

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**PROJETOS CURRICULARES INTERDISCIPLINARES**

**E A TEMÁTICA DA ENERGIA \***

**Alessandro Aquino Bucussi**

Dissertação realizada sob orientação da Prof<sup>a</sup>.  
Dra. Fernanda Ostermann, apresentada ao  
Instituto de Física da UFRGS em  
preenchimento parcial dos requisitos para o  
título de Mestre em Ensino de Física.

PORTO ALEGRE

2005

---

\* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

"Neste domínio que nos ocupa, não há bom trabalho que não seja uma procura sincera da verdade. Não há verdade absoluta, estabelecida de uma vez por todas pelos dogmas, mas aquela que se repõe sempre em questão e se aprofunda incessantemente devido ao desejo de compreender com mais justeza o real em que vivemos e para cuja produção contribuímos". (Quivy)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais,  
ao meu irmão  
e às minhas companheiras de jornada,  
Josi e Ana.

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Dra. Fernanda Ostermann, pelo cuidado com que orientou esta pesquisa, ao Prof. Dr Marco Antonio Moreira, representando os professores deste MPEF-UFRGS, aos colegas de mestrado, pelo convívio amigável e colaborativo, e aos colegas dos Institutos de Educação: Divina Providência e Riachuelo, pelo trabalho que realizam por uma melhor educação para a comunidade de Capão da Canoa.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO II – METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III – O CONTEXTO DISCIPLINAR</b> .....	<b>27</b>
<b>III.1 – LIVROS DIDÁTICOS</b> .....	<b>28</b>
<i>III.1.1 – SOBRE A INTRODUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA</i> .....	<b>30</b>
<i>III.1.2 – SOBRE O DESENVOLVIMENTO CURRICULAR DO CONCEITO DE ENERGIA</i> .....	<b>35</b>
<b>III.2 – INGRESSO NO ENSINO SUPERIOR</b> .....	<b>38</b>
<i>III.2.1 – VESTIBULAR DA UFRGS</i> .....	<b>39</b>
<i>III.2.2 – PROVAS DO ENEM</i> .....	<b>41</b>
<b>III.3 – IMPLICAÇÕES CURRICULARES</b> .....	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO IV – O CONTEXTO ESCOLAR</b> .....	<b>47</b>
<b>IV.1 - ESCOLA PARTICULAR (IEDP)</b> .....	<b>48</b>
<b>IV.2 - ESCOLA PÚBLICA (IER)</b> .....	<b>55</b>
<b>IV.3 – ENSINO DA TEMÁTICA DA ENERGIA</b> .....	<b>61</b>
<b>IV.4 – IMPLICAÇÕES CURRICULARES</b> .....	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO V – ABORDAGEM TEMÁTICA DA ENERGIA</b> .....	<b>68</b>
<b>V.1 - INTRODUÇÃO DA TEMÁTICA DA ENERGIA</b> .....	<b>70</b>
<i>V.1.1 – ÊNFASE EM HISTÓRIA, FILOSOFIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA</i> .....	<b>71</b>
<i>V.1.2 – ÊNFASE NA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE</i> .....	<b>91</b>
<b>V.2 – DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA DA ENERGIA</b> .....	<b>113</b>
<b>V.2.1 – IMPLEMENTAÇÃO NO IEDP</b> .....	<b>115</b>
<b>V.2.1.1 – ENERGIA TÉRMICA</b> .....	<b>115</b>
<b>V.2.1.2 – ENERGIA QUÍMICA</b> .....	<b>120</b>
<b>V.2.1.3 – ENERGIA NUCLEAR</b> .....	<b>122</b>
<b>V.2.2 – IMPLEMENTAÇÃO NO IER</b> .....	<b>123</b>
<b>V.2.2.1 - FLUXO DE ENERGIA NA BIOSFERA</b> .....	<b>124</b>
<b>V.2.2.2 - FLUXO DE ENERGIA NA SOCIEDADE</b> .....	<b>130</b>
<b>CAPÍTULO VI – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>135</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>141</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>146</b>
<b>APÊNDICE A: CURRÍCULO E O ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	<b>150</b>
<b>A.1 - DIVERSIDADE DE REPRESENTAÇÕES</b> .....	<b>151</b>
<b>A.2 - PARÂMETROS E DIRETRIZES</b> .....	<b>161</b>
<b>A.3 – PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	<b>182</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>190</b>
<b>APÊNDICE B: O CONCEITO DE ENERGIA</b> .....	<b>194</b>
<b>B.1 – O SABER CIENTÍFICO</b> .....	<b>195</b>

<i>B.1.1 - TEORIAS PREDECESSORAS</i> .....	196
<i>B.1.2 – O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO</i> .....	199
<i>B.1.3 – A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA</i> .....	205
<b>B.2 – O SABER ESCOLAR</b> .....	208
<i>B.2.1 - ENERGIA NO COTIDIANO</i> .....	208
<i>B.2.2 - CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS</i> .....	209
<i>B.2.3 – A DEFINIÇÃO DE ENERGIA</i> .....	213
<i>B.2.4 – TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA</i> .....	215
REFERÊNCIAS .....	222
<b>APÊNDICE C: COMPONENTES CURRICULARES – IEDP (DIURNO)</b> .....	<b>226</b>
<b>APÊNDICE D: COMPONENTES CURRICULARES – IER (NOTURNO)</b> .....	<b>230</b>
<b>APÊNDICE E: MATERIAIS DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>234</b>
E.1 – TEXTO 1: ENERGIA INTERNA .....	234
E.2 – TEXTO 2: QUANTIDADE DE MOVIMENTO E ENERGIA CINÉTICA .....	240
E.3 – TEXTO 3: MAPA CONCEITUAL DE ENERGIA .....	243
E.4 – AVALIAÇÃO 1: (HFS) QUANTIDADE DE MOVIMENTO .....	246
E.5 – AVALIAÇÃO 2: (HFS) CONSERVAÇÃO DA ENERGIA .....	248
E.6 – AVALIAÇÃO 3: (CTSA) FONTES DE ENERGIA .....	250
<b>APÊNDICE F: MATERIAIS DE APOIO À PESQUISA</b> .....	<b>254</b>
F.1 – QUESTIONÁRIO I: CURRÍCULO E LEGISLAÇÃO .....	254
F.2 – QUESTIONÁRIO II: ENERGIA E INTERDISCIPLINARIDADE .....	255
F.3 – ENQUETE I: CONCEPÇÕES SOBRE O CONCEITO DE CURRÍCULO .....	256
F.4 – ENQUETE II: DIFICULDADES APONTADAS PELOS PROFESSORES .....	257
F.5 - ENERGIA NO VESTIBULAR DA UFRGS E NAS PROVAS DO ENEM .....	258
F.6 - TABELA DE AVALIAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS .....	265
<b>APÊNDICE G: ORGANIZADORES PRÉVIOS ELABORADOS POR ESTUDANTES (DISPONÍVEL EM CD)</b> .....	<b>268</b>

## RESUMO

Partindo das contribuições da pesquisa em Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, fizemos uma leitura dos atuais parâmetros e diretrizes curriculares da legislação educacional brasileira para incorporar alguns de seus elementos através de projetos interdisciplinares abordando a temática da energia. Desenvolvemos uma revisão histórico-conceitual da gênese do conceito de energia e de estudos relacionados à sua transposição didática para o ensino médio. Argumentamos em torno da necessidade de superar-se o ensino centrado apenas na resolução de problemas e no desenvolvimento de modelos físico-matemáticos, da importância de diversificar-se o currículo trabalhando com diferentes ênfases, permitindo uma maior motivação e aumentando as oportunidades de aprendizagem. Discutimos os resultados da implementação de duas propostas de introdução do conceito de energia: uma com ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), e outra com ênfase nas contribuições da História, da Filosofia e da Sociologia da Ciência (HFS). E, finalmente, sugerimos algumas estratégias para dar continuidade ao desenvolvimento da abordagem temática ao longo do 2º ano do ensino médio.

## **ABSTRACT**

Considering contributions of Physics and Science Education and Education research, we have made a review on the legal Brazilian educational legislation with the aim to implement interdisciplinary curricular projects dealing with the concept of energy. We have done a historical review of the development of this concept and of studies related to didactical approaches targeted to high school level. Our arguments favor the overcoming teaching practices centered on problem solving and mathematical models development. We support the need of several curricular emphases that could motivate and improve student's learning. We also discuss the results of the implementation of two proposals concerning the introduction of the concept of energy. One was developed with the emphasis on the relation of Science, Technology, Society and Environment, and the other on contributions of History, Philosophy and Sociology of Science. Finally, we suggest some strategies to continue the approach centered in a specific theme during the second year of high school.

## INTRODUÇÃO

Apresentamos uma tentativa de analisar e planejar a educação escolar de forma que tanto o estudante, com seu conhecimento prévio e as influências do contexto social e afetivo que vivencia, quanto o professor, com o currículo que pratica e as influências da instituição que representa, precisam estar de acordo sobre quais são os saberes, as atitudes, as competências e as práticas culturais que pretendem cultivar e desenvolver.

Nesta complexa teia de fatores envolvidos no processo educativo o conceito de currículo se destaca pela sua relevância para a análise e o planejamento desta vida escolar. Ao darmos atenção ao currículo estamos nos preocupando, principalmente, com as origens e as finalidades destes saberes e práticas que se pretende sejam trabalhados na escola, avaliando o quanto os mesmos têm de relevância social, ambiental, cultural, filosófica, econômica, política, científica, estética ou ética. Admitindo, ainda, que o currículo não é algo que está posto, fixo, permanente, mas é algo que se adapta, que é dinâmico, pois não é resultado de um processo exato ou determinado, mas de um processo caótico, complexo, conflitivo, de um processo social. Quanto a isso Silva (em Goodson, 1995, p.8) afirma:

*“O processo de fabricação do currículo não é um processo lógico, mas um processo social, no qual convivem lado a lado com fatores lógicos, epistemológicos, intelectuais, determinantes sociais menos nobres e menos formais, tais como interesses, rituais, conflitos simbólicos e culturais, necessidades de legitimação e controle, propósitos de dominação dirigidos por fatores ligados à classe, à raça, ao gênero.”*

Existe uma diversidade de concepções que diferentes autores e escolas teóricas atribuem ao conceito de currículo, criando uma rede de significados que pode ser analisada a partir de uma perspectiva histórica, inclusive, a fim de que se possa melhor compreender seu significado.

Por admitirmos a relevância do conceito de currículo não só para a pesquisa em educação mas também para a própria prática de sala de aula, organizamos os resultados de uma revisão sobre estudos relacionados ao conceito em um texto de apoio ao professor que consta no Apêndice A: Currículo e Ensino de Ciências<sup>1</sup>, caracterizando, inclusive, o primeiro produto educacional desta pesquisa.

Neste texto de apoio ao professor foram abordadas tanto as contribuições sobre currículo da área da educação quanto as contribuições mais específicas da área de ciências, em especial do Ensino de Física. Incluímos também uma leitura das principais influências e

---

<sup>1</sup> Neste texto é feita uma discussão sobre diversos pressupostos teóricos que serão referência para esta pesquisa, entre eles os conceitos de interdisciplinaridade, temas estruturadores e contextualização.

contribuições para o currículo escolar proporcionadas pela atual legislação educacional, através dos Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM e DCNEM).

Assim, nosso foco neste estudo sobre o currículo, está no ensino de ciências de nível médio, com especial atenção para o ensino de Física, principal contexto de desenvolvimento, implementação e avaliação desta pesquisa.

Entendemos que na construção de um currículo de ciências é importante garantirmos destaque para alguns conceitos centrais, com relevância tanto no âmbito disciplinar quanto interdisciplinar, envolvendo aspectos relativos à tecnologia, à sociedade, ao ambiente e ao cotidiano dos estudantes. Neste sentido, o conceito de energia, vinculado a diversos processos de transformação tanto na natureza quanto na sociedade moderna, apresenta-se como um importante conceito unificador da ciência, além de apresentar grande potencial interdisciplinar enquanto tema gerador.

O conceito de energia, de maneira semelhante ao de currículo, também não possui uma definição exata. A complexidade associada ao mesmo faz com que seja melhor compreendido através de um estudo mais detalhado de sua evolução histórico-conceitual, ou da análise das transformações e regularidades a ele associadas, seja na natureza ou nos dispositivos tecnológicos desenvolvidos pelo homem. A fim de aprofundar esta discussão e ao mesmo tempo aproximá-la da realidade escolar, realizamos outra revisão de estudos, agora relacionados ao conceito de energia, a fim de que pudéssemos nos posicionar coerentemente em relação a esta rede de significados que representam o mesmo. Esta revisão consta no Apêndice B: O Conceito de Energia, sob a forma de um outro texto de apoio ao professor, caracterizando o segundo produto educacional desta pesquisa.

Nesta revisão optamos por desenvolver um paralelo entre o saber científico e o saber escolar da Física. Partimos da genealogia do conceito, suas teorias predecessoras e sua afirmação através do princípio de conservação, procurando, com isso, delinear os principais traços do modelo conceitual atualmente compartilhado. Da mesma forma, partindo da concepção cotidiana de energia, discutimos as concepções alternativas e a dificuldade em se definir o conceito de energia, procurando chegar a uma estratégia de transposição didática para o ensino e a aprendizagem do mesmo no nível médio.

Estes dois textos, um sobre o currículo e outro sobre a energia, têm em comum o desenvolvimento de uma abordagem que desenvolve uma perspectiva histórico-conceitual. Por isto, tomamos como referencial para o estudo do conceito de currículo a produção

teórica relativa à sociologia da educação em sua vertente pós-estruturalista e para o estudo do conceito de energia nos referenciamos na epistemologia de Thomas Kuhn.

Como nestes dois textos também procuramos avaliar a forma como as concepções de currículo e energia se inserem no contexto escolar, fez-se necessário também assumirmos referenciais tanto do ponto de vista da psicologia do processo de ensino aprendizagem, quanto do ponto de vista didático e pedagógico, relativo às relações em sala de aula. Posicionamo-nos, então, dentro de uma linha construtivista, adotando de forma complementar a visão interacionista de Vygotsky e a visão interpretacionista de Piaget, e, ainda, as contribuições de David Ausubel para a prática de sala de aula.

Como nosso interesse ao discutir o currículo relacionado ao conceito de energia envolve, principalmente, a implementação e avaliação de propostas curriculares, adotamos uma metodologia de pesquisa de perfil qualitativo, referenciando-nos no conceito antropológico de etnografia. Buscamos adotar esta postura investigativa no sentido de desenvolvermos uma observação participante, acompanhada por uma série de entrevistas e análises de documentos, que nos permitisse uma visão representativa dos ambientes e currículos escolares estudados.

A implementação desta proposta efetivou-se em dois institutos de educação, um público e outro particular, e em duas etapas. A primeira, no final do ano de 2004, consistiu em uma avaliação de duas propostas alternativas de introdução do conceito de energia, implementadas com turmas do 1º ano do ensino médio. Uma destas propostas foi marcada pela ênfase nas contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS), a outra foi marcada pela ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A segunda etapa de implementação ocorreu no início de 2005 e visava dar continuidade à proposta de introdução da temática da energia implementada na etapa anterior. Partindo de um trabalho com projetos buscou-se avaliar como se poderia trabalhar de forma mais interdisciplinar tópicos relativos ao currículo do 2º ano do ensino médio. Esta segunda etapa culminou na elaboração de duas propostas curriculares adaptadas às realidades de cada um dos institutos de educação onde foram implementadas atividades desta pesquisa.

Queremos, assim, pôr em discussão a necessidade e a validade de mudanças curriculares na forma como se trabalha não só o conceito de energia, mas a Física como um todo, procurando estabelecer um contraponto entre as diversas variáveis que compõe um

planejamento curricular, desde os aspectos disciplinares e pedagógicos até os fatores políticos e legais envolvidos no processo.

Destaca-se neste estudo o papel desempenhado por uma postura interdisciplinar presente na forma como se articulou os diversos componentes curriculares e estratégias de ensino-aprendizagem envolvidos no planejamento e desenvolvimento dos tópicos relativos à temática de energia.

Nossa tentativa foi de, partindo de uma leitura crítica da atual legislação educacional, avaliarmos quais são as contribuições que o desenvolvimento de projetos curriculares interdisciplinares têm a dar ao trabalho do professor em sala de aula, em especial naquilo que se refere ao trabalho com temas geradores.

## CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO

Do ponto de vista filosófico nos referenciamos em uma visão humanista de educação, considerando o estudante de forma integral, na sua afetividade, nas suas atitudes, na sua sociabilidade, e não apenas no seu intelecto. Procuramos desenvolver uma visão de educação que não se limite apenas aos aspectos cognitivos, mas busque o crescimento pessoal como um todo e a auto-realização dos envolvidos no processo educativo.

Entendemos ser relevante esta tentativa de desenvolvimento de uma visão integral de educação, principalmente na educação básica, inclusive para se fazer um contraponto com a visão fortemente especializada que caracteriza o ensino superior brasileiro. Concordamos com Howard Gardner quando em seu livro: “O Verdadeiro, o Belo e o Bom – princípios básicos para uma nova educação” (Gardner, 1999) defende a educação como um empreendimento abrangente, onde uma sociedade deve envolver todos seus recursos humanos e materiais para a melhor formação de seus cidadãos, envolvendo suas emoções, motivações, práticas e valores sociais. Gardner destaca a relevância da escola estar articulada com a sociedade ao tentar garantir uma educação que permita aos estudantes construir para si exemplares de verdade, de beleza e de bondade, que por seu caráter universal possam lhes servir de referência de ciência, de estética e de ética para a vida.

Acreditamos na relevância de permitirmos aos estudantes que construam seus conhecimentos de forma crítica e significativa, não se limitando a acumular conhecimentos de forma mecânica e sem significação imediata. Gostaríamos de convencer os estudantes que a exploração do mundo e o desenvolvimento do espírito são virtudes importantes, quer culminem ou não na obtenção de resultados mais utilitários como a aquisição de bens materiais ou a ascensão social. Esperamos poder realizar uma educação menos homogeneizadora e mais estimuladora da diversidade, que respeite as condições prévias dos estudantes e suas diferentes capacidades de aprendizagem.

Estes são compromissos ético-filosóficos que entendemos nortear o desenvolvimento desta pesquisa como um todo. Passaremos agora a especificar alguns pressupostos teóricos que deverão nos orientar ao longo dos diversos momentos.

### PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS

As contribuições da epistemologia contemporânea, representadas aqui pela obra de Kuhn (1987 e 1977), nos apresentam uma visão de ciência que tende a superar o mito epistemológico associado a uma concepção “empirista-indutivista” de que a produção de

conhecimento na ciência seria linear, cumulativa e obtida através de um *método científico* que partiria *unicamente* de observações e experimentações.

Moreira e Ostermann (1993, p.10) e Silveira (1992, p.36) identificam as principais idéias associadas a este mito empirista-indutivista no que diz respeito à forma como se constrói o conhecimento científico:

*1ª) A observação e a experimentação são a fonte e a função do conhecimento científico (empirismo).*

A observação e a experimentação por si só não produzem conhecimento, o empirismo, muitas vezes representado pela chamada “aprendizagem por descoberta”, é um mito que deve ser superado. Nosso conhecimento prévio determina a forma como observamos a realidade, assim, todo o conhecimento, inclusive o observado, está impregnado de teorias. Moreira e Ostermann (1993, p.11) destacam que:

*“O método científico não começa na observação, pois esta é sempre precedida de teorias. A observação depende da teoria; nem o mais puro, ou o mais ingênuo cientista, observa algo sem ter a cabeça cheia de conceitos, princípios, teorias, os quais direcionam a observação.”*

*2ª) O método científico é indutivo.*

A crença de que a partir de fatos observados se poderia induzir leis gerais da natureza está muito disseminada, tanto nos livros didáticos, quanto nos documentos oficiais e no trabalho do professor em sala de aula (Silveira e Ostermann, 2002; Moreira e Ostermann, 1993). Contudo, a pesquisa em Filosofia e História da Ciência nos mostra que esta epistemologia é insustentável, que na produção do conhecimento científico participam a imaginação, a intuição, a criatividade, e que a lógica que se estabelece como válida é a dedutiva e não a indutiva.

*3ª) O método científico envolve uma seqüência lógica e racional de passos que nos leva às respostas.*

Não há regras que nos guiem durante o processo de descoberta científica, muitas vezes se procede por tentativas, abandona-se certas idéias, faz-se uso da intuição, realiza-se, antes de tudo, uma atividade humana, que envolve virtudes e defeitos, e que não se limita a nenhum procedimento padrão para se obter ou validar o saber construído, o que importa é a capacidade que este saber tem em resolver adequadamente os problemas propostos.

Queremos assumir com isso uma visão de ciência vinculada a um conjunto de procedimentos que caracterizam esta atividade, antes de tudo, humana. É o sujeito, com sua subjetividade, sua criatividade, seu senso estético e ético, em sua interação com seu objeto de estudo, usando de uma grande diversidade de procedimentos, que, de forma *não* neutra,

construirá o conhecimento. Não sendo neutra esta interação, não será possível ao sujeito extrair a “verdade dos fatos”, apenas será possível extrair uma verdade contextual, relativa, e, portanto, histórica.

Do ponto de vista ontológico, entendemos, estarmos mais identificados com o realismo crítico do que com o realismo ingênuo<sup>2</sup> (ou científico) e o idealismo<sup>3</sup>. Adotamos uma visão de ciência que assume seu caráter inventivo e metafórico, não podendo descrever a realidade externa como ela *realmente* é, mas representando-a através de metáforas que podem ser continuamente renovadas. Einstein (citado em Medeiros, 2002, p.69) em seu livro com Infeld afirma sobre o realismo crítico:

*“Os conceitos da Física são criações do espírito humano, e não, como possam parecer, coisas determinadas pelo mundo externo. No nosso esforço de compreender a realidade a nossa posição lembra a de um homem que procura adivinhar o mecanismo de um relógio fechado. Esse homem vê o mostrador e os ponteiros, ouve o tique-taque, mas não tem meios de abrir a caixa que esconde o mecanismo. Se é um homem engenhoso, pode fazer idéia de um mecanismo responsável por tudo que observa exteriormente, mas não poderá nunca ter a certeza de que o mecanismo que imagina seja o único que possa explicar os movimentos exteriores. Não poderá nunca comparar a idéia que forma do mecanismo interno com a realidade desse mecanismo – nem sequer pode imaginar a possibilidade de tal comparação. Mas realmente crê, que à medida que o seu conhecimento cresce, a sua representação da realidade torna-se mais e mais simples e explicativa de mais e mais coisas. E pode ainda crer na existência de limites para o conhecimento e admitir que o espírito humano aproxima-se desses limites. Esse extremo ideal será a ‘verdade objetiva’”.*

#### Paradigma e Revolução Científica

Queremos destacar, ainda, alguns aspectos característicos da epistemologia de Thomas Kuhn, que nos orientaram no estabelecimento tanto desta visão de ciência (Kuhn, 1987) quanto nas investigações sobre o conceito de energia (Kuhn, 1977).

