmo estabilidade para algumas fontes, significam. De acordo com o andamento das atividades anteriores, deve-se perceber aqui posicionamentos mais críticos e politizados, incentive-os. Não de respostas prontas, apenas auxilie-os com dúvidas de cunho conceitual, mas permita que, durante a realização das pesquisas e resolução das questões, os alunos realizem suas próprias inferências, que debatam, que defendam seu ponto de vista, e estimule esse tipo de comportamento. Compare respostas possivelmente contraditórias e estimule as argumentações dos alunos.

Terminada essas discussões, tente verificar se, agora, os alunos conseguem relacionar o suposto ‘consumo’ de energia com a degradação imposta pela Segunda Lei da Termodinâmica.

Caso exista a possibilidade, traga para aula notícias recentes relacionadas com essas pesquisas, desde que sejam interessantes e cabíveis dentro da perspectiva adotada, e mostre para os alunos como esses assuntos estão no foco de discussões importantes atualmente.

Tente um diálogo com seus colegas responsáveis por outras disciplinas e verifique a possibilidade dessas disciplinas também trabalharem com esses assuntos, de modo a alcançar uma abordagem mais completa desses assuntos.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Indicadores de Aprendizagem	
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> – Estabelecer critérios para argumentar sobre a necessidade de racionalização do uso de energia no mundo. – Compreender as necessidades energéticas como problema da degradação da energia.
Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar as diferentes fontes de energia na Terra, suas transformações e sua degradação. – Utilizar e interpretar diferentes escalas de tempo para identificar fontes renováveis e não-renováveis de energia. – Pesquisar, sistematizar e interpretar informações sobre a matriz energética brasileira. – Compreender o significado e a importância dos ciclos naturais para a manutenção da vida, em sua relação com condições socioambientais. – Reconhecer o ciclo de energia no Universo e sua influência nas fontes de energia terrestre. – Compreender os balanços energéticos de alguns processos de transformação da energia na Terra. – Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de sua geração e uso social, e comparar diferentes recursos e opções energéticas.

Propostas de Questões para aplicação em Avaliação.

1. Em seu quarto, há 1027 moléculas de ar. Se todas elas se acumulassem em um único lugar, por exemplo, dentro de uma caixa aberta ao lado de sua cama, você morrerá asfixiado. Explique fisicamente por que é muito improvável que isso ocorra.

Como foi visto no estudo da Segunda Lei da Termodinâmica, toda vez que um sistema pode distribuir sua energia livremente, ele sempre o faz de modo que a entropia sempre aumente. Ou seja, em qualquer sistema físico, a tendência natural é o aumento da desordem de modo que é muito improvável que, espontaneamente, as moléculas de ar se agrupem todas em uma caixa.

2. Quando a água é colocada no congelador de sua geladeira se transforma em gelo, passa de um estado de maior desordem molecular para um estado de menor desordem. Esse fato viola o princípio da Entropia? Justifique sua resposta.

Não há violação de Entropia visto que a transformação da água em gelo não ocorre de forma espontânea, ou seja, é preciso que um trabalho seja realizado sobre o sistema para que haja a mudança de estado.

3. Mostra-se vantajoso para o Brasil investir na utilização do etanol em detrimento dos combustíveis fósseis para os veículos automotores? Explique.

Mostra-se vantajoso por vários motivos. Entre eles podemos citar o fato do etanol ser proveniente de uma fonte renovável, o Brasil já possui tradição e condição técnica para a produção em larga escala, o etanol brasileiro possui um excelente balanço energético se comparado, por exemplo, ao etanol norte-americano, o Brasil possui tecnologia de ponta no que diz respeito à produção agrícola, o que garantiria um manejo do solo que garanta suas condições de produção, enfim, existem diversos motivos para se incentivar a produção do etanol para utilização em detrimento de combustíveis de origem fóssil.