O primeiro conceito é o de paradigma. Para Kuhn eles são modelos abrangentes, gerados pelas realizações científicas que, por período mais ou menos longo e de modo mais ou menos explícito, orientam o desenvolvimento posterior das pesquisas exclusivamente na busca da solução para os problemas por eles suscitados, correspondendo, desta forma, “ao conjunto de compromissos de pesquisa de uma comunidade científica” (Ostermann, 1996).

Complementando o conceito de paradigma está o de revolução científica, associado justamente a um processo de mudança de paradigma. Estas mudanças podem ser causadas, por exemplo, por anomalias no modelo anterior e oportunidades de resolução das mesmas por modelos novos, existindo, desta forma, uma tensão essencial entre o antigo e o novo.

<sup>2</sup> Afirma que o objetivo da ciência é fornecer descrições verdadeiras do que o mundo realmente é.

<sup>3</sup> Rejeita a idéia realista de uma realidade externa à mente humana, assumindo a consciência como a fonte da ordenação do mundo ou do universo.

Temos, portanto, que em seu desenvolvimento o pensamento científico já passou por diversas revoluções, de forma que as construções da ciência normal são então desconstruídas em períodos de revolução científica, num ciclo que se sucede de forma mais ou menos intensa dependendo do campo teórico a que se refira (Auth e Angotti, 2001).

#### Problemas exemplares

Para Kuhn (1987, posfácio) o conteúdo cognitivo da Física será adequadamente apreendido principalmente através da resolução de problemas exemplares. Estes problemas serviriam como um padrão para aqueles estudantes que se apropriassem dos mesmos, permitindo, desta forma, a resolução de problemas similares. Reconhecemos, portanto, a relevância deste tipo de aprendizado no ensino de Física, apesar de procurarmos destacar nesta investigação um tipo de aprendizado que entendemos deva complementar a prática de resolução de problemas e que se refere a um aprendizado mais associado ao domínio de saberes textuais, relativos a tópicos de representação, comunicação e contextualização sócio-cultural comuns à ciência.

Sendo estes, em síntese, nossos principais pressupostos teóricos do ponto de vista filosófico e epistemológico.

#### PRESSUPOSTOS PSICOPEDAGÓGICOS

Como esta pesquisa envolve o processo educativo, vários aspectos sobre a dinâmica de ensino-aprendizagem devem ser considerados, sendo relevante, portanto, a delimitação de um marco teórico relativo às concepções psicopedagógicas adotadas. Procuramos, com isso, sermos coerentes com uma visão cognitivista-construtivista, entendendo que:

*“A linha cognitivista enfatiza o processo da cognição, através do qual o universo de significados do indivíduo tem origem: à medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Preocupa-se com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, e procura identificar regularidades neste processo. Ocupa-se, particularmente, dos processos mentais.”* (Moreira, 1985, p.6)

Assim, enquanto “o cognitivismo se ocupa da cognição” o “construtivismo significa que a cognição se dá por construção”. Salientando-se ainda que “ser construtivista significa, sobretudo, ver o ser que aprende como construtor de seu próprio conhecimento, de sua própria estrutura cognitiva”, e que o “construtivismo é uma postura não um método” (Moreira e Redondo, 1993).

Desta forma, o construtivismo envolve o ato de conhecer e de como se constrói a estrutura cognitiva. Para o cognitivismo os focos são os processos mentais superiores, entre eles a resolução de problemas, a tomada de decisões, o tratamento de informações

(apercepção<sup>4</sup>, transformação, armazenamento e uso), a atribuição de significados, a linguagem, o pensamento enfim. Contrapõe, desta forma, tanto o "mentalismo" europeu, mais preocupado com aquilo que as pessoas sentem, quanto o comportamentalismo americano, mais preocupado com aquilo que as pessoas fazem.

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget tem grandes influências sobre essa visão de cognitivismo, principalmente por suas pesquisas sobre os períodos de desenvolvimento mental, que tiveram grandes implicações para a educação infantil. Como para Piaget a cognição se dá por construção, reforça-se a visão construtivista.

Este construtivismo piagetiano é identificado como sendo um cognitivismo interpretacionista “...porque supõe que os eventos e objetos do universo são interpretados pelo sujeito cognoscente” (Moreira, 1999, p.15). Assim, o ser humano constrói representações do mundo, sendo utilizadas linguagens para estas construções, todas com uma variedade muito grande de símbolos. O indivíduo passa então a ser considerado agente da construção, sendo a investigação das formas pelas quais ele constrói este conhecimento o objeto de estudo do construtivismo.

Na visão construtivista de Driver (1988) o estudante, através de um ativo envolvimento, pode atuar como o construtor, o arquiteto de seu próprio conhecimento, edificador de representações mentais do mundo em torno de si, das quais se utiliza para interpretar novas situações e guiar suas ações. Contudo, este ponto de vista subjetivista do conhecimento recebe uma crítica feita por uma vertente social do construtivismo, que nega que o conhecimento possa ser gerado individualmente e independente de seu contexto social, que nos revela algo que no lugar de se opor entendemos que complementa o construtivismo interpretacionista.

O construtivismo interacionista de Vygotsky (Moreira, 1999) entende que o desenvolvimento cognitivo não pode ser analisado sem referências ao meio social, sendo resultante da conversão das relações sociais em relações mentais através da mediação feita com o uso de “instrumentos” e “signos”. A interação social, portanto, é para Vygotsky o objeto de estudo principal, não o indivíduo, como será para Piaget e construtivistas como Rosalind Driver.

---

<sup>4</sup> Em contraponto com a idéia de percepção, para o cognitivismo o que interessa é a apercepção, isto é, a percepção nítida de qualquer objeto, o ato de apreender imediatamente pela consciência uma idéia, um juízo, mesmo que de forma intuitiva, apropriando-se de uma percepção de forma consciente, conferindo-lhe maior clareza e distinção, privilegiando alguns dos seus aspectos e associando-a a outros conteúdos da estrutura cognitiva (Aurélio Eletrônico, 1999).

Apesar desta diferença de foco, entendemos ser possível adotarmos uma postura teórica semelhante à sugerida por Coll (1996), tratando as contribuições destes dois autores de forma complementar, de forma que ao considerarmos a aprendizagem do estudantes, buscaremos levar em conta tudo aquilo que Piaget nos disse sobre ela, e ao considerarmos o ensino praticado pelo professor, buscaremos levar em conta tudo aquilo que Vygotsky nos disse sobre ele.

### PRESSUPOSTOS DIDÁTICO-PEDAGÓGICOS

Uma das teorias construtivistas que teve maior repercussão dentro da pesquisa em ensino de Física foi a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (Moreira, 1983; Moreira, 1999). Para Ausubel a fim de que se possa dar oportunidade ao desenvolvimento da estrutura cognitiva do estudante é preciso que, inicialmente, se ofereça material de aprendizagem potencialmente significativo. Este material só será potencialmente significativo se, por um lado, tiver um significado lógico e compatível com a estrutura cognitiva do estudante, e, por outro, for capaz de despertar a disposição para aprendizagem, isto é, motive o estudante. Assim, para Ausubel é preciso que se busque uma aprendizagem significativa, que supere um tipo de aprendizagem mecânica, memorística, automática, que não contribui para o desenvolvimento da estrutura cognitiva e conceitual do estudante.

Como estratégias didáticas para se alcançar a aprendizagem significativa, Ausubel sugere a “diferenciação progressiva” e a “reconciliação integrativa”. Segundo a diferenciação progressiva: as idéias, conceitos e proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. A reconciliação integrativa envolve a recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva dos estudantes com as novas informações adquiridas com o processo de ensino-aprendizagem, sendo por isso importante explorar-se a relação entre idéias, apontar similaridades e diferenças entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos.

Outras estratégias didáticas derivadas da Teoria de Ausubel como o uso de organizadores prévios<sup>5</sup> e de mapas conceituais<sup>6</sup> (Moreira e Buchweitz, 1987) também serão implementados nesta pesquisa.

---

<sup>5</sup> “...são materiais introdutórios, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, capazes de servir de ancoragem ideacional e suprir a deficiência de subçunsores até que estes sejam desenvolvidos” (Moreira, 1983, p.90)

<sup>6</sup> “...são diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina” (Moreira, 1992, p2).

Desta forma estabelecemos assim nossos principais pressupostos psicopedagógicos e didáticos. Encaminhamos, finalmente, nosso referencial no que diz respeito às concepções de currículo e de escola.

### PRESSUPOSTOS SOCIOLÓGICOS

Tomando como referência principal a produção do campo de estudos curriculares da Faculdade de Educação da UFRGS (FACED), principalmente através dos trabalhos publicados na revista Educação e Realidade desta mesma faculdade, assumimos uma visão pós-estruturalista da educação escolar, identificada com a visão sociológica de autores que tiveram seus trabalhos organizados por Silva (1994; 1993).

Dentro desta perspectiva pós-estruturalista destacamos a visão sobre o conceito de verdade de Michel Foucault (citado em Cherryholmes, 1993, p.151) que argumenta:

*“A verdade é uma coisa deste mundo: ela é produzida apenas em virtude de múltiplas formas de constrangimento. E ela induz efeitos regulares de poder. Cada sociedade tem seu regime de verdade, sua “política geral” de verdade: isto é, os tipos de discurso que ela aceita e que ela faz com que funcionem como verdadeiros; os mecanismos e instâncias que nos permitem distinguir entre afirmações falsas e verdadeiras, os meios pelos quais cada uma delas é sancionada; as técnicas e procedimentos que atribuem valor na aquisição da verdade; o status daqueles que são encarregados de dizer o que conta como verdadeiro.”*

Esta visão foucaultiana sobre a verdade está alinhada, em certa medida, com a posição do realismo crítico que expusemos anteriormente, de forma que ambos admitem, como também Thomas Kuhn (Ostermann, 1996) que, apesar da existência de uma realidade exterior independente, não há como se afirmar, em momento algum, que chegamos a uma compreensão definitiva sobre ela, nem sobre a realidade dos fenômenos naturais e menos ainda dos fenômenos sociais.

Esta visão *relativista* “contamina” nossa concepção de currículo, de forma que se não há mais nada absoluto, imutável, permanente, em nossas concepções sobre o mundo, não poderá sê-lo o currículo também, pois este não passa de um recorte desta nossa visão de mundo construída culturalmente:

*“Uma tarefa para o estudo do currículo, nessa visão, consiste em descobrir por que e como oportunidades são fornecidas e por que outras oportunidades são deixadas de lado. O currículo é, em parte, um estudo daquilo que é valorizado e priorizado, assim como daquilo que é desvalorizado e excluído.”* (Cherryholmes, 1993, p.146)

Assim, o currículo enquanto peça chave do processo educativo permite que se façam julgamentos sobre seus objetivos, sobre sua organização e forma de avaliação. Desta maneira, nesta visão pós-estruturalista, os que constroem o currículo devem compreender que aquilo que foi construído é temporal, falível, limitado, comprometido e negociado. Toda

construção será, a um certo tempo, substituída devido a argumentos desconstrutivos que devem dar oportunidade a novas construções. Assim, a crítica pós-estrutural leva-nos a perguntar diretamente quais interesses estão sendo atendidos e quais estão sendo excluídos na análise e no planejamento curricular de nossas instituições de ensino.

Como nosso foco de pesquisa é o currículo escolar, como já destacamos na introdução, realizamos uma revisão relativa a estudos sobre o conceito de currículo. Esta revisão foi transformada em um texto de apoio ao professor e consta no Apêndice A: Currículo e Ensino de Ciências. Neste texto procuramos delimitar uma visão de currículo que adotaremos ao longo desta pesquisa, também buscamos algumas contribuições teóricas a partir de uma leitura da atual legislação educacional e da pesquisa em ensino de ciências que enriquecessem esta visão e ao mesmo tempo a contextualizassem no campo das ciências da natureza. Consideramos este Apêndice A como parte integrante deste referencial.

## **CAPÍTULO II – METODOLOGIA DE PESQUISA**

### **PRESSUPOSTOS ETNOGRÁFICOS**

Etnografia é um termo que vem da antropologia e significa literalmente “descrição do modo de vida de um grupo de indivíduos”. Enquanto metodologia nos leva a investigar aquilo que as pessoas fazem, como se comportam, como interagem uns com os outros. Propõe-se a investigar as crenças, os valores, as perspectivas, as motivações e a forma como tudo isto se desenvolve ou modifica com o tempo. Procura fazer tudo isto de dentro do grupo, buscando expressar a própria visão de mundo deste grupo. Para Woods (1986), a etnografia apresenta condições especialmente favoráveis para superar um certo hiato entre a pesquisa em educação e a prática docente, entre a teoria e a prática, entre o pesquisador e o professor.

Buscamos, então, nesta metodologia algo que nos permita explorar a partir da própria escola a forma como a mesma constrói seu currículo, assumindo que o mesmo é resultado de um processo cultural, transposto didaticamente para o contexto escolar e desenvolvido através da interação entre os atores sociais ali presentes. Assim, a investigação que fizemos envolveu uma postura metodológica que visava, entre outras coisas, nos aproximar da visão de currículo assumida pelos diferentes atores presentes nos contextos escolares investigados.

### **VISÃO ABRANGENTE DO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM**

Quando tratamos do currículo, as questões de investigação não podem se reduzir apenas aos aspectos cognitivos, pois o trabalho de professor envolve constantemente questões relativas a aspectos afetivos e emotivos, envolvendo relações interpessoais que interferem profundamente no trabalho de sala de aula e no currículo como um todo. Neste sentido, nossa observação se dará no sentido de tentar compreender estas outras componentes do currículo que não aquelas relativas apenas ao conhecimento, ao desenvolvimento intelectual. Procuraremos dar também atenção aos aspectos sociológicos, políticos, pedagógicos, afetivos, de forma a construir uma visão mais abrangente do processo educativo existente nas escolas.

### **PROFESSOR-PESQUISADOR**

Segundo Woods (1986, p.23) o papel do professor-pesquisador assume grande relevância na pesquisa etnográfica, requerendo o aperfeiçoamento de algumas qualidades pessoais como: curiosidade, penetração intuitiva, descrição, paciência, decisão, vigor,

memória e a arte de escutar e observar. Desta forma, boa parte desta investigação será também um relato da experiência vivida pelo professor-pesquisador enquanto aprendiz desta sua nova condição.

Entendemos, portanto, que a própria experiência do professor-pesquisador, enquanto ator socialmente envolvido nas realidades escolares investigadas, servirá de fonte de pesquisa para esta investigação. Este movimento de auto-investigação, de considerar a si próprio como parte integrante daquilo que estamos nos propondo a investigar, ou seja, o currículo escolar, vai no sentido de admitir que uma reflexão pessoal possa exprimir uma visão de grupo, ou seja, que o professor-pesquisador tenha legitimidade para expor expectativas e crenças de sua própria comunidade.

É claro que a visão que se têm de uma determinada realidade está diretamente relacionada com a qualidade de observação que se possa fazer da mesma. Ninguém observa de forma imparcial ou livre de preconceitos, pelo contrário, toda observação está impregnada de ideologias e concepções que orientam de forma decisiva esta própria observação. Assim, neste papel de professor-pesquisador, assumimos como politicamente orientada a forma como analisamos e descrevemos o currículo escolar, procurando sempre que possível explicitar estas orientações políticas.

#### OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

Para a observação participante o principal instrumento de pesquisa é o próprio investigador, num contato direto, freqüente e prolongado com os atores sociais e os seus contextos; nela, as diversas técnicas de investigação reforçam-se, sendo sujeitas a uma constante vigilância e adaptação segundo as reações e situações apresentadas. Assim, buscamos algo que é característico da observação participante, o "conhecer de dentro para fora", ou seja, afirmarmos a visão de um ator social – no caso o de um membro das comunidades escolares estudadas – e verificarmos como este observa a realidade exterior, e compreendermos porque ele reage de certa maneira perante determinadas situações escolares.

Assim, a metodologia empregada no nosso trabalho está referenciada no que usualmente se chama observação participante (Woods, 1986) ou pesquisa participante (Brandão, 1983), envolvendo uma abordagem mais qualitativa e compreensiva, conjugada com técnicas de interpretação de dados.

Consideraremos, ainda, que aquilo que observamos em sala de aula em especial pode conter algo de universal e comum a uma sala de aula em geral. De forma que, quando nos dispomos a avaliar os resultados das implementações realizadas estaremos também

buscando identificar implicações para a análise e o planejamento curricular não só nos contextos estudados, mas para um contexto mais geral. Sobre esta universalidade da sala de aula Mortimer (2002, p.27) comenta:

*“Se não fôssemos capazes de descrever algo que se repete, algo que não seja único e singular, como dizem nossos amigos que trabalham com a idéia de professor reflexivo, eu penso que estaríamos perdidos. Como vamos refletir sobre uma prática que é única e singular? O que teríamos a aprender com ela? Cada prática teria de ser analisada em separado?”*

#### ANÁLISE DE DOCUMENTOS

Serão também analisados documentos oficiais das escolas: planos de estudo, regimentos, atas de reuniões, censo escolar, e documentos pessoais (anotações dos professores, apostilas, anotações de aula). A investigação destes documentos se dará no sentido de enriquecer a visão que se constrói a partir da observação, pois se sabe que os documentos ao mesmo tempo em que podem representar de forma coerente a realidade a que se referem, também podem mascará-la, maquiá-la, ao ponto de torná-la irreconhecível. Sendo necessário, portanto, uma maior aproximação dos atores sociais responsáveis ou diretamente ligados à produção destes documentos, a fim de que se possa avaliar melhor seus significados.

#### ENTREVISTAS

Como tomamos como referência metodológica para esta investigação a visão etnográfica de Woods (1986), entendemos que o professor-pesquisador devesse buscar no convívio com os diversos membros das comunidades estudadas formas de colher impressões, avaliar expectativas, observar posturas, atitudes, posicionamentos político-pedagógicos e o nível de informação sobre análise e planejamento curricular dos mesmos, sem que o distingam como alguém especial, ou seja, não gostaríamos de dar destaque ao pesquisador em detrimento do professor. Assim, as entrevistas que nos propomos a realizar são não-estruturadas, não-dirigidas, abertas e continuadas, no sentido que podem se dar em várias ocasiões como parte de uma conversação normal.

Realizadas, portanto, de maneira quase informal, envolveram questões que foram construídas de forma que permitissem aos entrevistados, dentro dos aspectos que considerávamos pertinentes para a pesquisa, relatar a sua visão de currículo e possibilidades de reformulação do mesmo, sem, necessariamente sentirem-se interrogados formalmente. Pretendíamos, com isso, também operar uma filtragem das questões mais relevantes, aprofundar e verificar quais os assuntos que deveríamos destacar, que ordem dar ao encadeamento das idéias principais, como aprofundar as questões, e quais os problemas que

estas poderiam levantar, de modo a construirmos um guia mais contextualizado para os nossos objetivos de descrever o currículo escolar vivenciado nas escolas.

Apesar da formulação das perguntas ter se dado de maneira bastante informal, servindo apenas de guia para o entrevistador, buscamos dar ao entrevistado uma compreensão bastante clara do que se pretendia, sem segundas interpretações, de modo a garantir respostas com suficiente espontaneidade e detalhamento; para tal, entendemos necessário, como é natural, garantir aos entrevistados o anonimato das entrevistas, que na sua grande maioria foram realizadas com os próprios colegas de trabalho do professor-pesquisador.

### ESTRATÉGIAS E PROCEDIMENTOS DE DESENVOLVIMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO CURRICULAR

Iniciamos por investigar o que chamamos de contexto disciplinar, ou seja, os fatores específicos da disciplina de Física que contribuem para o perfil interdisciplinar que entendemos deva caracterizar uma abordagem temática da energia. A base desta investigação está no Apêndice B, onde, como já comentamos, discutimos o modelo conceitual de energia compartilhado pela disciplina de Física e a forma como ele interfere no currículo escolar. Complementando esta análise, realizamos uma investigação sobre o tipo de prescrição curricular relativa ao conceito de energia que está vinculada tanto aos livros didáticos, quanto às formas de seleção para ingresso no ensino superior.

Os sete livros didáticos investigados foram escolhidos como uma amostra da influência que estes materiais exercem sobre o currículo escolar. Buscamos mapear as influências destes materiais no que diz respeito especificamente à introdução do conceito de energia no ensino médio. Da mesma forma, analisamos questões relativas ao conceito de energia nas provas de Física do vestibular da UFRGS e também aquelas relativas à temática da energia nas provas do ENEM. Queríamos, assim, caracterizar também a influência que a seleção para o ingresso no ensino superior tem sobre o currículo escolar.

Seguindo na tentativa de identificar elementos relevantes para a análise e planejamento curricular chegamos ao contexto escolar, ou seja, ao contexto específico no qual se dará a implementação dos projetos. Como já foi dito, duas instituições de ensino colaboraram com esta pesquisa: o Instituto de Educação Divina Providência (IEDP), instituição particular, e o Instituto de Educação Riachuelo (IER), instituição pública estadual; ambos localizados no município de Capão da Canoa no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Entendemos que cada contexto escolar específico requer um planejamento curricular próprio, voltado às necessidades e expectativas daquela comunidade escolar em especial. Foi isso que buscamos estabelecer neste olhar etnográfico que lançamos sobre estes contextos, quais as especificidades e potencialidades existentes em cada um deles.

Através destas investigações iniciais desenvolvemos uma proposta curricular que optamos por implementar em duas etapas. Na primeira, realizada no final do 2º semestre de 2004, buscamos avaliar os resultados da implementação de dois projetos utilizando duas diferentes ênfases curriculares para se introduzir o conceito de energia. Estas propostas, apesar de buscarem o mesmo objetivo, no caso, a introdução do conceito de energia de forma mais interdisciplinar, foram planejadas de forma a se adaptarem à realidade de seus respectivos contextos escolares.

Na segunda etapa de implementação, realizada no final do 1º semestre de 2005, o foco foi o desenvolvimento de uma metodologia de análise e planejamento curricular mais integrada com as atividades regulares da disciplina de Física e contando com uma maior participação de professores e estudantes. Desta forma, implementamos com diversas turmas projetos de pesquisa relativos ao estudo de componentes curriculares associados à temática de energia, visando, com isso, levantar dados e produzir materiais que viessem a reestruturar o currículo praticado nestes dois institutos de educação. Esta investigação foi dividida em duas etapas que de forma geral procuraram avaliar a viabilidade e a relevância da implementação de uma prática curricular mais interdisciplinar e reconstrutora de seu próprio planejamento.

O trabalho etnográfico de observação participante se desenvolveu em dois espaços escolares: o da sala de aula, envolvendo, na primeira etapa, sete turmas de 1º ano do ensino médio e, na segunda etapa, outras 4 turmas, três de 2º ano e uma de 3º ano; o outro espaço é o da instituição escolar como um todo, envolvendo desde as reuniões de professores até a atuação das equipes de direção e de supervisão dos dois institutos de educação investigados.

A investigação em sala de aula teve com foco o planejamento e o desenvolvimento curricular em torno da temática da energia, enquanto que a investigação institucional focou a forma como o professor analisa e planeja o currículo de um ponto de vista mais amplo.

Na primeira etapa, realizada no final do 2º semestre de 2004, a intenção foi de diagnosticar os contextos escolares e avaliar a receptividade que os mesmos apresentavam à proposta curricular que estávamos encaminhando, no caso, investigávamos formas alternativas de introdução do conceito de energia. Queríamos questionar a forma tradicional como a energia é apresentada no ensino médio, que, como veremos mais à frente no estudo

do contexto disciplinar, não têm contribuído nem para uma melhor compreensão do significado da energia e nem para estimular o estudo da Física nos estudantes.

A avaliação que fizemos foi no sentido de investigar os resultados obtidos, tanto na aprendizagem por parte dos estudantes, quanto pelo papel desempenhado pelo professor, destacando pontos relevantes e críticos dos projetos que, para os contextos escolares envolvidos, eram inovadores.

A avaliação destas duas etapas de implementação envolveu, portanto, tanto a forma como as propostas curriculares apresentadas foram aceitas em seus respectivos contextos escolares, numa avaliação mais subjetiva, como também os resultados obtidos através de avaliações envolvendo os tópicos relativos à temática da energia implementados em sala de aula, numa avaliação de caráter mais objetivo.

### CAPÍTULO III – O CONTEXTO DISCIPLINAR

Apesar da disciplina de Física não ser a única a contribuir para a construção de uma rede de significados que caracteriza aquilo que entendemos ser a temática da energia, pois disciplinas como Geografia, Química, Biologia e História também o fazem de forma significativa, parece ser ela o nó mais forte desta *teia* que representa a presença da energia no currículo escolar de nível médio.

Consideramos, portanto, que apesar da contribuição de outras disciplinas, é na Física que o conceito de energia têm sua maior expressão, sendo reconhecidamente um conceito unificador para a mesma (Delizoicov e Angotti, 1992). Assim, neste primeiro momento, antes de avançarmos para uma abordagem mais interdisciplinar da temática da energia, vamos começar com uma leitura de como a energia se encontra definida e concebida no seu contexto disciplinar básico.

Com a intenção de delimitarmos melhor aqueles aspectos de natureza disciplinar, ou seja, aspectos que caracterizam a forma como a Física trabalha o conceito de energia em sua especificidade tanto de disciplina científica quanto de disciplina escolar, realizamos uma revisão dos principais estudos relacionados ao conceito de energia na Pesquisa em Ensino de Física. Esta revisão aparece no Apêndice B: O Conceito de Energia, sob a forma de um texto de apoio ao professor.

Tentamos nesta revisão estabelecer um contraponto entre o saber científico e o saber escolar associado ao conceito de energia. Destacamos o caráter histórico do saber científico discutindo as teorias predecessoras e os fatos significativos que permitiram a emergência do conceito de energia. Avaliamos como estes fatos puderam ser harmonizados a partir de uma nova visão de ciência proporcionada pela descoberta do Princípio da Conservação da Energia e, finalmente, fizemos um breve relato do estado da arte da concepção cientificamente compartilhada sobre energia.

Na linha de investigação mais voltada para o saber escolar relativo ao conceito de energia, procuramos refletir sobre que tipo de transposição didática pode ser feita para que, respeitando as concepções dos estudantes e suas experiências cotidianas, pudéssemos encorajá-los a aproximarem-se não só da concepção cientificamente compartilhada da energia, mas também de seu significado histórico e de suas implicações sociais, ambientais e tecnológicas.

Evidenciou-se nesta revisão o grande alcance do conceito de energia, seu decisivo caráter unificador nas ciências e a validade universal de seu princípio de conservação.

Ressalta-se, com isso, a importância de se trabalhar o conceito de energia junto com uma concepção de ciência em seu caráter reconstrutor do conhecimento, de sua incessante tentativa de encontrar uma nova construção teórica que responda melhor aos problemas atuais que as teorias anteriores. Supera-se, portanto, uma concepção de ciência dogmática, estática, pois não se trata de buscar uma concepção verdadeira e definitiva, mas sim de admitir que os conhecimentos são construções tentativas destinadas a evoluir; conforme já havíamos nos posicionado no referencial teórico ao assumirmos uma visão coerente com o realismo crítico.

Partiremos, portanto, das considerações sobre o conceito de energia e sobre nossa visão de ciência, apresentados no texto de apoio ao professor (Apêndice B), para seguirmos agora com uma análise da forma como os livros didáticos e a seleção de ingresso para o ensino superior influenciam o currículo escolar de nível médio, mantendo o foco sobre a temática da energia.

### III.1 – LIVROS DIDÁTICOS

Os livros didáticos influenciam o currículo não só quando de sua adoção como livro de texto em sala de aula, mas também quando são utilizados como fonte de pesquisa pelos professores no momento de realizarem seus planejamentos curriculares, prepararem alguma atividade de aula, selecionarem questões e problemas para uma avaliação. O livro didático estabelece desta forma, com riqueza de detalhes, um currículo prescrito que acaba tendo uma influência definitiva sobre a prática escolar.

Gostaríamos, então, de fazer uma breve avaliação da forma como os livros didáticos de Física do ensino médio vêm abordando o ensino do conceito de energia, no sentido de identificarmos nesta amostragem qual o tipo de pressão que os mesmos exercem sobre o currículo do ensino médio.

Decidimos por avaliar uma pequena amostra dos livros disponíveis hoje no Brasil. Como critério de seleção desta amostra buscamos textos que fossem representativos de quatro tipos de influência sobre o currículo:

1. *Mercado editorial*. A capacidade que as grandes editoras têm de fazer chegar aos professores seus produtos editoriais, sem dúvida acaba fazendo com que os professores, seja pela adoção em sala de aula ou pela simples consulta aos mesmos, alterem seus planejamentos curriculares. Assim, com uma média superior a 20% das vendas, o livro: **Os Fundamentos da Física** (3 vol.), de Ramalho, Nicolau e Toledo (Ed. Moderna), 2003, foi escolhido pelo seu alcance editorial.

2. *Status acadêmico*. O destaque feito durante o período de formação profissional em relação a materiais didáticos de nível médio acaba assumindo grande relevância para o professor, estabelecendo para ele uma certa referência no que diz respeito à qualidade de determinados materiais. Assim, escolhemos dois outros livros tomando como referência a vivência que tínhamos no ambiente acadêmico do Instituto de Física da UFRGS, onde dois livros se destacam pelas seguidas indicações que recebem tanto por parte dos professores do IF-UFRGS quanto pelo reconhecimento dos próprios estudantes em relação à qualidade destes livros: **Curso de Física** (3 vol.), Máximo e Alvarenga, Ed. Scipione, 2000, e **Física** (3 vol.), Gaspar, Ed. Ática, 2001. Observa-se que além destes, diversos outros textos são lembrados pela comunidade acadêmica do IF-UFRGS, mas estes dois textos são os únicos que além disso também estavam entre os cinco mais vendidos no trabalho de Gonçalves (2003).
3. *Legislação educacional*. Citado nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio por E.C. Ricardo como identificado com o “espírito” da atual legislação (Brasil, 2004, p.15), o trabalho desenvolvido pelo Grupo de Reelaboração de Ensino de Física (GREF), coordenado pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo: **Física** (3 vol.), GREF, Edusp, 1990, destaca a ênfase curricular na Física do cotidiano. Nesta mesma ênfase curricular no cotidiano temos também o trabalho: **Física**, Delizoicov e Angotti, Cortez, 1992. Mesmo não sendo estas obras livros de texto para a sala de aula, por serem destinadas mais aos professores, consideramos estes materiais relevantes para nossa pesquisa, tanto pela identificação que os dois apresentam com a reforma curricular atualmente em andamento no Brasil, quanto pelo fato de também gozarem de destacado status acadêmico e conseqüente penetração na comunidade de professores de Física.
4. *Ênfases curriculares*. Outras duas obras serão consideradas pelo destaque que dão a dois outros tipos de ênfases curriculares que entendemos serem relevantes para esta pesquisa:
  - a. A ênfase nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) apresentada em **Física - Ciência e Tecnologia**. Nicolau, Pentead, Toledo e Torres. Ed. Moderna, 2001;
  - b. A ênfase na estrutura conceitual da Física apresentada em **Física Conceitual**, Hewitt, Ed. Bookman, 2002.

Para avaliar o tipo de influência que estes livros podem exercer sobre a análise e o planejamento curricular praticado pelos professores de nível médio, destacamos, inicialmente, a forma como eles sugerem que se deva introduzir o conceito de energia. Procuramos fazer isso a partir da discussão de algumas questões centrais para o planejamento curricular. Complementamos esta análise fazendo algumas considerações sobre as componentes curriculares que eles sugerem que sejam trabalhadas até o final da educação básica de forma a complementarem a visão inicialmente apresentada do conceito de energia.

### III.1.1 – SOBRE A INTRODUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA

Seguindo a proposta de avaliar como os livros didáticos interferem no processo de construção curricular, analisamos, a partir de uma amostra de sete livros, a forma com estes introduzem o ensino do conceito de energia. Nos pautamos pela tentativa de avaliar como estes livros respondem a um conjunto de questões formuladas a partir de contribuições da pesquisa em ensino de Física conforme revisão apresentada no Apêndice B, principalmente na discussão que fizemos ao final deste texto de apoio em relação à transposição didática.

Uma discussão sobre os resultados apresentados nesta avaliação é o que faremos a seguir. Uma síntese destes resultados foi disponibilizada no Apêndice F.6 resumindo o resultado deste levantamento sobre o perfil curricular dos sete livros didáticos que fizeram parte da amostragem

#### 1. INTRODUZ O CONCEITO DE ENERGIA A PARTIR DO CONCEITO DE TRABALHO?

A maioria dos livros de texto primeiro define o conceito de trabalho para, a partir dele, definir energia. Dos sete livros pesquisados, apenas dois deles adotam um abordagem diferente: GREF (1990) e Delizoicov e Angotti (1992), ambos apresentam o conceito de energia a partir do estudo de diversos processos de transformação observados no cotidiano.

A esse respeito o cuidado que julgamos ser necessário tomar quando se apresenta o conceito de energia como sendo “a capacidade de realizar trabalho” é de não deixarmos o estudante construir uma concepção de energia limitada ao campo da Mecânica. Neste sentido, a apresentação da energia a partir de diversos processos de transformação parece dar oportunidade aos estudantes uma melhor oportunidade de apreender o caráter unificador deste conceito, não o limitando apenas às manifestações relativas ao movimento.

Outro aspecto a ser considerado é o fato de que, a rigor, a energia não pode ser identificada unicamente como a capacidade de realizar trabalho, pois nem toda a energia de um sistema poderá ser utilizada para a realização de trabalho macroscópico.

## 2. DESTACA QUAL O INTERESSE E A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DA ENERGIA TANTO PARA A CIÊNCIA QUANTO PARA O CIDADÃO COMUM?

Para contribuir com a motivação dos estudantes é importante o uso de argumentos claros e significativos que possam sensibilizá-los, desenvolver expectativas, inquietações, sobre aquilo que se pretende estudar ou realizar; algo que Ausubel (Moreira, 1983) chamaria de organizador prévio. Ao investigar se os livros de texto escolhidos têm esse cuidado, se eles se preocupam em contextualizar o estudo da energia tanto no que diz respeito ao seu aspecto histórico-conceitual (científico) quanto sócio-econômico (cotidiano), percebemos que em alguns textos estas argumentações não recebem o destaque necessário, tornando-se apenas ilustrativas e muito superficiais.

Exemplos deste tipo de tentativa de motivação são os trabalhos de: Máximo e Alvarenga (2000, vol.1) que destaca, por exemplo, a relevância do conceito de energia argumentando em torno da frequência com que o mesmo é abordado pelos meios de comunicação, dando destaque, contudo, para uma argumentação conceitual ao longo do restante da exposição. Em GREF (1990) observamos uma referência mais explícita e detalhada para a relevância do conceito de energia para a ciência, principalmente dentro da lógica dos princípios de conservação. Torres (2001) dá destaque para o contexto histórico em que emergiu o conceito de energia, podendo complementar-se esta abordagem a partir de um capítulo específico (Cap.16) que trata da “Energia hoje e amanhã – Poluição”. E Delizoicov e Angotti (1992) ao adotarem a energia como conceito unificador em sua proposta curricular, obviamente, garantem o devido destaque à importância do tema, tanto do ponto de vista da ciência quanto do cotidiano do estudante.

## 3. DESTACA AS RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)?

Os aspectos ambientais, sociais e tecnológicos envolvidos com o conceito de energia não podem deixar de ser abordados se o que se quer é dar uma formação adequada para um cidadão que está na etapa final da educação básica. Esta visão da energia como ela se apresenta na sociedade deve complementar o modelo lógico-matemático que a sustenta enquanto conceito científico. Contudo, não é o que se percebe nos livros textos investigados. No geral eles trazem uma abordagem bastante ilustrativa como em Máximo e Alvarenga (2000, vol.1, p.323), por exemplo, que faz uso de dois quadros no final do capítulo: um

descrevendo a relação entre consumo de energia e população e outro os usos da energia nuclear e da hidrelétrica no mundo, sem qualquer destaque, entretanto. GREF (1990) limita-se às relações entre ciência e tecnologia apenas, Delizoicov e Angotti (1992) não chegam a dar o devido destaque aos aspectos ambientais. O único que abordará com maior profundidade esta questão será Torres (2001), que assumirá a ênfase curricular em CTSA em todo seu texto.

#### 4. FAZ USO DAS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA?

Destacar o caráter dinâmico da ciência, explicitando os fatos históricos associados ao desenvolvimento do conceito de energia, por exemplo, pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa, pois aproxima o estudante da dimensão humana associada à “fabricação da ciência”.

Contudo, de forma geral, apenas algumas das obras estudadas estabelecem um tratamento consistente do ponto de vista da história da ciência, identifica-se muito mais um caráter ilustrativo e informativo, do que uma estratégia clara de considerar as contribuições históricas. Percebe-se que muitos livros que abordam as contribuições da história da ciência o fazem de maneira fragmentada, sob a forma de pequenos textos desconexos que têm sempre um caráter mais ilustrativo, secundário. Máximo e Alvarenga (2000) fazem uso de pequenos textos biográficos, Gaspar (2001) utiliza pequenas caixas de texto que fazem referência a aspectos históricos e Ramalho (2003) apresenta também algumas seções identificadas como “História da Física”. Isto mostra que não há uma presença da história da ciência de forma sistemática na abordagem destes autores, não existindo, portanto, um destaque para evolução histórico-conceitual do conhecimento científico.

Delizoicov e Angotti (1992), nas informações que passam ao professor, procuram estabelecer uma certa continuidade no que diz respeito às contribuições da história da ciência, principalmente no acompanhamento que fazem sobre o texto introdutório. Mas, de forma geral, pode-se avançar muito mais neste sentido, inclusive com uma maior aproximação do currículo associado à disciplina de História.

#### 5. LEVA EM CONTA AS CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA NA MENSAGEM QUE PASSA SOBRE CIÊNCIA?

Desenvolver uma visão de ciência que supere o mito “empirista-indutivista” talvez requeira uma estratégia mais explícita, que aponte de forma reiterada o caráter reconstrutivo da ciência, de sua relação com as formulações teóricas e a relativa influência da experimentação. Não é o que se observa na maior parte dos textos estudados. Alguns, pelo contrário, chegam a reforçar a concepção “empirista-indutivista” argumentando em torno de

um “método científico” e da observação como ponto de partida da investigação científica (Ramalho, 2003, vol.1, p.4).

Constatamos que três das obras estudadas tratam de forma mais explícita e consistente os aspectos epistemológicos contemporâneos na visão de ciência que transmitem (Gaspar, 2001; GREF, 1990 e Hewitt, 2002).

#### 6. DESTACA A ORIGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DO PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA?

Apenas três dos livros investigados (Gaspar, 2001; Torres, 2001; Delizoicov e Angotti, 1992) fazem referências históricas ao período em que se deu a afirmação do conceito de energia. Estas referências podem servir para se destacar a forma como ocorreu a evolução conceitual da concepção científica de energia e o caráter provisório das teorias científicas, estando esta intenção explícita apenas em Delizoicov e Angotti (1992), os outros dois textos contextualizam, mas apenas de forma ilustrativa. As relações entre ciência e sociedade também encontram neste contexto histórico específico uma boa oportunidade para receberem destaque, envolvendo, principalmente, a Revolução Industrial.

#### 7. ABORDA O CARÁTER UNIFICADOR DO CONCEITO DE ENERGIA DENTRO DO ENSINO DE FÍSICA?

Deixar claro este perfil integrador do conceito de energia, a forma como ele está presente na mecânica, na termodinâmica, no eletromagnetismo, na Física moderna e contemporânea, sem dúvida ajudará a enriquecer a visão que o estudante está construindo do conceito, evitando o eventual reducionismo de associá-lo apenas à mecânica.

Contudo, a maior parte dos textos alerta para a importância que o conceito tem para a Física e a Ciência como um todo, mas não vão muito além disso, concentrando-se na apresentação do conceito dentro do campo da mecânica. Os dois únicos textos que desenvolvem uma argumentação que procura de forma sistemática chamar atenção para o fato que a energia se manifesta em todos os campos da Física é o GREF (1990) e Delizoicov e Angotti (1992).

#### 8. ABORDA O CARÁTER INTERDISCIPLINAR DA ENERGIA DENTRO E FORA DA ÁREA DE CIÊNCIAS?

Desenvolver uma abordagem interdisciplinar, indo além da conceituação Física da energia, discutindo aspectos econômicos, sociais, ambientais, associados ao uso da energia e que se relacionem com abordagens características de outras disciplinas, além de dar mais relevância e significado ao termo, permite o estabelecimento de um projeto mais integrado, mais coordenado por parte das diversas disciplinas escolares de nível médio.

O único texto que desenvolve esta abordagem interdisciplinar é o de Torres (2001) destinando todo um capítulo (Capítulo 16: Energia hoje e amanhã - poluição) para este tipo de abordagem.

#### 9. DÁ DESTAQUE AO CARÁTER RELATIVO E SISTÊMICO DA ENERGIA MECÂNICA?

A falta de destaque para o fato da energia mecânica depender de um referencial, de ser uma grandeza relativa, leva muitos estudantes a concluírem que a energia cinética, por exemplo, seja uma grandeza absoluta. Ou ainda a falta de destaque para o caráter sistêmico da energia potencial gravitacional, de sua dependência em relação às configurações assumidas pelos sistemas, leva os estudantes a entenderem que ela está armazenada nos corpos e não na interação entre eles.

Dos livros estudados, Gaspar (2001, p.13 e p.14), por exemplo, utiliza dois textos de aprofundamento para destacar a relatividade e o caráter sistêmico da energia. Máximo e Alvarenga (2000, p.311) destaca a relatividade da energia potencial gravitacional, relacionando-a com o referencial escolhido, mas não esclarece seu caráter sistêmico, referindo-se à energia potencial como a energia que o corpo “possui”, não deixando claro que a energia potencial está acumulada no sistema terra-corpo e não no corpo; além de não ter destacado também a relatividade da energia cinética quando de sua apresentação. Já no projeto do GREF (1990, vol.1, p.108) percebe-se o cuidado em se destacar que a energia potencial gravitacional está localizada no sistema corpo-terra, apesar de que não dá o mesmo destaque para a relatividade da energia cinética.

#### 10. DESTACA O TRABALHO COMO UM PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA?

Geralmente os livros didáticos por introduzirem o conceito de trabalho primeiro para depois apresentarem o conceito de energia, fazendo isto através do teorema trabalho-energia cinética. Nesta estratégia de apresentação acaba não se dando o devido destaque para o sentido de processo de transferência de energia associado ao trabalho.

Entretanto, em textos como Torres (2001, p.127) conceitua-se trabalho como “uma medida da quantidade de energia que uma força transfere a um determinado sistema”. Ou Máximo e Alvarenga (2000, vol.1, p.309) que apesar de não dar destaque na definição de trabalho, usa a idéia de transferência de energia em um exemplo resolvido. Ou ainda GREF (1990) e Delizoicov e Angotti (1992) que associam o trabalho aos processos de transformação.

#### 11. DESTACA O CARÁTER GERAL DO PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA, APONTANDO OS LIMITES PARA O CASO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA?

Todos os textos investigados tratam dos limites relativos ao princípio de conservação da energia mecânica, justificando sua validade em termos da não existência de forças dissipativas ou de atrito. Da mesma forma, todos de uma forma ou outra acabam por dar destaque à validade universal do princípio geral da conservação da energia.

Alguns textos chegam a fazer uso explícito do conceito de calor, Torres (2001, p.139), por exemplo, destacando as perdas de energia através do calor em todos os processos de transformação pelos quais passa a energia. Também Ramalho (2003, vol.1, p.277) chama a atenção para o fato de que a energia térmica transferida devido às forças dissipativas é denominada de calor. Os demais textos consideram implicitamente as perdas devido ao calor ao argumentarem sobre o papel das forças dissipativas.

#### 12. DÁ DESTAQUE ÀS DIVERSAS MANIFESTAÇÕES DA ENERGIA E ÀS TRANSFORMAÇÕES EXISTENTES ENTRE ELAS?

Discutir os processos e as tecnologias associadas aos diversos processos de transformação de energia, incluindo os dispositivos utilizados para isto, é algo comentado pela maioria dos autores, cada um com um grau diferente de aprofundamento e detalhamento. Máximo e Alvarenga (2000, vol.1, p.334) faz uso de um quadro que discute o papel central da energia solar e as diversas transformações da energia. Ramalho (2003, vol.1, p.278) se limita a comentar uma figura com uma descrição básica do fluxo da energia na biosfera e na sociedade. Já Delizoicov e Angotti (1992) referenciam todo seu trabalho sobre a diversidade de manifestações da energia e os processos de transformação existentes entre estas diferentes manifestações.

### III.1.2 – SOBRE O DESENVOLVIMENTO CURRICULAR DO CONCEITO DE ENERGIA

Além desta avaliação anteriormente discutida sobre a forma como os livros didáticos introduzem o conceito de energia, também foram investigados alguns aspectos relativos à forma como, após introduzido o conceito, o mesmo é tratado até o fim da educação básica.

Fizemos esta última análise partindo de alguns “cuidados” que entendemos serem sugeridos pela revisão dos estudos relacionados ao conceito de energia apresentado no Apêndice B.

### *1. Cuidados com as concepções alternativas*

De forma geral os livros didáticos não consideram de forma explícita as pesquisas sobre as concepções alternativas dos estudantes. Analisando os textos percebemos que alguns autores, mesmo que implicitamente, tomam certo cuidado em esclarecer alguns aspectos geralmente confusos para os estudantes, principalmente no que se refere aos conceitos de trabalho e calor, muito usuais na linguagem cotidiana, mas não chegam a dar evidências de um trabalho sistematizado e consciente em torno das chamadas concepções alternativas.

Isto mostra como o currículo apresentado pelos livros didáticos nem sempre vai ao encontro de que é sugerido pela pesquisa em ensino de Física. Parece que as mais de duas décadas de pesquisa sobre concepções alternativas e mudança conceitual não foram implementadas pelo livros didáticos ainda.