4. Enem 2007 – As pressões ambientais pela redução da emissão de gás estufa, somadas ao anseio pela diminuição da dependência de petróleo, fizeram os olhos do mundo se voltarem para os combustíveis renováveis, principalmente para o etanol. Líderes na produção e consumo de etanol, Brasil e Estados Unidos da América produziram juntos, cerca de 35 bilhões de litros do produto em 2006. Os EUA utilizam o milho como matéria-prima para produção desse álcool, ao passo que o Brasil utiliza cana-de-açúcar. O quadro a seguir apresenta alguns índices relativos ao processo de obtenção de álcool nesses dois países. Se comparado com o uso do milho como matéria-prima na obtenção do etanol, o uso da cana-de-açúcar é

	Cana	Milho
produção de etanol	8 mil litros/ha	3 mil litros/ha
gasto de energia fóssil para produzir 1 litro de álcool	1 600 kcal	6 600 kcal
balanço energético	positivo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 3,24 calorias de etanol	negativo: gasta-se 1 caloria de combustível fóssil para a produção de 0,77 caloria de etanol
custo de produção/litro	US\$ 0,28	US\$ 0,45
preço de venda/litro	US\$ 0,42	US\$ 0,92

Produção de álcool Brasil e EUA. *Revista Globo Rural*, jun.2007 (com adaptações).

a-) mais eficiente, pois a produtividade do canavial é maior que a do milharal, superando-a em mais do dobro de litros de álcool produzido por hectare.

b-) mais eficiente, pois se gasta menos energia fóssil para se produzir 1 litro de álcool a partir do milho do que para produzi-lo a partir da cana.

c-) igualmente eficiente, pois, nas duas situações, as diferenças entre o preço da venda do litro do álcool e o custo de sua produção se equiparam.

d-) menos eficiente, pois o balanço energético para se produzir etanol a partir da cana é menor do que o balanço energético para produzi-lo a partir do milho.

e-) menos eficiente, pois o custo da produção do litro de álcool a partir da cana é menor que o custo de produção a partir do milho.

5. Como você caracterizaria a matriz energética brasileira? Renovável, não renovável, sustentável, ambientalmente destrutiva, etc.? Explique. Você concorda com a utilização dessa matriz energética, ou teria sugestões para modifica-la ou aperfeiçoa-la?

Resposta de cunho pessoal que deve ser elaborada de acordo com os conhecimentos trabalhados durante a realização da Situação de Aprendizagem 8.

APÊNDICE 3: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AOS PROFESSORES ANTES DA REALIZAÇÃO DOS GRUPOS FOCAIS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, peça que assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Desde logo fica garantido o sigilo das informações. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: “Educação científica, CTSA e Ensino de Física: Contribuições ao aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem sobre Entropia e Degradação de Energia”.

Pesquisador Responsável: Gabriel Augusto Cação Quinato

Telefone para contato: (14) 9128-6888

O objetivo desta atividade de discussão é conhecer os posicionamentos e as opiniões de professores da rede pública de ensino do Estado de São Paulo sobre as propostas de aperfeiçoamento que elaboramos para o material didático produzido pelo governo do Estado, particularmente para as Situações de Aprendizagem referentes ao Tema ‘Entropia e Degradação da Energia’ presente nos Cadernos do Professor e do Aluno para o Ensino de Física do Estado de São Paulo, utilizados na segunda série do Ensino Médio. As propostas para o material didático integram estudo realizado de acordo com a bibliografia especializada pelo pesquisador responsável em nível de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Bauru.

A atividade em questão consiste na realização de grupos de discussão com professores que já utilizem ou venham a utilizar esse material em sala de aula. Serão realizados encontros para discussão, nos quais os professores serão convidados a expressar aspectos que julguem como positivos ou negativos em relação às propostas de aperfeiçoamento do material didático. A coleta de dados se dará através de gravação de áudio das discussões. É garantido o total sigilo e confidencialidade das informações dos participantes.

Gabriel Augusto Cação Quinato

◆ CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____,
portador do documento de identidade de nº _____ e
inscrito no cadastro nacional de pessoa física sob o nº _____, abaixo
assinado, concordo em participar do estudo **“Educação científica, CTSA e Ensino de Física:
Contribuições ao aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem sobre Entropia e
Degradação de Energia”**, como sujeito de pesquisa. Fui devidamente informado e
esclarecido pelo pesquisador Gabriel A. Cação Quinato sobre o conteúdo da pesquisa, os
procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de
minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu
consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer tipo de penalidade.

Local e data _____ , _____/_____/_____

Nome: _____

Assinatura do sujeito ou responsável: _____