### *2. Cuidados com a linguagem*

Um dos exemplos mais comuns de uso confuso da linguagem no que se refere ao desenvolvimento do conceito de energia observado nos livros de texto investigados diz respeito à maneira como eles se referem ao conceito de calor. Para um estudante que recebe uma definição de calor como sendo “um processo de transferência de energia entre corpos a diferentes temperaturas”, o uso de expressões como “fluxo de calor” e “transmissão de calor” não faz muito sentido. Percebe-se nos textos uma certa “tolerância” em frases que transmitam a idéia de calor como uma forma de energia (em trânsito). Contudo, nos parece que essa dificuldade com o uso mais claro da linguagem só tende a reforçar concepções alternativas que destinam ao calor um caráter de substância, admitindo-o como contido nos corpos.

Ainda no que se refere a cuidados com a linguagem percebe-se confusões entre os conceitos de energia interna e energia térmica, muitos autores chegam a usá-las como sinônimo. A energia interna não pode ser transferida, ela pode aumentar ou diminuir, a energia transferida é a térmica, associada à energia cinética das partículas e parte integrante da energia interna de um corpo; que inclui ainda a energia potencial de ligação entre as partículas, justamente o que não pode ser transferido (sobre estes cuidados com a linguagem ver no Apêndice E.1 o texto sobre energia térmica).

### 3. *Cuidados com as atividades experimentais*

Na parte referente à introdução do conceito de energia raras são as experiências sugeridas pelos livros de texto. Gaspar (2001, vol.1, p.230) sugere a experiência do “Looping” para avaliar o princípio de conservação da energia mecânica e os limites à mesma impostos pela existência de atrito. Ramalho (2003, vol.1, p.291) sugere uma experiência de conservação da energia mecânica observando a transformação da energia cinética em potencial ao longo da queda de uma esfera. Hewitt (2002) sugere a realização de uma experiência envolvendo colisões elásticas e inelásticas.

De forma geral, o uso de atividades experimentais mesmo que para apenas demonstrar aos estudantes como alguns dispositivos transformam a energia não é tido como relevante para nenhum dos autores, quando sugerem alguma atividade está relacionada basicamente com a energia mecânica.

Se através de atividades experimentais envolvendo transformações entre outras formas de energia que não a mecânica abordássemos os aspectos mais gerais dos diversos dispositivos utilizados nestas conversões poderíamos dar oportunidade aos estudantes a uma visão mais abrangente do conceito de energia.

Além dos limites desta pesquisa, que está focada no período de transição do 1º para o 2º ano do ensino médio, as obras estudadas abordam ainda outras formas de energia.

#### 1. *Presente nas ondas mecânicas*

A maioria dos textos destaca o caráter não localizado e contínuo da energia transmitida pelas ondas mecânicas. A relação entre energia e o quadrado da amplitude é destacada quando se estuda o conceito de intensidade sonora (Máximo e Alvarenga, 2000, vol.2, p.335, por exemplo).

#### 2. *Presente nas ondas eletromagnéticas*

A relação entre energia e ondas eletromagnéticas é mais comumente associada à frequência destas ondas ( $E=h.f$ ), sendo destacado o caráter mais energético das radiações ultra-violetas ao se tratar do espectro eletromagnético.

#### 3. *Presente na tensão e na corrente elétrica*

Geralmente, a energia elétrica é citada pela primeira vez quando relacionada com o conceito de voltagem. A medida da energia elétrica é aproximada do cotidiano do estudante quando abordada com a potência elétrica (Máximo e Alvarenga, 2000, vol.3, p.153). Se discute ainda a energia presente na corrente elétrica e as transformações de energia que

ocorrem nos geradores de força eletromotriz. Por fim se destaca que os campos elétricos possuem energia (Gaspar, 2001, vol.3, p.208)

#### 4. *Presente na estrutura conceitual da Física Moderna e Contemporânea*

A quantização da energia e sua relação com a frequência são geralmente destacados no estudo do efeito fotoelétrico. A relação massa-energia também recebe destaque (Gaspar, 2001, vol.3, p.208 e Máximo e Alvarenga, 2000, vol.1, p.330). Por último ainda é abordado o significado dos níveis atômicos de energia. Tópicos geralmente abordados nos recentes concursos vestibulares.

### **III.2 – INGRESSO NO ENSINO SUPERIOR**

Já discutimos, no Apêndice A.2 – Parâmetros e Diretrizes, o caráter fortemente propedêutico característico do ensino médio brasileiro. Destaca-se, portanto, a influência que a seleção de ingresso no ensino superior têm sobre o currículo praticado no ensino médio, caracterizando um currículo prescrito através da forma como se implementa a avaliação.

O que se observa é que muitas instituições escolares, se não tomam a preparação para o vestibular como um objetivo explícito em seus currículos, a admitem de forma implícita através do trabalho fragmentado, mas autônomo, desenvolvido em cada uma das diversas disciplinas escolares. Ocorre que, para grande parte dos professores, principalmente da área de ciências, os programas dos concursos vestibulares são referência para o planejamento curricular, o que acaba se refletindo no currículo escolar como um todo. A própria influência gerada pelos livros didáticos aponta, como já discutimos anteriormente, no sentido de um currículo propedêutico, basta observar as extensas listas de exercícios e questões retiradas de vestibulares oferecidas ao final de cada unidade de conteúdo.

No contexto estadual, a prova para seleção de ingresso na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) apresenta-se como modelo para análise deste tipo de relação entre a expectativa de ingresso no ensino superior e o tipo de currículo praticado no nível médio.

Por outro lado, a recente reforma curricular em andamento no Brasil a partir de 1996 vem mostrando ter cada vez mais influência sobre o currículo do ensino médio. Uma destas evidências pode ser percebida a partir de 1998 quando começou a ser realizado o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Com o objetivo de avaliar em nível nacional o trabalho que vem sendo desenvolvido por instituições públicas e particulares de nível médio, o

ENEM também passou a servir como referência para a seleção e ingresso em diversas instituições de ensino superior, provocando, portanto, uma influência sobre o currículo de nível médio semelhante à produzida pelos próprios concursos vestibulares tradicionais.

Mais recentemente, esta influência produzida pelo ENEM foi reforçada ainda mais pelo seu vínculo com o Programa Universidade para Todos (ProUni) que estabelece como critério de acesso às suas bolsas de estudo para o ensino superior a realização das provas do ENEM, de forma que os estudantes precisam atingir uma média mínima de 45%. Como o ProUni visa criar condições para facilitar o acesso de estudantes carentes ao ensino superior, buscando corrigir distorções que proporcionam a apenas 9% dos jovens brasileiros entre 18 e 24 anos conseguirem uma vaga no ensino superior, a influência que as provas do ENEM vem tendo sobre o currículo de ensino médio tem se dado principalmente sobre as escolas públicas.

Assim, consideraremos o vestibular da UFRGS e as provas do ENEM, como representantes dos dois extremos de um espectro de influência produzido pelos programas de ingresso das instituições de ensino superior sobre a forma como se constitui o currículo de ensino médio. Enquanto o vestibular da UFRGS representa uma forte tradição acadêmica, as provas do ENEM representam uma tendência de reestruturação curricular que pode também ser percebida em outros concursos vestibulares do estado. A prova da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), por exemplo, já assumiu um perfil fortemente interdisciplinar, voltado para questões do cotidiano, mais ao estilo do ENEM.

Desta forma, o que faremos agora é um levantamento de qual currículo é sugerido, tanto pela prova da UFRGS quanto pela do ENEM, para o desenvolvimento de tópicos relativos ao conceito de energia. Nossa investigação envolveu as provas de Física da UFRGS e as questões envolvendo energia do ENEM desde 1998 (ver Apêndice F.5).

### III.2.1 – VESTIBULAR DA UFRGS

Neste levantamento constante na Tabela 1 os conceitos podem ser agrupados dentro dos campos de estudo da Física, caracterizando-se, portanto, em um tipo de avaliação que pressupõe um forte conhecimento disciplinar. Destes campos o que mais se destaca no que diz respeito à frequência com que aparecem questões vinculadas ao seu saber específico é o da termodinâmica. A mecânica e o eletromagnetismo também têm uma presença relevante, destacando-se ainda a crescente presença de questões envolvendo a Física moderna, de 2000 em diante.

Destaca-se ainda o aparecimento de algumas questões com viés histórico, principalmente em termodinâmica. E o pequeno número de questões envolvendo a energia

presente nas ondas mecânicas. Uma forte participação da linguagem matemática, com mais de 75% das questões envolvendo respostas quantitativas, define o perfil fortemente conceitual e voltado à resolução de problemas através de modelos matemáticos sugeridos pela prova elaborada pela UFRGS.

Tabela 1 - Levantamento dos assuntos relacionados ao conceito de energia que aparecem nas provas de Física da UFRGS desde 1998. O “X” refere-se ao número de questões em cada ano sobre cada componente curricular.

<b>Componentes curriculares</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
<b>MECÂNICA</b>								
1.energia cinética	X	X	X					
2.teorema trabalho-energia cinética				X				
3.conservação da energia mecânica				X	X	X		
4.potência, rendimento e dissipação de energia mecânica			X		X		X	
<b>TERMODINÂMICA</b>								
5.calorimetria	X		X	XX	X		X	X
6.formas de calor /radiação			X				X	
7.equação geral dos gases	XX	X	X	X		X	X	X
8.trabalho termodinâmico	X							
9.transformações termodinâmicas		X			X			
10. termodinâmica (1ª lei)	X			X				
11. termodinâmica (2ª lei)		X	X	X				
<b>ONDAS MECÂNICAS</b>								
12. intensidade sonora					X			
<b>ELETROMAGNETISMO</b>								
13. trabalho elétrico	XX	X						X
14. efeito Joule								X
15. potencia elétrica	XX	X		XX	X			X
16. energia potencial elétrica e potencial elétrico		XX						
17. indução eletromagnética				X				
<b>FÍSICA MODERNA</b>								
18. fótons, quantização da energia, efeito fotoelétrico		X	X	X	X	XX	X	
19. fusão e fissão nuclear			X					
20. níveis atômicos de energia					X	X	X	

### III.2.2 – PROVAS DO ENEM

Na Tabela 2 destacamos através de um levantamento feito de todas as provas do ENEM, da primeira em 1998 até a última em 2004, questões relacionadas à temática da energia. Muitas delas envolvem componentes curriculares que não dizem respeito apenas à Física, mas também à Geografia, História, Química, Biologia. Contudo, como tratam-se de questões com uma abordagem interdisciplinar, não haveria como separá-las, de forma que neste levantamento incluímos todas que fizessem referência ao termo energia.

Tabela 2 – Levantamento temático das questões relacionadas ao conceito de energia nas provas do ENEM de 1998 a 2004. O “X” refere-se ao número de questões em cada ano sobre cada componente curricular.

<b>Componentes curriculares</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
<b>CUSTOS E CONSUMO</b>							
1.água	X			XX		XX	
2.energia elétrica	XX	X		XXX	X		X
3.consumo energia e ambiente			X		X		
4.energia e indicadores sociais			XX				X
<b>TRANSFORMAÇÃO E CONSERVAÇÃO</b>							
5.ciclo da água	X	X	X			X	X
6.energia elétrica: conversões	XX	XX	X		X		
7.potência elétrica		X		X			
8.conservação da energia	X	X	X				
<b>FONTES DE ENERGIA</b>							
9.fontes de energia e ambiente	X	X	X	X	XX	XX	
10. combustíveis fósseis: origens e uso			X	X	X	XX	X
11. termonucleares e radioatividade			X	XX			X
12. hidreletricidade: esquema e conversões	XX	XX					
13. termoeletricidade: esquema e conversão					XX		X
14. fontes renováveis					X	X	X
15. energia da biomassa			X	X	X	X	X
<b>TERMODINÂMICA</b>							
16. formas de calor (radiação)			X	XX	XX		
17. calorimetria		X					
18. energia térmica: eficiência e rendimento						XX	X XX

As questões agora já não podem ser categorizadas como relacionando-se apenas a um campo da Física. O foco das questões não são mais conceitos e sim temas. Destes temas abordados destacam-se as fontes de energia como o mais frequente.

A abordagem das questões é interdisciplinar, de forma que a energia do ponto de vista físico, é identificada em muito poucas questões. Aparece uma predominância de uma visão da energia a partir da Geografia mais do que da Física.

Outro destaque é a pequena presença dos modelos matemáticos; das questões incluídas no levantamento da Tabela 2 apenas 17% envolvem respostas quantitativas.

### III.3 – IMPLICAÇÕES CURRICULARES

Vamos, inicialmente, caracterizar o que daqui para frente identificaremos como sendo um currículo excessivamente acadêmico e tradicional no ensino de Física de nível médio. Discutiremos algumas práticas e estratégias curriculares que, por estarem presentes na cultura escolar do ensino de Física há tanto tempo, já se tornaram uma tradição, que é retransmitida na formação profissional do professor e reforçada pelo currículo disciplinar e propedêutico do ensino médio. Vamos procurar destacar aspectos relevantes desta tradição sugeridos pela nossa investigação sobre o contexto disciplinar da Física escolar.

- *Ênfase na resolução de problemas*

Observa-se uma tendência muito forte nos livros didáticos de grande presença editorial (Gaspar, 2001; Máximo e Alvarenga, 2000 e Ramalho, 2001) em sugerirem currículos focados na resolução de problemas, principalmente pela quantidade de problemas propostos e testes de vestibular que apresentam ao longo e ao final dos capítulos. Isto ocorre, talvez nem tanto por uma opção epistemológica de se trabalhar no sentido de dar oportunidade ao aprendizado de “problemas exemplares”, como já destacamos no referencial teórico ser algo de grande relevância no aprendizado de Física, mas talvez mais por influência do perfil dos concursos vestibulares.

Ocorre, no entanto, que pelo pouco tempo que dispõem para as aulas, os professores sob a influência destes materiais didáticos dão prioridade, justamente, para o que foi destacado, ou seja, trabalham sobre modelos físico-matemáticos que permitam aos estudantes resolverem os problemas exemplares. Mesmo porque, da mesma forma que os autores dos livros de texto eles também estão sob a influência prescritiva dos programas dos concursos vestibulares.

Entendemos, contudo, que é preciso darmos oportunidade aos estudantes para uma aprendizagem que não seja unicamente dependente desta abordagem voltada apenas ao desenvolvimento cognitivo como sugere Kuhn (Ostermann, 1996). A ênfase em modelos matemáticos e na resolução de problemas faz com que muitos estudantes enfrentem grandes dificuldades com este tipo de aprendizagem perdendo o interesse pelo estudo da Física. Diversificar o trabalho em sala de aula oferecendo oportunidades alternativas de aprendizagem, que façam uso de outras linguagens, menos formais, menos matematizadas, realizando uma transposição didática que desenvolva outras ênfases curriculares. Trabalhos como os propostos em obras como GREF (1990), Delizoicov e Angotti (1992) e Hewitt (2002), são exemplos de como se pode diversificar. Além destas propostas se adequarem

melhor à nova legislação, oportunizam formas alternativas de aprendizagem àqueles estudantes com dificuldades no uso dos modelos físico-matemáticos necessários para a resolução de problemas.

- *Pequena presença de atividades experimentais*

Como não percebemos uma intenção sistemática associada ao uso do laboratório em nenhum dos livros didáticos estudados, pois a experimentação, quando aparece, é de forma muito complementar, ao final dos capítulos, com sentido muitas vezes apenas ilustrativo, com pequena relevância explicativa, sem muito a acrescentar ao desenvolvimento curricular. Este fato é coerente com a lógica anterior, pois os concursos vestibulares de forma geral não avaliam o desenvolvimento deste tipo de prática, basta lembrar que não existem laboratórios nos cursos pré-vestibulares.

Se faz necessário, portanto, um esforço por parte do professor para manter um mínimo de atividades experimentais que mobilizem os estudantes de forma a sentirem-se mais motivados à aprendizagem. Une-se a isso o fato de que na maioria das escolas de ensino médio encontraremos laboratórios em situações muito precárias, com falta de material ou pessoal responsável (laboratorista), desestimulado ainda mais a realização de atividades práticas.

- *Abordagem abstrata e descontextualizada*

Para se trabalhar com a aprendizagem dos modelos físico-matemáticos não se faz necessário relacioná-los com a realidade cotidiana dos estudantes para que os mesmos possam ser compreendidos, a contextualização pode ajudar, mas não é indispensável. Sendo assim, muitos dos problemas sugeridos pelos livros didáticos e pelas questões de vestibular são “exemplares” do ponto de vista cognitivo, contudo, não são significativos enquanto informação imediata para os estudantes, que acabam não se motivando para seu aprendizado. Como a maior dificuldade associada ao aprendizado da Física talvez esteja, justamente, no domínio destes modelos, eles acabam recebendo mais atenção por parte dos professores que assumem que a leitura de outros tópicos poderá ser feita de forma independente pelos estudantes, o que acaba não ocorrendo.

Entendemos que a abordagem de temas contextualizados, abordados de forma interdisciplinar devem envolver boa parte do tempo em aula, de forma a se despertar o interesse do estudante, sendo complementar o trabalho com os modelos físico-matemáticos, que deveriam servir como meio e não como fim em si mesmos.

- *Avaliação centrada em provas objetivas*

Até para ser coerente com o currículo desenvolvido, voltado para o vestibular, a avaliação tradicional praticada no ensino de Física acaba simulando os próprios concursos. Avaliações individuais, sem consulta, envolvendo problemas e questões objetivas, acabam sendo o padrão. Diferencia-se do vestibular apenas pelo fato de que no ensino médio, geralmente, o professor pedirá o “desenvolvimento” da questão. As extensas listas de exercícios que antecipam as provas caracterizam este perfil de avaliação que reforça um currículo disciplinar e acadêmico.

No que diz respeito ao tipo de influência reformadora que alguns livros didáticos têm tido sobre esta tradição acadêmica de ensino entendemos ser relevante destacarmos as seguintes ênfase curriculares:

- *Física do cotidiano*: por influência, principalmente, da atual reforma curricular em andamento no Brasil os livros didáticos estão incluindo cada vez mais tópicos relativos ao contexto dos estudantes, abordando temáticas do seu dia-a-dia, procurando adequarem-se aos PCNs.
- *Abordagem CTSA*: como estratégia de motivação dos estudantes busca-se na fascinação produzida pela moderna tecnologia em conjunto com seus efeitos sociais e ambientais, um caminho que aponta para uma maior abertura curricular, contudo, de maneira ainda bastante modesta isto vem influenciando a sala de aula.
- *Abordagem em HFS*: as contribuições sobre história da ciência, apesar de que ainda apareçam de forma isolada e fragmentada nos textos didáticos, têm grande relevância por envolverem contribuições também da epistemologia, contribuindo para uma visão mais humanizada e crítica da ciência.

No caso específico do ensino e aprendizagem do conceito de energia gostaríamos de fazer alguns destaques no que se refere aos estudos a ele relacionados:

- *A Física não sabe como definir energia*: de forma geral os livros assumem uma dificuldade em relação à definição de energia, apresentam-na como a capacidade de realizar trabalho, mas alertando que trata-se de uma simplificação inicial que será posteriormente enriquecida. Contudo, este “enriquecimento” conceitual é feito de forma muito desconexa nos textos, não havendo ligações explícitas entre os conceitos relativos à energia vistos na termodinâmica do 2ºano, por exemplo, com aqueles vistos na mecânica do 1ºano ou do eletromagnetismo do 3ºano, ficando muito difícil para o estudante fazer esta síntese de saberes sozinho, integrando-os de

forma coerente à sua concepção de energia. Entendemos ser relevante darmos, já no primeiro ano, uma visão mais abrangente e uma definição mais descritiva da energia, buscando reforçá-la de forma explícita e sistemática ao longo de todo o currículo do ensino médio.

- *Visão inicial limitada à mecânica:* a apresentação do conceito de energia dando muita ênfase às suas manifestações no campo da mecânica acaba deixando em segundo plano o caráter unificador da energia e, conseqüentemente, seu potencial interdisciplinar. Limitar-se a desenvolver os modelos físico-matemáticos relativos à energia mecânica e sua conservação no 1ºano, além de não garantir um bom desempenho nas provas de vestibular que serão realizadas só ao final do ensino médio, não ajudará o estudante a perceber a relevância do conceito não só em outros campos da Física, mas também em outras áreas como a Química, a Biologia e a Geografia.
- *Alguns problemas conceituais como a falta de destaque para:*
  - o caráter relativo e sistêmico da energia;
  - a concepção de trabalho e calor como processos de transferência de energia;
  - a relação entre degradação e os limites da conservação da energia mecânica.
- *Desconsideram-se os fluxos de energia:* na tentativa de superar a abordagem abstrata centrada em modelos físico-matemáticos se poderia buscar uma abordagem mais fenomenológica, associada à forma como a energia flui na sociedade e na biosfera terrestre, contudo, esses fluxos são raramente tratados pela Física escolar. Eventualmente, alguns textos didáticos abordam o fluxo de energia na sociedade de forma apenas ilustrativa, sem nenhum destaque.

Sobre a influência da seleção de ingresso ao ensino superior destacam-se:

- *Embate entre currículo acadêmico (UFRGS) e currículo do cotidiano (ENEM):* já comentado como sendo uma tendência do mercado editorial, esta também é uma tendência dos concursos vestibulares. As provas de caráter mais interdisciplinar com o perfil mais próximo do ENEM vem ganhando espaço, e disputando a hegemonia do programa com perfil mais acadêmico como é o caso da UFRGS.
- *Desamparo em relação à pesquisa acadêmica:* num levantamento realizado por Rezende e Ostermann (2005) conclui-se que há um desencontro entre a pesquisa e as dificuldades enfrentadas pelos professores no que diz respeito ao vestibular:

*“O vestibular não é contemplado nos estudos revistos enquanto um dos condicionantes do ensino de Física de nível médio. É identificado nesta ausência um grande desencontro entre os problemas da prática pedagógica do professor de Física e os objetos de estudo da pesquisa, na medida em que o vestibular representa um dos parâmetros mais importantes para o seu trabalho.”*

Assim, entendemos que o contexto disciplinar da Física escolar, apesar de estar fortemente vinculado à uma tradição propedêutica, vem sofrendo influências da atual reforma curricular em andamento no Brasil, principalmente através das contribuições de alguns textos didáticos e das inovações em provas de concursos vestibulares.

Finalmente, gostaríamos de ressaltar que estas mudanças de forma geral são fruto de uma influência indireta da atual legislação educacional sobre o currículo escolar. Como veremos mais à frente, os professores não estão envolvidos diretamente nesta reestruturação curricular sugerida pelos parâmetros e diretrizes nacionais, mas sentem-se desacomodados por um discurso promovido principalmente pelas suas coordenações pedagógicas no sentido de adaptarem-se à nova legislação, principalmente no que se refere às idéias de interdisciplinaridade e contextualização.

## CAPÍTULO IV – O CONTEXTO ESCOLAR

Aproveitando a oportunidade de que o professor-pesquisador já estava atuando em dois institutos de educação, e de que estes lhe deram total apoio para implementação de projetos vinculados a esta pesquisa, nos propusemos a discutir a influência destes contextos escolares sobre seus respectivos planejamentos curriculares. Tínhamos a oportunidade também de avaliar o quanto a identidade institucional de “escola pública”, de um lado, e de “escola particular”, de outro, interfeririam sobre estes currículos.

Nos interessou, mais especificamente, fazer uma leitura da forma como se processa a análise e ao planejamento curricular nestes ambientes escolares. Optamos por partir de uma visão geral, diagnóstica, que nos permitisse identificar qual o papel desempenhado pelos principais atores sociais destas comunidades, quais as condições materiais de seus ambientes escolares (tanto no que diz respeito às suas estruturas físicas, quanto à disponibilidade de materiais instrucionais) e quais os perfis político-pedagógicos de cada uma delas.

Nesta etapa diagnóstica desenvolvemos as seguintes linhas de investigação em comum para os dois contextos, de forma a orientar tanto a observação participante, quanto as entrevistas:

- a) descrever o perfil sócio-econômico das comunidades escolares e político-pedagógico das instituições de ensino, avaliando inclusive as condições estruturais e de materiais instrucionais destas últimas;
- b) avaliar junto às equipes administrativas e de supervisão de cada instituto as possibilidades e limitações relativas à implementação de inovações curriculares;
- c) investigar a forma como a atual proposta de reestruturação curricular, encaminhada a partir da LDB/96 e dos PCNEM/98, tem influenciado o trabalho dos professores nos dois institutos de educação;
- d) investigar a forma como a temática da energia vem sendo trabalhada pelas diversas disciplinas do ensino médio e qual a reação dos professores das diversas disciplinas quanto a eventuais mudanças curriculares relativas a esta temática.

Como a presença do professor-pesquisador nos dois institutos de educação era considerada natural, sua atuação como observador e entrevistador pôde ser bastante discreta, participando das atividades escolares sem dar destaque à sua função de pesquisador. Neste sentido, com vistas a manter durante esta investigação dos contextos escolares um certo

distanciamento, buscamos relativizar nossa visão dos mesmos, adotando uma “postura etnográfica”, já anteriormente descrita na metodologia (Cap.II).

#### IV.1 - ESCOLA PARTICULAR (IEDP)



Figura 1 – Fachada frontal do Instituto de Educação Divina Providência.

O Instituto de Educação Divina Providência (IEDP), situado na Av. Poti, 1550, Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, é uma instituição particular e filantrópica, com mantenedora confessional (os Servos da Caridade da congregação dos Guanellianos). O IEDP atende nos turnos diurnos o ensino médio, fundamental e infantil; no turno da noite, o ensino técnico em Transações Imobiliárias e a formação especial no Magistério, além de locar duas salas de aula para estudantes de outra mantenedora particular que trabalha com Educação de Jovens e Adultos (EJA - ensino médio).

##### DESCRIÇÃO DO AMBIENTE ESCOLAR

As instalações do IEDP contam com um total de 15 salas de aula, sendo algumas delas temáticas, organizadas por professores que, com colaboração do próprio Instituto, de estudantes e da comunidade, realizaram melhorias, seja por uma melhor distribuição das classes e uso de mobília extra, ou pela presença de material didático específico das disciplinas (livros, revistas, cartazes, murais, etc.) ou material instrucional de caráter geral (TV, videocassete, DVD, etc.).

Além das salas temáticas existem ainda quatro laboratórios: o de ciências (utilizado em conjunto pelas disciplinas de Ciências, Química, Física e Biologia), o de matemática (mais voltado ao material concreto para o ensino fundamental), e de informática (com 15 computadores ligados em rede e com disponibilidade de acesso à internet) e o de educação

artística. Outros espaços coletivos envolvem uma sala de vídeo com data-projetor, salão de festas com palco (que oferece à comunidade escolar um ambiente adequado para teatro, palestras, reuniões), uma quadra de esportes fechada e outra aberta, a biblioteca, a cantina e um solário.

#### FUNCIONALIDADE DA ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

A direção do IEDP divide-se em dois níveis: um de caráter administrativo-financeiro, desempenhado por um representante da congregação que faz visitas semanais ao Instituto, e outro de caráter pedagógico, desempenhado pela diretora que participa do dia-a-dia das atividades educativas respondendo, juntamente com a tesouraria e a supervisão, pelas atividades regulares do Instituto. Não existe Círculo de Pais e Mestres (CPM) e nem Grêmio Estudantil, e o Conselho Escolar é pouco ativo não sendo chamado a deliberar sobre o andamento das atividades escolares.

#### PERFIL DOCENTE

O IEDP dispõe de um total de 38 professores, sendo 31 com formação em licenciatura plena e 07 com magistério, estes últimos atuando no ensino fundamental. Uma equipe de outros 17 funcionários atuam na área pedagógica, de gestão e de atendimento nos setores: secretaria, xerox, biblioteca, portaria, limpeza, cozinha.

Em 2005 o IEDP conta com 14 professores para atender às 5 turmas de ensino médio (121, 122, 221, 222, 321). Estes professores atuam com grande autonomia em seus planejamentos curriculares, tanto pela confiança depositada pelo Instituto em seus desempenhos profissionais como pelo fato da maioria destes professores serem os únicos em suas disciplinas para as cinco turmas do ensino médio. É o que acontece também na disciplina de Física, o professor-pesquisador é o responsável pela disciplina em todas as cinco turmas de ensino médio.

Além da autonomia no planejamento curricular também há uma grande independência de uma disciplina em relação à outra, ou seja, os professores não realizam de forma sistemática a integração de seus planejamentos, fora alguns poucos acordos, geralmente feitos no início do ano letivo, o que percebemos é a constituição de um currículo fortemente disciplinar. Mesmo em algumas situações específicas como quando o professor de Português também trabalha Literatura, ou o de História que também trabalha Geografia, se mantém um trabalho paralelo entre uma disciplina e outra, não havendo uma integração dos planejamentos.

A partir da observação e de entrevistas realizadas pelo professor-pesquisador com seus colegas, procuramos traçar um perfil da equipe de professores que atua no ensino

médio do IEDP. Durante esta aproximação etnográfica elaboramos algumas questões guia, listadas no Apêndice F.1., elas serviram, principalmente, para orientar as entrevistas. Faremos agora um relato do resultados obtidos com esta investigação orientada por estas questões guia.

No geral os professores não vêem muitas restrições ao seu planejamento curricular, sentem-se com liberdade suficiente para fazerem rearranjos e improvisações, inclusive durante o ano letivo. Os professores da Área de Ciências da Natureza e Matemática destacam algumas dificuldades em vencerem todo o programa do vestibular (programa UFRGS), demonstrando sentirem-se mais pressionados neste sentido. Sentem-se bastante satisfeitos com suas relações institucionais com o IEDP, com suas relações afetivas e pedagógicas com o grupo de colegas, mas expressam enfrentar dificuldades com a resistência ao trabalho em sala de aula apresentado por alguns estudantes, o que acaba interferindo na relação com a turma inteira, caracterizando a indisciplina e falta de motivação dos estudantes como o maior transtorno para o desenvolvimento curricular em sala de aula.

Os professores, em geral, aproveitam as oportunidades locais de formação-atualização através de seminários, fóruns, encontros, ocorridos no município ou em municípios próximos. Já atuam no Instituto dois mestres na área de ensino, um em Educação Física e outro de Biologia, e vários outros professores possuem cursos de especialização, de forma que a equipe tende a ser bastante dinâmica do ponto de vista curricular, tanto pela formação de seus profissionais quanto pela criatividade e desempenho profissional dos mesmos.

Contudo, a maioria destes professores não se sente influenciada ou buscou inteirar-se mais profundamente sobre a atual legislação educacional, principalmente no que diz respeito aos atuais parâmetros e diretrizes curriculares. Poucos haviam desenvolvido algum trabalho mais cuidadoso sobre o conteúdo destes documentos até então. Documentos como os PCN+ (Brasil, 2002) ou as Orientações Curriculares (Brasil, 2004), complementares aos PCNEM (Brasil, 1999) eram conhecidos apenas de alguns poucos professores, que apesar de conhecê-los nunca os haviam lido com o interesse de quem analisa ou planeja um currículo e que dali quer tirar informações e contribuições. Assim, a atual reforma curricular não se mostra presente, pelo menos de forma consciente, e direta, na análise e no planejamento curricular realizados pela equipe de professores do IEDP.

Apesar de poucas disciplinas adotarem livros didáticos (Biologia e História) ou apostilas (Português e Literatura), este parece ser um importante referencial para a análise e

planejamento curricular realizados pelos professores, pois, mesmo não adotando livros de texto – e isto por diversas razões, principalmente pelos custos envolvidos – é clara a influência que os mesmos exercem sobre o currículo escolar. Reforça esta observação o fato dos professores receberem, todo início de ano letivo, exemplares enviados por editoras interessadas em divulgar seus produtos. Consubstanciando-se este acesso ao livro didático de grande divulgação, distribuído por grandes editoras, numa forte influência sobre o currículo escolar do IEDP, pois estes textos tornam-se uma importante fonte de consultas para o professor tanto na elaboração de seu planejamento de longo prazo como aquele diário, da aula e na elaboração das avaliações.

Assim, se, por um lado, nas entrevistas houve muito poucas referências a termos como interdisciplinaridade, contextualização, competências e habilidades, característicos do discurso da nova reforma curricular, de forma que os professores em nenhum momento se mostraram engajados neste processo, por outro, mostraram-se fortemente influenciados pelos livros didáticos, que por sua vez são editados assumindo sempre estarem de acordo com os atuais PCNs. Interpretamos que, de certa forma, ocorre um processo de reforma curricular indireta, através dos livros didáticos, não existindo, portanto, um processo institucional, conduzido pelo próprio IEDP, no sentido de reagir conscientemente a este movimento de reforma curricular.

Adaptamos de Rezende et al. (2004) uma enquete (Apêndice F.4) que também serviu de estratégia para pequenas entrevistas feitas com os professores ao se entregar ou receber os formulários. O que analisaremos agora será, portanto, os resultados da enquete e entrevistas associadas a ela sobre as dificuldades encontradas pelos professores do IEDP no que diz respeito ao seu relacionamento com a instituição escolar, com os colegas, com o planejamento curricular, com os estudantes e com o processo de ensino-aprendizagem.

A equipe de professores parece sentir-se relativamente satisfeita com a relação estabelecida com a instituição. A grande maioria sente-se amparada pelo IEDP ao desempenhar suas atribuições profissionais, seja pedagogicamente ou no que diz respeito à infra-estrutura e disponibilidade de tempo e materiais instrucionais, contudo, destacam a falta de oportunidades de qualificação e atualização a serem oferecidas ou financiadas pelo próprio Instituto.

No desempenho da profissão mostram-se com dificuldades de motivação para o trabalho, reconhecendo que o currículo desenvolvido de forma isolada nas disciplinas tem resultado numa dificuldade de articulação dos planejamentos curriculares entre o grupo de professores que não se sentem participantes de um “projeto de escola”.

No que diz respeito ao planejamento curricular, pela autonomia que possuem para realizá-lo, não sendo impelidos a adotar nenhum material didático específico ou estratégia didática especial, sentem-se, de forma geral, com liberdade suficiente para enfrentar desafios e dificuldades curriculares, isoladamente, no âmbito de suas disciplinas. Contudo, quando dizem não enfrentar maiores dificuldades no planejamento curricular associado ao uso de livros didáticos, novas tecnologias (aquisição automática de dados, internet, simuladores), laboratório, admitem ainda não terem implementado de forma regular e sistemática muitas destas estratégias em suas práticas curriculares para terem de enfrentar dificuldades com elas.

No que diz respeito às dificuldades encontradas pelos professores no relacionamento com os estudantes e no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem destaca-se a falta de motivação dos estudantes. Associada a isto está a própria desmotivação de muitos professores, já comentada anteriormente, num ciclo de desmotivação que acaba gerando um aumento da indisciplina na sala de aula e uma perda de qualidade no trabalho do professor.

#### PERFIL DISCENTE

Conforme Tabela 3, há uma predominância de estudantes do sexo feminino em todas as turmas. Relativa a esta Tabela destaca-se ainda o fato que dos 31 estudantes que concluíram o ensino médio em 2004, 22 estavam com 17 anos, 3 com 16 anos, 04 com 18 anos, 1 apenas com 19 e outro com 20 anos, conferindo um perfil de maioria adolescente aos estudantes que freqüentam o ensino médio do IEDP.

Tabela 3 – Matrículas, distribuição quanto ao sexo e nº de reprovações e dependências nas turmas nos anos de 2004 e 2005.

EDP	2004			2005	
	Nº	M/F	REP/DEP.	Nº	M/F
1º ano (121, 122)	52	20/32	06/00	55	23/32
2º ano (221, 222)	43	17/26	06/00	46	17/29
3º ano (321)	36	15/21	01/04*	40	15/25
TOTAIS	131	52/79	13/04	141	55/86

A redução no número de matrículas a partir de 2001, conforme Figura 2, coincide com o período em que o IEDP deixa de atender a 2 turmas para cada ano do ensino médio, passando a ter apenas um 3ºano. Isto elevou o número de estudantes no “terceirão” de 25 para 38 após 2001. As demais séries se mantêm com uma média de 25 estudantes por turma.

---

\* O IEDP tem dependência em até três matérias apenas no 3º ano do ensino médio.

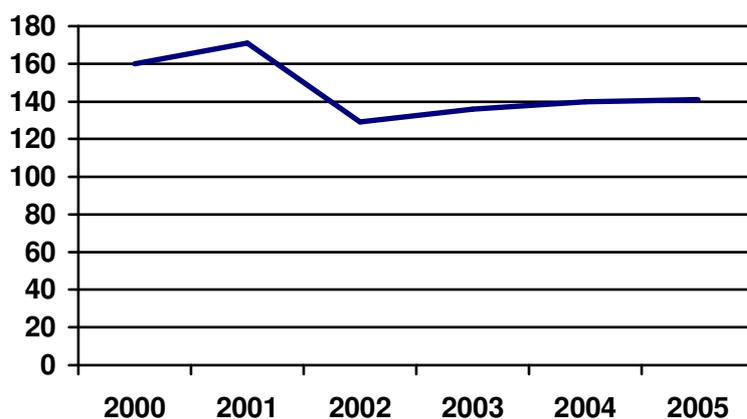


Figura 2 – Distribuição das matrículas em todo o ensino médio do IEDP de 2000 a 2005.

Em levantamento feito pelo próprio professor-pesquisador em sala de aula caracterizou-se um perfil sócio-econômico das famílias destes estudantes que oportuniza a 67% deles acesso a computador em casa, estando 55% oferecendo condições de uso da internet. Quanto ao acesso à TV por assinatura encontramos que 43% das famílias fazem uso da mesma. E ainda 39% das famílias assinam jornais ou revistas.

#### PERFIL CURRICULAR

Numa enquete apresentada no Apêndice F.3 um grupo de professores posicionou-se sobre algumas concepções sobre currículo. Observa-se que as concepções clássicas de forte caráter prescritivo tiveram todas alguma discordância, enquanto que as concepções 6 e 7, referentes a uma visão de currículo como planejamento e como representando parte da cultura não receberam desaprovações. Estes professores manifestaram uma certa receptividade e interesse sobre uma discussão em torno do significado do currículo, de forma que concluíram que uma melhor explicitação do papel do currículo contribui para uma visão mais crítica e operacional da vida escolar. As definições que se destacaram foram as que seguem:

“Currículo é o projeto que preside as atividades educativas da escola, precisa suas intenções e proporciona guias de ação adequadas e úteis para os professores que têm a responsabilidade direta de sua execução.” (Coll, 1996)

“O currículo traz a marca da cultura na qual foi produzido, por tal razão é que se pode entender que no currículo estão contidos mais que os conteúdos que constituem as disciplinas, pois o currículo também abriga as concepções de vida social e as relações sociais que animam aquela cultura.” (Pedra, 1997)

Contudo, este planejamento curricular tem se dado de forma isolada e apenas encaminhadas para a supervisão sem uma etapa de integração e harmonização dos mesmos.

Assim, o Plano de Estudos, no que se refere ao ensino médio, representa os diversos projetos isolados de cada uma das disciplinas, formando um projeto político-pedagógico bastante fragmentado neste nível. Havendo como pano de fundo uma orientação quase que implícita, associada a uma expectativa da própria comunidade escolar, voltada à preparação para o vestibular.

### AVALIAÇÃO

A avaliação da aprendizagem é trimestral, devendo o estudante atingir média 60 em uma escala de 0 a 100, em cada trimestre. Naqueles trimestres que o estudante não atingir média, mesmo após as atividades de recuperação de aprendizagem do trimestre, terá uma última oportunidade no final do ano, no chamado “pronto socorro”. O “pronto socorro” consiste em uma última oportunidade de recuperação oferecida através de uma prova para cada trimestre em que o estudante acumulou recuperações. É geralmente realizada no mês de dezembro durante uma semana só de provas.

## IV.2 - ESCOLA PÚBLICA (IER)



Figura 3 – Vista frontal do Instituto Estadual Riachuelo na RS 407.

O Instituto de Educação Riachuelo (IER) localiza-se em Capão da Canoa, litoral norte do Rio Grande do Sul, na principal via de acesso à cidade, a RS 407, nº134. Aberto nos três turnos, atende pela manhã o ensino médio, à tarde o ensino fundamental e educação infantil, e à noite o ensino médio e técnico profissionalizante (Contabilidade – Área de Gestão; e Informática – Área de Processamento de Dados e Manutenção de Hardware).

### DESCRIÇÃO DO AMBIENTE ESCOLAR

Suas instalações apesar de antigas passam por reformas parciais esporádicas, que atendem aos principais problemas hidráulicos, elétricos e de estrutura e, eventualmente, contam com a colaboração da comunidade na pintura de salas de aula e manutenção de mobílias. Desta forma as instalações nos últimos anos foram lentamente apresentando uma pequena melhora, sendo necessário, entretanto, avançar muito, inclusive no sentido de oferecer espaços adequados para a reunião de um número maior de estudantes do que nas salas de aula. Esta dificuldade se dá tanto para prática de esportes, pois a quadra coberta, construída há pouco tempo, está sem paredes, como para a expressão artística e cultural, onde o espaço atualmente improvisado é um “saguão”, que não oferece as condições adequadas para as atividades.

As 28 salas de aula, contudo, são bem arejadas e iluminadas. O IER dispõe de quadros brancos em boas condições em todas as salas, e as construções são todas térreas com uma estrutura Física em boas condições. Falta, entretanto, a estrutura de laboratórios, existe um único laboratório para todas as disciplinas, estando, no entanto, sucitado e funcionando precariamente.

Existe ainda uma sala de artes, uma sala de vídeo e a biblioteca como espaços coletivos. Também existem duas salas prontas para receberem 50 computadores que foram prometidos pelo governo federal há mais de 3 anos e nunca chegaram, levando à outra grande deficiência no currículo escolar, não sendo possível, portanto, desenvolver adequadamente competências e habilidades associadas com o uso da informática, pois os poucos computadores disponíveis atendem apenas ao ensino técnico.

#### FUNCIONALIDADE DA ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

O órgão deliberativo tanto no que se refere às questões administrativas quanto pedagógicas é o Conselho Escolar. Formado pelos membros da comunidade escolar: professores, funcionários, estudantes, pais e direção, o Conselho é atuante mas está fortemente vinculado à direção do IER. Cabe a ele aprovar tanto o Regimento quanto o Plano de Estudos, documentos legalmente aceitos como representativos do currículo formal. Toda a gestão de pessoal e de materiais é realizada pela direção que além de contar com o Conselho Escolar pode ainda contar com a colaboração do Círculo de Pais e Mestres (CPM).

A gestão pedagógica é realizada pela equipe de supervisão. Uma importante conquista da supervisão do IER, a partir do ano de 2004, foi a de reservar dois períodos semanais para reuniões com professores, dentro dos horários normais e com dispensa dos estudantes que completam sua carga horária em turno inverso através de aulas de dança e prática de esportes. Isto propiciou um maior debate sobre o planejamento escolar, o papel do IER junto à comunidade, o trabalho do professor e as necessidades dos estudantes, que apesar de não estarem presentes neste primeiro momento de debate sobre o Instituto deverão ser incluídos no processo ainda a partir de 2005.

O professor-pesquisador procurou participar o máximo possível destes encontros no sentido de que observando-os pudesse ao mesmo tempo traçar um perfil tanto das ações da supervisão quanto da postura dos professores no que se refere à análise e ao planejamento curricular.

Destaca-se o papel da supervisão escolar do IER que além de conquistar este tempo, onde os professores podiam discutir melhor a educação que praticam, também coordenou um trabalho de reestruturação curricular que buscou sistematicamente uma maior participação e envolvimento docente nas decisões sobre a vida escolar.

#### PERFIL DOSCENTE

O IER conta com um total de aproximadamente 16 funcionários e 100 professores, sendo 75 em atividade docente. Deste total, apenas 16 não têm o curso de Licenciatura Plena concluído, estando 11 com formação no Magistério de Nível Médio e 5 com formação

superior em outra área que não a de licenciatura. Na Tabela 4 podemos observar a distribuição destes professores por área de atuação.

Tabela 4 – Distribuição de professores por área de atuação no IER.

ÁREA DE ATUAÇÃO	Nº DE PROFESSORES <sup>7</sup>
Pré-escola e Educação especial	06
Ensino Fundamental	34
Ensino Médio	55 <sup>8</sup>
Nível Técnico	06

No acompanhamento das reuniões pedagógicas encaminhadas pela supervisão, nos interessava, entre outras coisas, avaliar a receptividade dos professores a mudanças curriculares. Assim, no fim do período letivo de 2004 apresentamos aos professores um conjunto de mudanças curriculares que, entre outras coisas, alterava a distribuição do tempo escolar de trimestre para semestre e acrescentava um segundo critério de aprovação além da média anual mínima igual a 60, qual seja, um critério de corte estabelecendo a nota mínima no segundo semestre superior a 50. Estas mudanças haviam sido discutidas ao longo das reuniões e acabaram sendo aprovadas pelo quadro de professores que assumia com elas o início de um processo mais profundo de reestruturação curricular que seria desenvolvido ao longo do ano de 2005.

Durante estas reuniões pedagógicas coordenadas pela supervisão, o professor-pesquisador além de observar também encaminhou suas entrevistas visando desenvolver uma linha de investigação associada às mesmas questões guias já comentadas durante a descrição do perfil dos professores do IEDP (ver Apêndice F.1), tratando sobre currículo e legislação.

Quanto ao encaminhamento de seus planejamentos curriculares, os professores sentem-se despreparados para adaptá-los aos atuais PCNs. Eles consideram os PCNs extensos e complexos demais para serem transpostos para sala de aula, principalmente no que se refere às competências e habilidades. Reconhecem que precisariam ser capacitados para colocá-las em prática. Por outro lado, os professores concordam com a idéia de que o currículo precisaria de mudanças e têm informações sobre metodologias inovadoras, como por exemplo, a organização do conteúdo por temas ou por projetos. Entretanto, sentem-se impotentes para promover essas mudanças individualmente, sem a participação de toda a

<sup>7</sup> O número total de professores em atuação ultrapassa os 75 pois muitos possuem duas matrículas.

<sup>8</sup> Total de professores que atuam nos dois turnos, manhã e noite, em que o IER atende ao ensino médio.

equipe do Instituto. No entanto, reconhecem que o espaço para reuniões semanais implementado pela supervisão tem se mostrado bastante positivo neste sentido, abrindo possibilidades para um trabalho mais integrado e com maior apoio pedagógico para interpretar a atual reforma curricular em andamento no país.

Contudo, são muito poucos os professores, como no IEDP, que já se detiveram em um estudo mais sistemático sobre os PCNEM (Brasil, 1999), a maioria praticamente desconhecia os documentos relativos aos PCN+ (Brasil, 2002) e às Orientações Curriculares (Brasil, 2004).

Por outro lado, ao contrário do IEDP, é muito pequena a influência do livro didático no planejamento curricular destes professores, nenhuma disciplina adota livro de texto, basicamente pelas dificuldades financeiras dos estudantes. As disciplinas de Português e Matemática aguardam a chegada de material didático encaminhado pelo governo federal a partir de 2006. Os professores, no geral, não recebem materiais didáticos das editoras, ao contrário do que acontece com os professores do IEDP. Nas poucas vezes em que as editoras visitam o IER a quantidade de material é insuficiente para atender a todo o quadro. Percebe-se um trabalho de planejamento curricular realizado pelo professor em sua disciplina, fortemente vinculado com sua formação inicial.

Usando a mesma estratégia utilizada no IEDP, associando pequenas entrevistas à entrega e recebimento de uma enquete (ver Apêndice F.4) buscou-se identificar as principais dificuldades encontradas pelos professores de ensino médio do IER.

Destaca-se como principal problema da relação dos professores com a instituição escolar o fato de ocorrerem muitas faltas de professores, faltas estas que acabam sendo supridas pela substituição feita por outro professor que, na maioria das vezes, passa a atuar em duas, ou até mais turmas, concomitantemente, em um “trabalho em paralelo” como é denominado pelos professores. Destacam-se ainda como dificuldades enfrentadas pelos professores na sua relação com o IER: a falta de recursos instrucionais e a infra-estrutura precária dos laboratórios.

No geral a articulação entre os professores é considerada boa. Isto se deve em grande parte à oportunidade que os professores do IER têm de se reunirem semanalmente para discutirem seu trabalho. Ocorre, contudo, uma falta de motivação para o trabalho que se associa tanto a estas dificuldades já citadas no relacionamento institucional ou profissional com os colegas como também com as condições precárias do salário do magistério estadual.

Quanto ao planejamento curricular, os professores parecem encontrar grandes dificuldades na preparação para o vestibular, na avaliação da aprendizagem, no uso do

laboratório, no trabalho com projetos, na adoção de inovações curriculares e no trabalho interdisciplinar.

No trato com os estudantes, a falta de perspectiva e interesse, a indisciplina e o baixo nível socioeconômico e cultural dos mesmos destacam-se como principais causas da falta de motivação. Isto leva a um aumento da indisciplina caracterizando, assim, uma atitude desfavorável por parte dos mesmos, resultando em dificuldades e baixos resultados no que diz respeito à aprendizagem.

#### PERFIL DISCENTE

Com um total de 25 turmas pela manhã, sendo 11 de 1ºano, 8 de 2º ano e 6 de 3º ano, e outras 13 turmas à noite, sendo 5 de 1º ano, 4 de 2º ano e 4 de 3º ano, o IER matriculou 1.459 estudantes em suas 38 turmas em 2005, com uma média de 38,4 estudantes por turma no geral, sendo 34,6 a média do turno da manhã e 45,7 para o noturno. A evolução das matrículas nos últimos 9 anos nos dois turnos pode ser vista na Figura 4.

Percebe-se na Figura 4 que a partir de 2004 houve um aumento da demanda no turno da noite e uma redução no turno da manhã. Isto deve-se, em parte, a abertura de um nova escola estadual no município vizinho, Xangri-lá, que passa a atender os estudantes daquele município que antes procuravam vagas no IER.

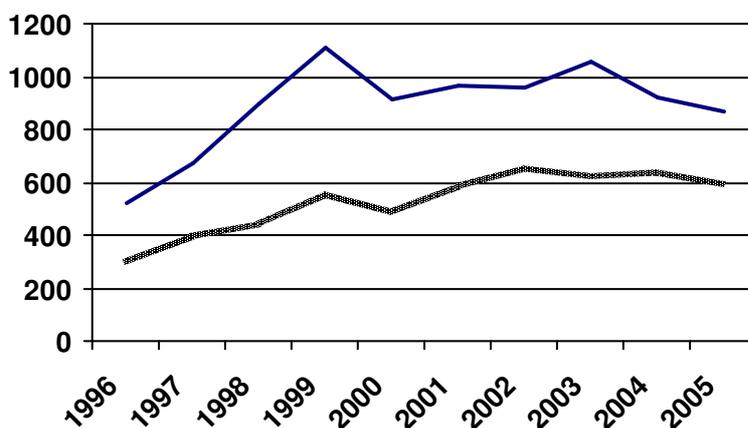


Figura 4 – Distribuição das matrículas no turno da manhã (curva superior) e da noite (curva inferior) para todo o ensino médio a partir de 1996.

Em 2005, 121 estudantes matriculados no primeiro ano são repetentes, 72 no segundo ano e 24 no terceiro. Daqueles que não estavam freqüentando uma escola em 2004 temos 60 estudantes no primeiro ano, 15 no segundo ano e 13 do terceiro ano do ensino médio. A distribuição destes estudantes por série, turno e sexo está na Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição de estudantes por série, turno e sexo em 2005.

ENS. MÉDIO	DIURNO			NOTURNO		
MATRÍC. 2005	MASC	FEM.	TOTAL	MASC.	FEM.	TOTAL
1º ANOS	165	230	395	108	109	217
2º ANOS	104	168	272	80	106	186
3º ANOS	95	103	198	77	114	191
TOTAIS	364	501	865	265	329	594

Na Tabela 5 observa-se a mesma predominância do sexo feminino que ocorre no IEDP. As taxas de repetência entretanto, são muito altas, principalmente no 1º ano e considerando que existe progressão parcial nos três anos do ensino médio em até duas matérias.

Os estudantes do turno da noite apresentam um perfil sócio-econômico característico da maior parte dos estudantes do ensino médio brasileiro. Formado basicamente por jovens e adultos, contrastando com o turno da manhã, formado por adolescentes em sua grande maioria. Assim, matriculados em 2004 nas turmas de 1º ano do turno da manhã havia apenas 11 estudantes com mais de 18 anos, enquanto que nos 1ºs anos do noturno totalizavam 155. Isto se repete em 2005, com apenas 5 estudantes com mais de 18 anos matriculados nos 1ºs anos do turno da manhã, contra 114 estudantes com mais de 18 anos matriculados nos 1ºs anos do turno da noite. Este perfil etário dos estudantes do turno da noite faz com que se enquadrem dentro de uma proposta curricular que está mais para educação de jovens e adultos (EJA) do que para ensino médio regular. Neste sentido, apesar da modalidade ser de ensino regular, o currículo que está cada vez mais sendo articulado pelos professores do turno da noite é um currículo que visa a atender um ensino médio com perfil de EJA.

Os estudantes, de uma maneira geral, não demonstram muito interesse em aprender, boa parte deles não acredita que a educação possa garantir-lhes um emprego, que é sua preocupação mais imediata. Neste contexto, alguns professores reconhecem que o currículo praticado está distante da realidade dos estudantes e que precisaria mudar. A falta de conhecimentos gerais por parte dos estudantes, principalmente do turno da noite, é motivo de preocupação, especialmente a falta de base em Matemática, na medida em que esse é um conhecimento que é pré-requisito para outras disciplinas. Também destacam-se as deficiências na interpretação e na escrita, e a dificuldade para solucionar diversos tipos de situações problemas do dia-a-dia em decorrência destas deficiências. Identificam-se em

muitos estudantes, principalmente do noturno, deficiências cognitivas, que obstaculizam a aprendizagem em um nível mais abstrato.

### **AValiação**

O currículo do IER estrutura-se de forma bastante tradicional em disciplinas que seguem uma seriação anual. Assim, o estudante vivencia um currículo em que cada disciplina segue seu planejamento quase que independentemente das demais, mas para alcançar sua aprovação para o ano seguinte o estudante tem de conseguir aprovação na totalidade delas. Caso seja reprovado em até duas disciplinas poderá avançar para o próximo ano desde que refaça as disciplinas em que foi reprovado sobre a forma de progressão parcial, na qual participará de aulas presenciais em turno inverso.

A média de aprovação anual é 60. Com a alteração de trimestre para semestre acrescentou-se mais um critério que requer nota mínima no segundo semestre igual ou superior a 50, mesmo já tendo alcançado a média 60 nos dois semestres (Média Anual  $\geq 60$  e Média 2º Semestre  $\geq 50$ ). Existem atividades de recuperação de aprendizagem e de notas apenas nos semestres, sem recuperações ou exames de final de ano.

### **IV.3 – ENSINO DA TEMÁTICA DA ENERGIA**

Da análise de documentos e entrevistas realizadas com os professores de Física, química, biologia e geografia dos dois institutos de educação, foi possível identificar a forma como se trabalha a temática da energia nestas instituições. As questões-guia que orientaram as entrevistas encontram-se no Apêndice F.2. Encontramos a presença da temática desenvolvida de forma independente por cada uma das disciplinas. Abaixo segue uma síntese dos principais componentes curriculares onde os professores identificaram mais clara a presença da temática da energia:

- Geografia: no 2º ano no estudo dos recursos energéticos naturais;
- Química: no 2º ano no estudo da termoquímica e no 3º ano no estudo da eletroquímica;
- Biologia: no 2º ano no estudo dos cloroplastos (fotossíntese) e das mitocôndrias (respiração celular). E no 3º ano no estudo do fluxo de energia na biosfera.
- Física: no 1º ano no estudo da energia mecânica. No 2º ano no estudo da termodinâmica e no estudo da intensidade das ondas sonoras. No 3º ano no estudo do espectro eletromagnético, da eletrostática, da eletricidade e do eletromagnetismo;

Evidenciando-se, portanto, que o termo faz parte da estrutura conceitual destas disciplinas, destacadamente da Física, de forma que todos os professores o entendem como

relevante sem, contudo, admitirem qualquer destaque para o mesmo em seu planejamento curricular.

De forma geral os professores são receptivos ao desenvolvimento de propostas curriculares interdisciplinares e, num primeiro momento, aceitaram realizar uma negociação e melhor sincronização dos componentes curriculares tradicionalmente desenvolvidos.

Dando continuidade a esta análise curricular discutiremos a seguir alguns dos aspectos que entendemos caracterizar mais especificamente o ensino de Física praticado nos dois institutos de educação.

#### DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO

A Tabela 6 apresenta a forma pela qual o ensino de Física poderia dispor de tempo do currículo formal para cada uma das três séries do ensino médio diurno e noturno até o final de 2004 no IER. Destaca-se o período a mais para as turmas de 1º e 2º anos do noturno, mesmo sendo períodos 5 min mais curtos, isto garantia uma vantagem bastante positiva para o desenvolvimento curricular da disciplina, principalmente devido às características gerais dos estudantes do noturno, que apresentam mais dificuldades que os do diurno.

Tabela 6 - Disposição para uso do tempo do currículo escolar para turmas de ensino médio até o final de 2004.

NÍVEL	ENSINO MÉDIO					
	DIURNO			NOTURNO		
TURNO						
SÉRIE	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Nº PERÍODOS	2	2	2	<u>3</u>	<u>3</u>	2
DURAÇÃO (min.)	50	50	50	45	45	45

Contudo, para 2005, com o objetivo de dispor de tempo para reuniões de professores também no noturno, como já comentado anteriormente que acontecia desde de 2004 no diurno, a disciplina de Física passou a ter apenas 2 períodos também nos 1º e 2º anos do noturno.

Já no IEDP a carga horária disponível para os três anos do ensino médio corresponde a três períodos semanais de 55min cada um. Favorecendo, desta forma, um currículo mais detalhado e rico em propostas curriculares.

#### PROFESSORES

Atuam no ensino de Física do IER quatro professores nomeados. O restante da carga horária das mais de 37 turmas do ensino médio é completado por professores contratados, atualmente num total de 3 na disciplina de Física. Perfazendo um grupo de 7 professores que não chegam a trabalhar em equipe, desenvolvendo cada um o seu trabalho em sala de aula

de forma independente do outro, apenas com um acordo anual sobre o andamento do conteúdo.

Já no IEDP o ensino de Física, como já destacamos, é realizado por um único profissional, no caso, o professor-pesquisador. Com isso, o professor-pesquisador dispõe de grande liberdade para realização de seu planejamento curricular, com uma disposição de tempo relativamente maior que a maioria das escolas, como já se viu.

#### ESTUDANTES

Podemos considerar a atitude dos estudantes, dos dois institutos, inicialmente desfavorável em relação à Física. De modo geral, existe uma certa dificuldade para enfrentar essa pré-disposição dos estudantes que entendem a disciplina de Física, juntamente com a de Matemática, como sendo aquelas que oferecem maior dificuldade na aprendizagem.

Apesar dos professores do IER terem apontado a falta de conhecimentos gerais e matemáticos dos estudantes como um problema central para o ensino de Física, as concepções alternativas não foram explicitamente consideradas como parte do problema e como algo a ser levado em conta pelo professor na sua prática pedagógica.

#### CURRÍCULO

Os professores estão conscientes de que ensinam de forma tradicional, demonstrando insatisfação com seus métodos de ensino e sua prática pedagógica, seja pela falta de tempo para planejamento ou por não saberem por onde começar a mudança. O formalismo matemático excessivo vinculado ao trabalho dos professores de Física é, em geral, por demais enfatizado no sentido de que se trata de algo que tem de ser modificado, pois os estudantes não vêm demonstrando ter condições de desenvolver uma aprendizagem significativa com este tipo de ênfase curricular, principalmente os estudantes do noturno.

#### FORMAÇÃO INICIAL

Foi mencionado o despreparo do professor para selecionar e ensinar os conteúdos de forma adequada no ensino médio na medida em que muitos conteúdos que ele tem que dominar enquanto está se formando não são utilizados em sala de aula, e aqueles que lhe permitiriam tratar melhor as questões da vida escolar não são abordados no período de formação profissional. Não havendo oportunidade, na formação inicial, para discutir currículo e transposição didática do Ensino Médio.

#### INTERDISCIPLINARIDADE

Os professores manifestam a dificuldade em se desenvolver um trabalho que possibilite um enfoque interdisciplinar. Durante as reuniões realizadas no IER, por exemplo, a supervisão vem buscando um trabalho neste sentido, mas o processo vem se mostrando

bastante lento, de forma que não houve resultados expressivos até o momento, apesar de se estar desenvolvendo um planejamento que aponta progressos no currículo que será implementado em 2006.

#### FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC)

Os professores de Física do IER reconhecem grandes dificuldades em inserir no currículo de Física tópicos referentes à FMC. Justificam pela falta de uma formação adequada para introduzir esse conteúdo, além de identificarem outras dificuldades como a pequena carga horária da disciplina, de forma a priorizarem os tópicos de Física Clássica.

#### HISTÓRIA, FILOSOFIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

Os professores de Física entrevistados reconhecem que a História da Ciência deveria fazer parte do currículo, como forma de dar oportunidade aos estudantes de compreenderem a importância de uma visão de ciência em constante construção e não como um conjunto de verdades absolutas. No entanto, admitem não fazer parte do currículo trabalhado até então este tipo de abordagem.

#### LABORATÓRIO

Todos admitem a importância do laboratório de Física mas reconhecem a falta de material e de tempo para preparar os experimentos. Destacam as dificuldades associadas ao grande número de estudantes nas turmas e o fato do laboratório ter de ser compartilhado ainda com as disciplinas de Química e Biologia. No IEDP o professor-pesquisador encontra dificuldades semelhantes não conseguindo desenvolver de maneira sistemática e eficiente o trabalho com atividades experimentais.

### **IV.4 – IMPLICAÇÕES CURRICULARES**

Reconhecemos, inicialmente, a grande dificuldade que existe em se manter uma harmonia entre a realidade escolar e as expectativas de educação de uma determinada comunidade. Esta dificuldade tende a se expressar nos projetos político-pedagógicos, geralmente pouco representativos de uma opção consciente feita pela comunidade escolar. Os currículos dos dois institutos de educação estudados constituem-se sob uma forte influência institucional, assumindo padrões característicos de escola pública de um lado e de escola particular do outro.

Os membros da comunidade escolar têm diferentes níveis de influência neste processo de planejamento curricular, no geral os estudantes e os pais não se sentem autorizados e nem entendem isso como algo que lhes seja relevante, não realizando

nenhuma ação consciente no sentido de interferir sobre o processo. De forma geral, as comunidades escolares confiam às instituições e aos professores a tarefa de definir o “quê”, o “como”, e o “quando” da educação praticada nestes institutos, não chegando efetivamente a questionar o “porquê” desta ou daquela prática ou saber trabalhado.

As influências sobre o currículo dos dois institutos são exercidas através de interferências no plano administrativo-pedagógico, docente e discente. Os estudantes, já que não são apresentados a nenhum projeto de educação claro, objetivo, significativo e atualizado, não sabem o que estudam e nem por que estudam. Os professores limitam-se aos currículos relativos às suas áreas de atuação, desconhecendo, muitas vezes, o trabalho de seu próprio colega de disciplina. As direções dos dois institutos atuam mais em nível administrativo e de gestão de pessoal, apoiadas pelas coordenações pedagógicas, envolvem-se mais com questões do cotidiano e da rotina de trabalho escolar, não chegando a desenvolver um trabalho efetivo de reestruturação curricular. Faz-se a ressalva que no IER durante o ano de 2005 se está desenvolvendo um trabalho coordenado pela supervisão do Instituto que visa no 2º semestre concentrar-se mais na análise e no planejamento curricular para 2006.

Mas, de forma geral, nessa tensão entre “o que se quer” e “o que se tem” da escola, pouco uso se faz do planejamento curricular como instrumento de mediação neste processo educacional. Não se discute porque trabalhar os conteúdos de Mecânica, Termologia, Ondas e Eletromagnetismo em Física, por exemplo, apenas se discute o quanto destes conteúdos será possível abordar, a forma de se abordar vai do “estilo” de cada professor e quando isto ocorrerá depende só do andamento da disciplina, não havendo uma busca de sincronia ou integração com outras disciplinas.

Temos, portanto, nos dois institutos, um currículo real bastante tradicional, caracterizado pelo isolamento disciplinar, o que leva a um planejamento fragmentado, e por um forte perfil acadêmico na definição dos componentes curriculares, o que leva a um ensino propedêutico e descontextualizado.

A primeira grande implicação curricular desta investigação do contexto escolar é, portanto, a necessidade que entendemos terem os dois institutos de aprofundar a visão que tanto a instituição quanto a comunidade têm do currículo. É preciso tratá-lo de forma mais explícita, argumentando-se sobre as escolhas nele contidas, e destacando a relevância política e pedagógica da participação de um número cada vez maior de atores sociais em sua construção, num processo transparente e contínuo de reconstrução.

A segunda implicação importante diz respeito às limitações estruturais relativas a cada um dos institutos. As limitações relativas aos laboratórios de Física nos dois institutos, por exemplo, desestimula um planejamento curricular mais voltado à experimentação. Ao mesmo tempo que esta situação desafia os professores, as instituições e a comunidade a encontrarem alternativas para o problema, também acaba evidenciando uma certa “inércia” curricular no que se refere à implementação de atividades de caráter mais prático.

A coordenação pedagógica e os professores de cada um dos institutos configuram equipes de trabalho específicas responsáveis por boa parte da identidade educacional destas instituições. Como a dinâmica do planejamento curricular atende, portanto, ao ritmo de cada equipe, analisaremos as mesmas em separado.

No IEDP percebe-se uma preocupação da coordenação pedagógica voltada mais para as questões imediatas, do dia-a-dia do Instituto, sem muitas perspectivas de mudanças. Há um entendimento de que a atual organização curricular, a distribuição do tempo escolar e a sistemática de avaliação são adequadas, não existindo grandes necessidades de reformulações. Associa-se a isso a autonomia e a independência dada aos professores no andamento de suas disciplinas. Configurando-se, com isso, um contexto escolar que ao mesmo tempo que oferece grande liberdade ao professor-pesquisador reestruturar o planejamento curricular relativo à disciplina de Física, isola-o das demais disciplinas, não lhe oferecendo oportunidades de um planejamento mais integrado ou de uma maior intervenção sobre o andamento geral do currículo real do Instituto.

Já no IER a coordenação pedagógica está mais preocupada com as questões a médio e longo prazo, sentindo-se insatisfeita com o projeto educativo e tentando promover mudanças no mesmo. Um grande diferencial conquistado pela coordenação pedagógica do IER foi um momento para debate e planejamento semanal. Este espaço além de estimular uma maior integração entre as disciplinas acaba por favorecer uma maior participação dos professores no andamento das atividades escolares. É a partir destes encontros que a coordenação pedagógica do IER está conseguindo, com a colaboração dos professores, promover mudanças curriculares significativas que vão desde a redistribuição do tempo escolar: passamos de trimestres em 2004 para semestres em 2005, o tempo da hora-aula será alterado para 2006 de forma a ficarem mais longos e se adequarem a um projeto de salas ambiente em que o Instituto participa no caráter de projeto-piloto, até um redimensionamento do currículo do noturno, aproximando-o mais do perfil de EJA.

O perfil dos estudantes talvez seja o principal fator que caracterize estes contextos escolares. É este perfil que definirá a viabilidade ou não de determinada proposta curricular.

Dos grupos de estudantes observados nestes dois institutos de educação destacam-se o perfil do estudante do turno da noite da escola pública em relação ao perfil do estudante do turno da manhã na escola particular. Estes perfis talvez representem os extremos de um espectro muito vasto presente no ensino médio, com uma diversidade muito grande de personalidades que apresentam distintas necessidades educativas.

De forma geral o currículo desenvolvido nos dois institutos envolve:

- *Método de ensino empírico*: o professor está distanciado dos resultados de pesquisas acadêmicas ou contribuições trazidas pela nova legislação. De certa forma caracteriza um currículo conservador, resistente a mudanças, sugere um desempenho do professor baseado em sua própria experiência pessoal, desde seu período de formação acadêmica até sua prática de sala de aula, numa lógica de “aprender fazendo”.
- *Prevalência da aula expositiva*: a exposição de conteúdos e procedimentos no quadro-negro é principal forma de desenvolvimento curricular adotada pelos professores, acompanhada, ainda, pela atividade de resolução de listas de exercícios pelos estudantes.
- *Prevalência da avaliação através de provas objetivas*: a avaliação ocorre principalmente através de provas individuais, geralmente sem consulta a nenhum tipo de material, simulando os concursos vestibulares.

## CAPÍTULO V – ABORDAGEM TEMÁTICA DA ENERGIA

Os PCNEM destacam que as competências e habilidades devem ser desenvolvidas através de ações concretas que se refiram a determinados temas de estudo. Estes temas, na medida em que articulam conhecimentos e competências, transformam-se em elementos estruturadores da ação pedagógica, ou seja, em temas estruturadores (Brasil, 2002, p.69).

No âmbito de cada disciplina pode-se planejar um currículo que constitua uma composição de elementos de várias outras disciplinas. Desta forma, esses temas estruturam o ensino disciplinar e o seu aprendizado não mais os restringindo, de fato, ao que tradicionalmente se atribui como responsabilidade de uma única disciplina, pois incorporam componentes curriculares comuns às várias disciplinas da área e às demais áreas. Tais modificações de conteúdo implicam modificações em procedimentos e métodos, o que já sinaliza uma nova atitude da escola e do professor.

*“Isto significa que a seleção do conteúdo programático e o planejamento a serem realizados têm como ponto de partida uma análise dos temas, com a qual o professor poderá localizar aqueles problemas mais relevantes a serem formulados e que se articulam tanto com as situações em pauta na problematização (envolvidas no particular tema) quanto com conhecimentos específicos da Física...” (Delizoicov, 2001, p.137)*

Assim, queremos reconhecer o caráter disciplinar do conhecimento e, ao mesmo tempo, orientar e organizar o aprendizado de forma que cada disciplina, na especificidade de seu saber, possa desenvolver as competências gerais previstas pela nova legislação educacional. A forma mais direta e natural de se convocarem temáticas interdisciplinares é simplesmente examinando o objeto de estudo disciplinar em seu contexto real, não fora dele.

Em outros termos, é preciso problematizar o conhecimento dos estudantes através da abordagem de temas que tenham significado para eles, estes temas podem ser buscados a partir dos saberes disciplinares, mas não necessariamente limitando-se a eles. Aos estudantes é preciso destacar que para a compreensão dos mesmos lhes falta um saber que para eles ainda é inédito e que deverá ser aprendido (Delizoicov, 2001).

Como afirma Ricardo (Brasil, 2004, p.23):

*“...essa problematização da realidade vivida não é disciplinar. A codificação e a decodificação dessa realidade não se inserem em uma única disciplina. Trata-se de uma primeira competência crítico-analítica de extrair uma representação dessa realidade para a discussão. Adentra-se então no campo epistemológico da interdisciplinaridade. Essa competência que teve origem na contextualização e na problematização e não na mera justaposição/união de várias disciplinas, possibilita*

*a construção de um novo saber sobre essa realidade, para se tomar uma decisão ou assumir uma posição.”*

Considerando, portanto, estas contribuições da pesquisa em ensino de Física e da atual legislação educacional procuramos implementar um projeto curricular que permitisse avaliar as possibilidades de uma abordagem problematizadora da temática da energia adaptada aos contextos de implementação específicos de cada uma dos institutos de educação participantes desta pesquisa.

Como já havíamos investigado a forma como o conceito de energia é introduzido no ensino médio, tanto através da revisão da literatura referente à pesquisa em ensino de Física (Anexo B), quanto pela análise curricular de uma amostra de livros didáticos de Física e da influência da seleção para o ingresso no ensino superior (Cap. III), entendemos ser relevante reunirmos alguns argumentos que destacassem as vantagens e desvantagens de outras ênfases curriculares que não aquela tradicional abordagem centrada em modelos matemáticos e resolução de problemas.

Reconhecemos a relevância do uso de modelos matemáticos e do trabalho com resolução de problemas, mas entendemos que o ensino de Física de nível médio não deve se resumir a este tipo de abordagem, é preciso diversificarmos utilizando diferentes ênfases curriculares que venham a complementar o tradicional aprendizado formal característico da disciplina de Física. Como veremos, a forma como deverá se proceder esta articulação entre as diferentes ênfases curriculares dependerá muito do contexto escolar em que se está trabalhando.

Assim, realizamos uma primeira etapa da implementação, no final de 2004, visando avaliar a forma como dois contextos escolares distintos (escola pública noturna e escola particular diurna) reagiriam às propostas curriculares alternativas de introdução do conceito de energia. Estas propostas foram planejadas tomando como referência duas ênfases curriculares distintas: uma centrada nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e outra nas contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS).

Nossa intenção aqui foi dar uma maior abrangência à forma como o conceito de energia é apresentado aos estudantes de 1º ano, destacando sua relevância, não apenas como conceito físico, mas como conceito unificador da ciência como um todo e temática de grande relevância para a sociedade. A abordagem envolveu contribuições de outras disciplinas que não apenas da Física e da Matemática, quais sejam: a Epistemologia, a História, a Geografia, a Química e a Biologia.

Dando seguimento a esta investigação sobre as possibilidades de transposição didática relativas ao conceito científico de energia para o currículo escolar do ensino médio, implementamos um trabalho de pesquisa e planejamento curricular envolvendo os próprios estudantes através do trabalho com projetos de pesquisa. Esta segunda etapa de implementação ocorreu no primeiro semestre de 2005.

Nosso foco nesta segunda etapa foi procurar desenvolver uma estratégia de desenvolvimento curricular que ao mesmo tempo que desconstrói alguns aspectos do currículo praticado, pela problematização que se faz do mesmo, aponta para as possibilidades de um currículo futuro, englobando, portanto, a análise e o planejamento curricular.

O trabalho realizado nesta segunda etapa de implementação buscou aprofundar alguns aspectos relativos a outras formas de energia que não a mecânica, pois esta já recebera destaque na primeira etapa de implementação. A forma de energia destacada foi a energia interna, admitindo que, como a energia mecânica, esta também possui uma parte cinética, representada pela energia térmica, e uma parte potencial, representada pela energia química e a energia nuclear. Também se buscou aprofundar a maneira como se desenvolve o fluxo da energia e matéria tanto na biosfera, quanto na sociedade.

Esperamos, com os resultados obtidos destas duas etapas de implementação, podermos construir propostas curriculares que, além de adaptadas às realidades dos contextos escolares envolvidos neste estudo, ofereçam alternativas que incluam tanto as contribuições da pesquisa acadêmica quanto da atual legislação educacional.

## **V.1 - INTRODUÇÃO DA TEMÁTICA DA ENERGIA**

Buscando fazer as primeiras avaliações sobre a possibilidade de implementação de projetos curriculares interdisciplinares envolvendo a temática da energia foi desenvolvido um trabalho de observação participante com estudantes de sete turmas de 1º ano do ensino médio, sendo cinco do IER no turno da noite, com estudantes de perfil jovem e adulto, e outras duas do IEDP, com estudantes de perfil adolescente. O período de implementação do projeto envolveu o último trimestre do ano letivo de 2004 dos dois institutos de educação.

Como o professor-pesquisador já atuava nestes institutos há bastante tempo - 4 anos no IER e 7 anos no IEDP - não necessitou de uma fase de adaptação ao ambiente escolar. As direções e supervisões dos dois institutos apoiaram as atividades de implementação destes projetos curriculares, dando grande liberdade ao professor. Apesar de se tratarem de projetos

distintos, pois foram planejados de forma a adequarem-se aos seus respectivos contextos educacionais, envolvem a mesma tentativa de investigar formas alternativas de se apresentar o conceito de energia no ensino médio.

O foco, portanto, está em avaliar maneiras alternativas de apresentarmos a temática da energia, evitando a tradicional abordagem centrada na Mecânica, fortemente disciplinar e acadêmica, com ênfase na resolução de problemas (ver no Cap.III as principais características desta abordagem tradicional).

#### V.1.1 – ÊNFASE EM HISTÓRIA, FILOSOFIA E SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

A implementação desta proposta curricular foi realizada com duas turmas do 1º ano do ensino médio do IEDP. O período de implementação envolveu o 3º trimestre (out-nov-dez) do ano letivo de 2004. Nosso objetivo era o de oferecer aos estudantes uma introdução alternativa ao conceito de energia, mais abrangente, destacando sua origem histórica, evitando uma visão muito limitada à Mecânica e buscando favorecer um entendimento melhor dos procedimentos comuns à ciência através desta mesma leitura histórica.

Ao contextualizar o conhecimento sobre conceitos científicos articulando seus significados atuais com os principais eventos relatados pela história da ciência estaremos evitando uma abordagem muito arbitrária, que pinta um quadro complexo de como é a ciência atual, mas não consegue transmitir o principal, que é o processo pelo qual a ciência se constrói. A abordagem histórica oportuniza ver a ciência em movimento.

Compreender e exemplificar como as necessidades humanas, de caráter social, prático ou cultural, contribuem para o desenvolvimento do conhecimento científico ou, no sentido inverso, se beneficiam desse conhecimento, só tende a esclarecer melhor o papel da ciência nos dias atuais. Possibilitar ao estudante perceber que há uma dinâmica existente entre ciência e sociedade e que nesta relação contam tanto fatores políticos e econômicos como sociais e científicos, será a tendência geral que tentaremos dar a esta abordagem.

Enfim, o incentivo da leitura de textos históricos, e até filosóficos, buscando dar oportunidade ao estudante de desenvolver uma visão de ciência não estanque, ou absoluta, mas dinâmica e mutável, é algo que deverá influenciar de modo significativo sua visão não só de ciência, mas de mundo também. Além de também estarmos nos alinhando com aquilo que os atuais parâmetros e diretrizes curriculares sugerem para o ensino de Física (conforme Apêndice A.2).

## PERFIL DAS TURMAS INVESTIGADAS

As duas turmas de 1º ano em que foram implementadas estas propostas curriculares são identificadas por 121 e 122. Estas turmas contavam com três períodos semanais de 55 minutos destinados apenas à disciplina de Física; disciplina esta que já era coordenada pelo próprio professor-pesquisador.

Os estudantes, em sua grande maioria (88% do total dos 52 estudantes nas duas turmas), eram adolescentes na faixa etária de 14 a 15 anos. A história estudantil destes estudantes é relativamente estável, sem muitas reprovações ou interrupções em seu ensino fundamental, o que lhes permitiu ingressar no ensino médio na idade esperada. A maior parte dos estudantes destas turmas cursou o ensino fundamental no próprio IEDP, sendo apenas 17 estudantes, nas duas turmas, egressos de outras escolas, principalmente de escolas municipais locais.

Percebe-se nestas turmas não uma homogeneidade no que diz respeito à capacidade de aprendizagem ou dos conhecimentos prévios destes estudantes, mas sim de algumas características como pertencerem a uma mesma faixa etária, fazendo parte de famílias com um nível sócio-econômico que lhes garante acesso a outras formas de informação e educação, seja pelo acesso à internet, à TV por assinatura, às viagens, às revistas ou livros.

Assim, procurando desenvolver um projeto curricular que, entre outras coisas, também se adapte às expectativas da comunidade escolar, procuramos aproveitar as características individuais dos estudantes e potencializá-las para uma aprendizagem mais significativa através de uma abordagem mais abrangente do ensino de Física, sem perder de vista, entretanto, um compromisso da disciplina para com o currículo do IEDP na busca de uma formação que também garanta condições aos estudantes progredirem nos estudos.

## JUSTIFICATIVAS DA PROPOSTA CURRICULAR

A ênfase curricular em HFS adotada como estratégia alternativa para introdução do conceito de energia com estas turmas do 1º ano do ensino médio deveu-se, entre outras coisas, ao fato destas turmas já estarem trabalhando dentro de um planejamento curricular que tinha este perfil e da disciplina dispor de um tempo excepcional para o trabalho: tanto por contar com 3 períodos semanais de 55min. quanto por ter “negociado” a componente curricular relativa aos gráficos da cinemática com a disciplina de matemática.

Assim, o professor-pesquisador já vinha desenvolvendo um trabalho que valorizava as contribuições da ênfase em HFS. O trabalho estava orientado no sentido de destacar, em meio ao desenvolvimento dos conceitos físicos e a prática de resolução de problemas, uma construção histórica dos saberes sobre a natureza.

Partindo do conhecimento grego, passando pelas contribuições da Idade Média até chegar ao Renascimento, à Revolução Científica, e culminando com o Iluminismo, e a estruturação do paradigma “cartesiano-newtoniano”, procurou-se seguir um roteiro histórico com estas turmas. A Tabela 7 sintetiza os principais componentes curriculares trabalhados nestes dois trimestres anteriores.

Tabela 7 – Componentes curriculares da disciplina de Física, 1º e 2º trimestres de 2004, turmas 121 e 122 do IEDP.

<b>1º Trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrostática               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grécia, Physiké e a Física Aristotélica.</li> <li>- A lógica e a prática de Arquimedes. Conceitos de Densidade e Empuxo.</li> <li>- Conceito de Pressão. Torricelli e a Pressão Atmosférica. Teorema de Stevin e Princípio de Pascal.</li> </ul> </li> <li>• Cinemática I               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O Renascimento e a Revolução Científica</li> <li>- Galileu Galilei e o estudo do movimento.</li> <li>- Espaço, tempo, velocidade e aceleração.</li> <li>- Classificação dos movimentos</li> <li>- Grandezas escalares e vetoriais.</li> </ul> </li> </ul>
<b>2º Trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinâmica               <ul style="list-style-type: none"> <li>- O Iluminismo.</li> <li>- Newton e o determinismo científico.</li> <li>- Modelagem matemática do mundo através da mecânica clássica.</li> <li>- Tipos de forças: elástica, gravidade, tração, normal, atrito, resistência.</li> <li>- As Leis de Newton.</li> <li>- Vantagem mecânica. Alavancas e Roldanas. Engrenagens e Plano Inclinado.</li> </ul> </li> </ul>

Opções como a de iniciar o estudo de Física pela hidrostática se justificam não só para se estabelecer um ponto de partida para o ensino de Física a partir do conhecimento grego sobre a natureza, mas também por uma melhor integração com o planejamento da disciplina de matemática. O conteúdo de hidrostática além de nos permitir a aplicação de conhecimentos sobre geometria plana (cálculo de áreas) e de geometria espacial (cálculo de volume) que fazem parte de uma revisão feita pela disciplina de matemática, também permitiu ao professor de matemática introduzir o conceito de função antes que a disciplina de Física tivesse iniciado o trabalho com as funções horárias da cinemática.

Como já foi citado, neste mesmo planejamento integrado com a disciplina de matemática foi feito um acordo, entre o professor-pesquisador e o regente da disciplina de

matemática, de forma que o conteúdo de gráficos da cinemática fosse desenvolvido dentro do próprio planejamento da matemática juntamente com os conteúdos relativos à função linear e função quadrática. Este trabalho se deu basicamente através de aplicações da cinemática para as funções de 1º e 2º grau, realizadas pelo professor de matemática e acompanhadas pelo professor-pesquisador ao longo do 2º trimestre de 2004.

Partindo deste “histórico curricular” das turmas é que nos propomos a implementar um projeto alternativo de introdução do conceito de energia centrado na ênfase em HFS. Nosso planejamento teve como base o trabalho de revisão bibliográfica feito sobre a emergência do conceito de energia constante no Anexo B.

Como havíamos encerrado o 2º trimestre trabalhando com componentes curriculares da Dinâmica, em especial as máquinas simples, entendemos que o contexto histórico do qual deveríamos partir estava relacionado à 1ª Revolução Industrial. Queríamos, além de contextualizar o período histórico em que havia emergido o conceito de energia, também evidenciar a sua importância não só do ponto de vista científico e tecnológico, mas também do ponto de vista econômico e social. Destaca-se, por exemplo, como a Revolução Industrial emerge a partir do grande crescimento na forma como as máquinas, em especial as máquinas térmicas, interferiram no modo de produção da sociedade europeia no início do século XIX, em especial na Inglaterra, devido, entre outras coisas, às suas reservas de carvão mineral.

#### FASES DA IMPLEMENTAÇÃO

A implementação foi dividida em 4 fases que ocorreram ao longo dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2004. As 4 fases envolveram um total de 30 horas-aula de 55min., em cada uma das turmas. O professor-pesquisador tinha dois encontros semanais com as turmas: um de duas horas-aula e outro de uma hora-aula. Os estudantes não estavam cientes de que as atividades deste 3º trimestre estavam fazendo parte desta pesquisa, de forma que manteremos o anonimato dos mesmos durante todo o relato.

Iniciaremos destacando na Tabela 8 as componentes curriculares e a carga-horária de cada uma das 4 fases desta implementação.

Tabela 8 – Descrição das fases de implementação do projeto.

<b>FASES</b>	<b>COMPONENTES CURRICULARES</b>	<b>CARGA-HORÁRIA</b>
1ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução histórica dos conceitos de Quantidade de Movimento e Energia Cinética (<i>vis viva</i>).</li> <li>- Teorema do Impulso e Teorema Trabalho-Energia Cinética.</li> </ul>	12 horas-aula

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lei da conservação da quantidade de movimento.</li> <li>- Estudo das colisões</li> </ul>	
2 <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O contexto histórico da Revolução Industrial e o pensamento Iluminista;</li> <li>- O avanço tecnológico no funcionamento das máquinas e o uso do vapor como fonte de energia.</li> </ul>	3 horas-aula
3 <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processos de transformação e transferência de energia.</li> <li>- Contextualização histórica da descoberta simultânea do Princípio de Conservação de Energia e sua validade universal.</li> <li>- Definição descritiva do conceito de energia.</li> <li>- Forças conservativas e energia potencial.</li> <li>- Limitação da conservação da Energia Mecânica e as forças dissipativas.</li> </ul>	11 horas-aula
4 <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A degradação da energia.</li> <li>- Potência e rendimento;</li> <li>- 2<sup>a</sup> Revolução Industrial (os motores elétricos).</li> <li>- Energia e o Eletromagnetismo.</li> <li>- Energia e a Ondulatória.</li> <li>- Energia e a Física Moderna e Contemporânea.</li> </ul>	4 horas-aula

#### Estratégias de avaliação

A estratégia de avaliação adotada com as duas turmas envolveu a realização de três avaliações individuais com consulta livre ao material próprio, sendo estas realizadas ao final da 1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> fases, valendo 30, 40 e 30 pontos respectivamente. Nestas avaliações foram incluídas muitas de nossas questões de pesquisa. A média que os estudantes do IEDP têm de alcançar por semestre, independentemente de seus desempenhos em trimestres anteriores, é 60 (sessenta). Caso esta média não seja alcançada são oferecidas recuperações, dentro do trimestre inicialmente, e se mesmo assim o estudante não alcançar a média, terá uma última oportunidade de recuperação no final do ano, no chamado “Pronto Socorro”, onde terá de realizar exames incluindo os conteúdos de cada disciplina que necessita recuperar.

#### Material didático

Foram sugeridos no início do ano letivo para as duas turmas de 1<sup>o</sup> ano dois títulos de livros que serviriam de apoio às aulas<sup>9</sup>. Como foi apenas uma sugestão, não sendo feita nenhuma cobrança para que todos adquirissem os livros de texto, poucos acabaram adquirindo. O professor entende que a proposta de trabalho como está estruturada permite que o estudante possa acompanhar às aulas através de anotações de sala de aula e material

<sup>9</sup> GASPAS, A. (2002). Física (vol.único). São Paulo: Ática. e TORRES et al. Física: Ciência e Tecnologia (vol.único). São Paulo: Moderna.

disponível para cópia, sendo a aquisição de livro, ou assinatura de revistas, consultas às páginas da internet, entre outros, complementares ao trabalho.

Assim, alguns textos, reportagens, listas de exercícios, resumos, e uma variedade de material selecionado e organizado pelo professor-pesquisador são colocados a disposição dos estudantes em uma pasta no setor de cópias do IEDP.

### 1ª Fase

Envolvendo as três primeiras semanas de setembro, quisemos começar esta implementação reforçando os aspectos históricos, filosóficos e sociológicos característicos da ênfase curricular adotada. No *primeiro encontro* com os estudantes (2 horas-aula), além de lhes apresentar a proposta de trabalho (planejamento curricular, estratégias de avaliação e material didático) também lhes foi apresentado o primeiro texto para leitura (ver Apêndice E.2: Quantidade de Movimento e Energia Cinética).

Este texto serviu como organizador prévio para esta primeira fase, sendo que a exposição oral deste texto foi feita pelo próprio professor-pesquisador neste primeiro encontro. O intuito inicial foi o de ressaltar os tópicos de Física que seriam abordados nesta primeira fase (quantidade de movimento e energia cinética) de um ponto de vista histórico e também apontar para onde seguiriam os estudos dali para frente. É dado destaque tanto ao princípio da conservação da quantidade de movimento quanto para o princípio de conservação da energia.

No *segundo encontro* com as turmas (1 hora-aula) foram definidos formalmente os conceitos de energia cinética ( $E_c$ ) e quantidade de movimento ( $Q$ ). Também foram esclarecidos suas unidades de medida e exemplificados alguns cálculos simples envolvendo as grandezas, de forma a destacar o caráter escalar da primeira e vetorial da segunda. No final da aula ainda foi apresentado um gráfico dando destaque para a dependência quadrática e linear, respectivamente, destas grandezas em função da velocidade (Figura 5).

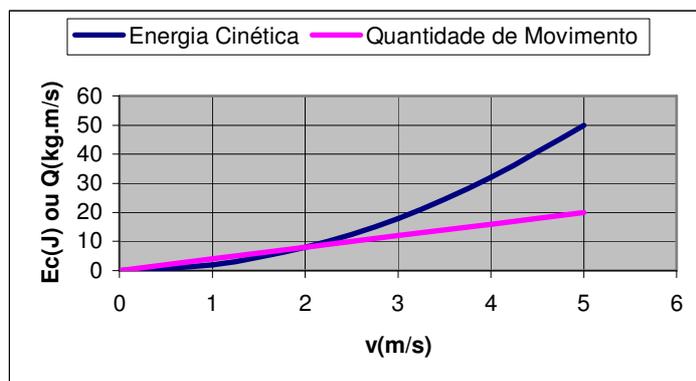


Figura 5 – Análise da dependência da Energia Cinética (parábola) e da Quantidade de Movimento (reta) em relação à velocidade para um corpo de 4kg.

No *terceiro encontro* (2 horas-aula) os esforços foram concentrados nas definições dos conceitos de trabalho ( $W$ ) e impulso ( $I$ ), procuramos evidenciar o fato de que enquanto o primeiro é resultado da ação de uma força ao longo do espaço, o segundo é resultado da ação de uma força ao longo do tempo.

Definimos trabalho como “o ato de transformar a matéria aplicando forças” e matematicamente como a multiplicação de duas grandezas vetoriais: a força pelo deslocamento ( $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$ ) de forma que o resultado é uma grandeza escalar medida em Joules (J). Destacamos, inclusive, que neste cálculo vetorial o ângulo ( $\theta$ ) entre os vetores força e deslocamento é fundamental para o cálculo do trabalho ( $W = F \cdot d \cdot \cos\theta$ ), destacando os casos de trabalho nulo ( $\theta=90^\circ$ ) e trabalho negativo ( $\theta=180^\circ$ ).

Definimos impulso como “o ato de modificar o movimento aplicando forças” e matematicamente como a multiplicação de uma grandeza vetorial por outra escalar: a força pelo tempo ( $\mathbf{I} = \mathbf{F} \Delta t$ ) de forma que o resultado é uma grandeza vetorial medida em N.s (mostrando sua equivalência com o Kg.m/s da quantidade de movimento).

Neste momento os estudantes já estavam em condições de resolverem alguns problemas simples, envolvendo tanto os conceitos de trabalho e impulso, quanto de energia cinética e quantidade de movimento. As dificuldades com a matemática variam de estudante para estudante, contudo, percebemos uma dificuldade mais generalizada no que diz respeito aos problemas que envolveram o cálculo da velocidade através da equação da energia cinética e uso dos sinais nos cálculos da quantidade de movimento total de sistemas de partículas. Alguns estudantes tiveram dificuldade para isolar a velocidade na equação da energia cinética, confundindo-se com o fato de a mesma estar elevada ao quadrado. Mais preocupante ainda foram as dificuldades associadas aos problemas de cálculo do trabalho que envolvia ângulos diferentes de  $0^\circ$  ou  $180^\circ$  entre os vetores força e deslocamento.

Na parte final do encontro, deixou-se um pouco de lado as dificuldades com a matemática e, buscando diversificar um pouco a abordagem, procurou-se familiarizar os estudantes com o uso de mapas conceituais<sup>10</sup>. O professor explicou os procedimentos básicos de utilização dos mapas usando como exemplos um mapa de cinemática e outro de dinâmica, comentados diretamente no quadro-negro. Como os dois assuntos já haviam sido estudados previamente os estudantes tiveram a oportunidade de reconhecer o significado lógico dos diagramas enquanto forma de expressar determinado assunto.

---

<sup>10</sup> “...diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina.” Moreira, M.A.(1992). Mapas conceituais no ensino de Física. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS.

Foi lhes solicitado então, para a próxima aula, que fizessem mapas sobre o que havíamos estudado até aquele momento sobre quantidade de movimento e energia cinética. Alguns exemplos dos mapas elaborados estão nas Figuras 6 e 7:

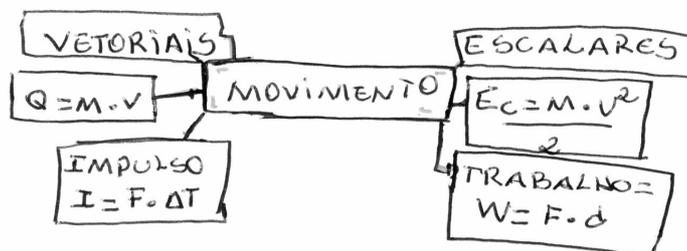


Figura 6 – Mapa conceitual sobre quantidade de movimento e energia cinética de um estudante 1º ano do IEDP

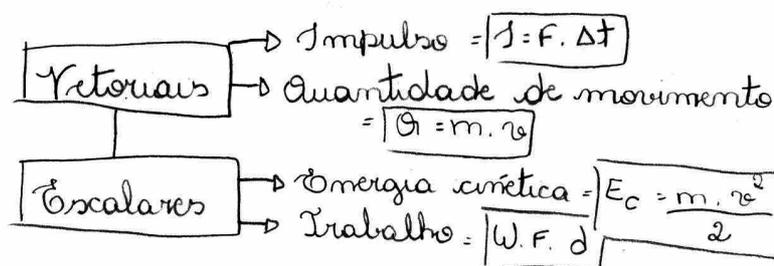


Figura 7 – Mapa conceitual sobre quantidade de movimento e energia cinética de um estudante 1º ano do IEDP.

Observa-se nestes mapas o destaque que recebem o caráter vetorial da quantidade de movimento, de um lado, e escalar da energia cinética, de outro. Resultado este que era desejado pelo professor-pesquisador nesta primeira aproximação.

No *quarto encontro* com as turmas (1 hora-aula) apenas apresentamos os gráficos de força por deslocamento e a forma como o conceito de trabalho pode ser calculado através da área sob a curva. E, de forma semelhante, como nos gráficos de força por tempo, o impulso também pode ser calculado através da área sobre a curva.

Neste encontro não avançamos mais, pois foi preciso retomar alguns exercícios que haviam ficado sem correção da aula anterior e os mapas conceituais também foram comentados. Percebemos então que alguns estudantes já estavam acompanhando com maior entendimento o paralelo que estava sendo feito, e esta relativa simetria lhes chamava a atenção. Isto também pode ser observado nos mapas das Figuras 6 e 7.

No *quinto encontro* (2 horas-aula) continuamos o paralelo apresentando o “teorema trabalho-energia cinética” e o “teorema do impulso”.

O teorema trabalho-energia cinética foi apresentado de forma a esclarecer que quando se realiza trabalho sobre um corpo se transfere energia a ele, o que faz variar sua energia cinética ( $W = \Delta E_c$ ).

O teorema do impulso foi apresentado de forma a esclarecer que quando se aplica um impulso sobre um corpo se transfere quantidade de movimento a ele de forma que esta grandeza varie ( $I = \Delta Q$ ).

Na seqüência foram apresentados alguns problemas exemplares pelo professor e encaminhados exercícios para serem discutidos em grupos pelos estudantes.

No *sexto encontro* (1 hora-aula) foi então apresentado o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento. Destacou-se neste momento o caráter geral deste princípio, válido para qualquer tipo de situação em que se considere um sistema de corpos isolados de forças externas. Foram trabalhados alguns exemplos básicos de colisões.

No *sétimo encontro* (2 horas-aula) realizamos uma discussão sobre os tipos de colisão e a validade do princípio de conservação da quantidade de movimento em todos eles. Destacamos o fato de que apenas nas colisões perfeitamente elásticas é que haveria também conservação da energia cinética, enquanto que nas colisões parcialmente elásticas haveria “perda” da energia cinética e nas perfeitamente inelásticas os corpos que colidem permaneceriam unidos após a colisão, ocorrendo a “máxima perda” de energia cinética.

Neste momento as turmas foram alertadas para o fato da energia não estar se “perdendo” no sentido de desaparecendo, ou de ser destruída, mas de estar assumindo outra forma que não a cinética, seja ela sonora, térmica, ou de deformação dos materiais. Com isso queríamos introduzir a idéia de conservação da energia, argumentando que a mesma não pode ser destruída ou criada, apenas transferida ou transformada de um tipo em outro.

Finalmente, foi apresentado o conceito de coeficiente de restituição ( $e$ ) como sendo a relação entre a velocidade relativa de afastamento (depois da colisão) pela velocidade relativa de aproximação (antes da colisão).

No *oitavo encontro* (1 hora-aula) os estudantes iniciaram a avaliação desta primeira fase. Esta foi dividida em duas partes: a primeira, valendo 15 pontos foi feita em aula, estava baseada na resolução de problemas e visou avaliar o domínio dos modelos matemáticos trabalhados através dos exemplos e das listas de exercícios; a segunda, buscou avaliar as concepções que os estudantes estavam formando sobre os principais conceitos: energia cinética, quantidade de movimento, conservação, de forma que lhes foi solicitada a elaboração de um mapa conceitual.

Nesta avaliação da primeira fase os problemas da parte presencial foram selecionados das provas do vestibular da UFRGS, pois gostaríamos de avaliar se a proposta curricular com ênfase em HFS atendia às expectativas da comunidade escolar de uma formação que, entre outras coisas, também oferecesse condições aos estudantes de se prepararem para as provas de ingresso no ensino superior.

Na Tabela 9 é apresentado o resultado relativo aos problemas da parte presencial (ver avaliação no Apêndice E.4). Percebe-se que, apesar dos problemas terem focado basicamente o modelo matemático, tratando apenas da parte operacional do princípio da conservação da quantidade de movimento (ou do momento linear como é utilizado na prova da UFRGS), os estudantes tiveram um desempenho global que correspondeu a uma média de acertos por questão igual a 48%. Se considerarmos que o foco do trabalho não estava na resolução deste tipo de problema, podemos considerar o resultado relativamente satisfatório. Acrescenta-se que durante a correção das questões em aula, acompanhadas pelas explicações do professor, muitos estudantes concordaram que teriam condições de terem ido melhor se tivessem “entendido” melhor os problemas. Gostaríamos de concluir, portanto, que é possível conciliar um projeto curricular com ênfase em HFS e que prepare para as provas do vestibular. Esta possibilidade continuará a ser avaliada em outros momentos.

Tabela 9 – Percentual de respostas do total de estudantes das duas turmas para cada uma das alternativas dos cinco problemas apresentados. Estão indicadas com um asterisco as alternativas corretas.

ALTERNATIVAS					
PROBLEMAS	A	B	C	D	E
1	12%	25%	8%	51%*	4%
2	20%	41%*	26%	3%	10%
3	10%	42%*	33%	12%	3%
4	11%	5%	38%*	35%	11%
5	68%*	20%	3%	3%	6%

Nos mapas conceituais elaborados pelos estudantes, ver exemplo na Figura 8, observa-se de forma geral que foi dado destaque às colisões. Em parte talvez isto se justifique por terem sido resolvidos muitos exercícios relacionados ao assunto, mas parece que o fato das colisões darem oportunidade de uma maior articulação entre os conceitos de energia cinética e o de quantidade de movimento foi o motivo principal. Esta, de certa forma é uma associação positiva, mas por outro lado, o mapa mostra que o estudante não deu a relevância esperada para o princípio de conservação da quantidade de movimento.

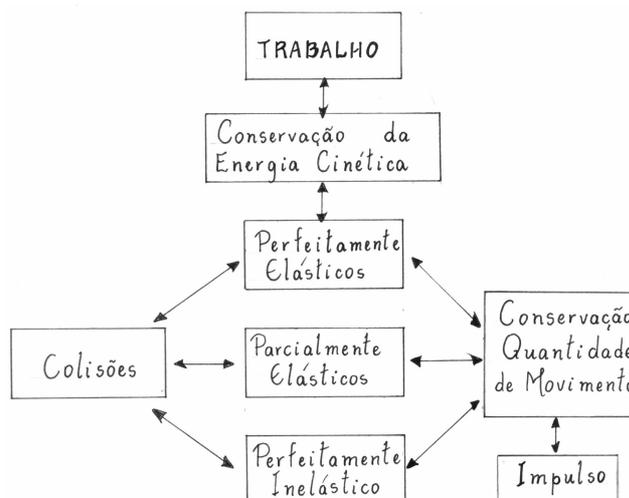


Figura 8 - Exemplo de mapas conceituais construídos pelos estudantes sobre quantidade de movimento e energia cinética.

No mapa da Figura 9 destaca-se a identificação de uma simetria entre os conceitos de impulso, quantidade de movimento, e tempo de um lado e trabalho, energia cinética e deslocamento de outro. Esta simetria foi observada em vários outros mapas, sendo provavelmente reflexo da forma como esta primeira parte da proposta curricular foi implementada, ou seja, houve claramente por parte do planejamento um interesse em se fazer um paralelo entre duas grandezas, inclusive do ponto de vista histórico. Assim, era esperado que os mapas em alguma medida expressassem tal característica. Característico destes mapas também é a identificação da quantidade de movimento como uma grandeza vetorial e a energia cinética como uma grandeza escalar. Ocorre aqui uma dificuldade no que diz respeito a uma referência ao princípio da conservação da energia. Faz-se referência à conservação da quantidade de movimento, sempre válida em qualquer tipo de colisão, e uma referência à conservação da energia cinética, válida apenas para as colisões perfeitamente elásticas, mas não se faz referência às situações de perda de energia.

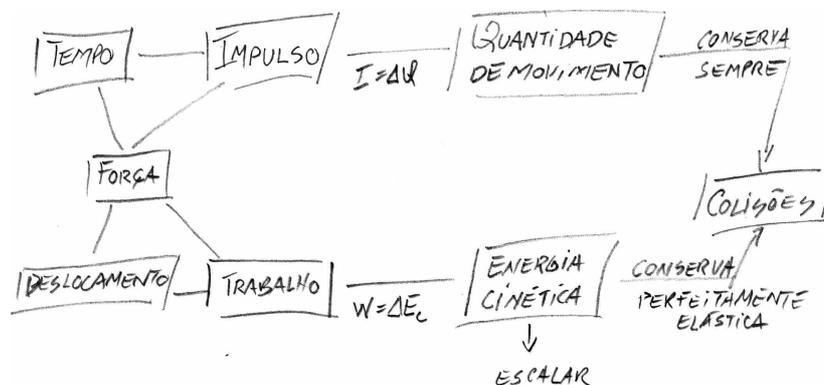


Figura 9 - Exemplo de mapas conceituais construídos pelos estudantes sobre quantidade de movimento e energia cinética.

O mapa da Figura 10 foi um dos poucos a expressar claramente os dois princípios de conservação, também demonstrou o paralelismo entre quantidade de movimento e impulso de um lado e energia cinética e trabalho do outro. Deu-se um destaque ao entendimento de que tanto a quantidade de movimento quanto a energia cinética são representações do movimento. Diferentemente da maioria dos outros mapas, este não fez referência às colisões, a não ser por algumas discretas referências junto ao conceito de energia usando os termos: sonora, térmica e deformação.

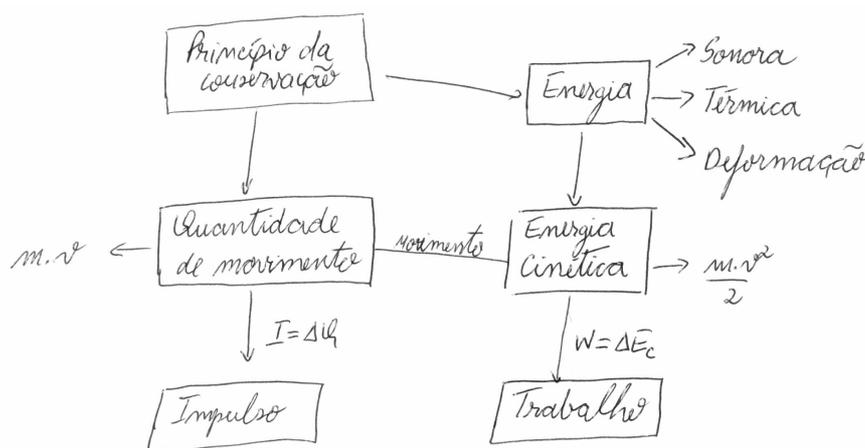


Figura 10 - Exemplo de mapas conceituais construídos pelos estudantes sobre quantidade de movimento e energia cinética.

Esta atividade com mapas se revelou bastante produtiva no momento em que o professor comentou seus resultados em sala de aula. Destacando alguns mapas, seus pontos positivos e negativos, e ouvindo dos estudantes algumas justificativas e questionamentos que sem dúvida contribuiriam para o melhor entendimento não só dos conceitos, mas principalmente das relações entre os mesmos.

## 2ª Fase

Estávamos nesta segunda fase tentando mudar o foco de nosso trabalho do estudo do movimento para algumas considerações sobre o calor. Isto estava de acordo com nossa intenção de dar oportunidade de uma construção mais abrangente do conceito de energia do que aquela associada apenas ao movimento. Assim, buscamos novamente o uso de um texto que servisse como organizador prévio para estas próximas fases, queríamos também manter clara a ênfase em HFS que havia ficado em segundo plano na parte final da primeira fase, onde o trabalho estava mais focado na aquisição de alguns conceitos básicos associados à análise das colisões e uma tentativa de primeira aproximação ao princípio de

conservação da energia – o que o trabalho com mapas revelou não ter surtido o efeito esperado, pois este princípio não havia recebido muito destaque por parte dos estudantes.

Buscamos, então, uma abordagem mais interdisciplinar, chamando a atenção para o significado do movimento iluminista, ocorrido na Europa durante o séc.XVIII, e para importância da introdução da máquina no processo de produção, que culminou na chamada Revolução Industrial. Sabíamos que este contexto histórico-cultural estava fortemente ligado com a emergência do conceito de energia e foi assim que sugerimos a leitura de dois capítulos do livro “História Moderna e Contemporânea”, de Pazzinato e Senise (1995) como organizador prévio para as próximas fases. Os capítulos sugeridos foram: Cap. 9 – A Revolução Industrial e Cap.10 – O Iluminismo. Havia exemplares do livro na biblioteca e um extrato dos principais trechos dos dois capítulos disponível no setor de fotocópias do IEDP.

Assim, neste *primeiro encontro* da segunda fase (2 horas-aula) os estudantes trouxeram seus mapas conceituais correspondentes à segunda parte da avaliação da 1ª fase, já comentada anteriormente, de maneira que ficou reservada a aula seguinte para entrega e comentário da avaliação a ser feita pelo professor. Dando seguimento às atividades o professor deu uma aula expositiva destacando alguns tópicos constantes no texto de história que se pretendia servir de organizador prévio. Estes destaques podem ser resumidos como segue:

- A importância social e econômica da substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico realizado pelo aparecimento de máquinas modernas, mais rápidas, regulares e precisas. Procurando evidenciar aqui as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- Familiarizar os estudantes com o estudo do calor e de sua utilização nas máquinas térmicas, substituindo a energia muscular animal, ou a eólica e a hidráulica, como fonte principal para a produção e o transporte.
- Discussão sobre as principais inovações tecnológicas que levaram à Revolução Industrial:
  - o desde a “lançadeira volante” de 1733, peça manual que permitia fabricar mais rapidamente os tecidos, até o “descaroçador mecânico” de 1792, máquina que permitia separar o caroço da fibra de algodão, foram várias inovações tecnológicas que permitiram um grande crescimento da indústria têxtil e, conseqüentemente, uma revolução nas relações de trabalho;

- desde a primeira “máquina a vapor”, criada por Newcomen em 1712 e aperfeiçoada por James Watt em 1768, até “navio a vapor” (Fulton em 1807) e a “locomotiva a vapor” (Stephenson em 1814), foram também várias as inovações tecnológicas em torno das chamadas máquinas térmicas utilizadas nas indústrias e no transporte;
- Contexto filosófico-cultural característico do Iluminismo, onde se rompe com formas de pensar já consagradas, rejeitando a visão teocêntrica da Idade Média, estabelecendo a razão como único guia da sabedoria capaz de esclarecer qualquer problema, e possibilitando a compreensão e o domínio da natureza.

Como no *segundo encontro* (1 hora-aula) havia ficado reservado para a entrega e comentário sobre a correção da 1ª avaliação, esta segunda fase estava encerrada e ficava a expectativa de se ter oportunizado aos estudantes contextualizarem historicamente o trabalho que se seguiria em torno do conceito de energia.

### 3ª Fase

Nesta terceira fase pretendia-se dar oportunidade ao estudante de familiarizar-se com uma noção histórica e conceitual sobre a forma como se deu a emergência do conceito de energia, definitivamente vinculado à descoberta do princípio de conservação da mesma.

No *primeiro encontro* (2 horas-aula) procurou-se discutir os diversos processos de transformação que estavam chamando a atenção dos cientistas durante as quatro primeiras décadas do século XIX. Estas conversões entre as diversas formas de energia (ou como eram chamadas à época: entre as diversas “forças”) viriam a desempenhar um importante papel no estabelecimento do conceito de energia:

Tabela 10 – Lista ilustrativa de algumas conversões conhecidas até o final das quatro primeiras décadas do século XIX.

Ano	Pesquisador	Conversão
1768	Watt (1736-1819)	Térmica→cinética (máquina térmica)
1800	Volta (1745-1827)	Química→elétrica (pilha)
1820	Oersted (1777-1851)	Elétrica→magnética (eletroímã)
1821	Seebeck (1770-1831)	Térmica→elétrica (termopar)
1831	Faraday (1791-1867)	Magnética→elétrica (indução eletromagnética)
1840	Joule (1818-1889)	Elétrica→térmica (efeito joule)

A Tabela 10 constava em um texto que foi disponibilizado para os estudantes fazerem cópias (ver Apêndice B.1.2 - O Princípio de Conservação da Energia). Neste texto

foi destacada a idéia de descoberta simultânea do Princípio da Conservação da Energia. Esclarecemos que entre 1842 e 1847 este princípio foi publicamente anunciado por quatro cientistas europeus vivendo em locais diferentes – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz, de forma que todos, exceto o último, estavam trabalhando em completa ignorância uns dos outros. Apesar de terem chegado de formas diferentes à idéia de conservação, não chegaram ao mesmo tempo, mas chegaram de forma independente, o que sugere uma simultaneidade “relativa”. O texto ainda dava destaque aos principais fatores que contribuíram para que estas descobertas se dessem dessa maneira.

Alertamos também para o fato do princípio de conservação ter sido descoberto em meio ao surgimento de um novo campo da Física, a Termodinâmica, resultado, justamente, da integração de dois outros campos anteriormente separados: a mecânica e o calor, sendo, justamente, as contribuições de um e outro tipo de saber que contribuiu para a descoberta da conservação.

Esperava-se, portanto, que a idéia de que existe uma grandeza chamada energia, passível de ser medida através de diversos processos de transferência e transformação, e que, por não poder ser criada ou destruída, deveria se conservar, não tivesse de ser admitida de forma arbitrária, mas que fosse relacionada com o contexto histórico-cultural propício para sua formulação.

Este texto foi bastante cansativo e difícil de ser trabalhado, havia um certo desinteresse sobre o assunto, talvez devido à forma como o texto estava escrito, num estilo muito acadêmico, mas entendemos que, apesar do texto, o papel do professor em apresentar tópicos de História da Ciência é bastante relevante. Uma apresentação muito técnica por parte do professor torna o assunto enfadonho, de forma que se ele conseguir “temperar” o assunto com notas biográficas e outras curiosidades históricas o nível de motivação e atenção tende a aumentar. Contudo, “contar histórias” não é uma prática comum no ensino de Física, o que nos levou a buscar uma melhor preparação neste sentido em outros momentos.

O *segundo encontro* (1 hora-aula) foi iniciado com uma definição descritiva do conceito de energia:

“Energia é uma propriedade de todos os sistemas, manifesta-se de diferentes formas, e em função dela estes sistemas podem transformar-se, modificando sua situação ou estado, ou ainda agir sobre outros sistemas, originando, assim, processos de transformação ou transferência de energia. É uma propriedade relativa, dependente de um referencial, e se este for fixado, ela deverá se conservar.”

Esta definição foi apresentada e discutida a partir do detalhamento do significado dos termos acima sublinhados e do uso de alguns exemplos do dia-a-dia relacionados à transferência e transformações da energia. Também foi disponibilizado aos estudantes um mapa conceitual elaborado pelo próprio professor-pesquisador acompanhado de um texto esclarecendo muitos destes conceitos constantes na definição que apresentamos (ver Apêndice E.3)

O *terceiro encontro* (2 horas-aula) iniciou-se com a abordagem das concepções de forças conservativas e de energia potencial ( $E_p$ ). A energia potencial foi destacada como uma energia acumulada, dependente da posição em relação a um referencial e da configuração do sistema. Destacamos o papel da força gravitacional e da força elástica como forças conservativas que permitiriam a energia se manter sob a forma potencial. Resolvemos alguns problemas exemplares envolvendo cálculo do trabalho (já definido anteriormente junto com o estudo do impulso) necessário para se elevar os corpos identificando-o como sendo igual à variação da energia potencial gravitacional destes corpos. Tínhamos, portanto, a definição matemática da energia potencial gravitacional ( $m.g.h$ ). Não definimos e nem realizamos cálculos com a energia potencial elástica neste momento.

Focamos, na segunda parte da aula, o estudo sobre a energia mecânica ( $E_m$ ). Alertamos os estudantes para este foco, esclarecendo que estávamos nos dedicando a um tipo específico de energia associada ao estudo do movimento. Seguimos, através de uma aula expositiva, retomando o conceito de energia cinética e reforçando seu caráter relativo, dependente do referencial. Estávamos agora em condições de definir o conceito de energia mecânica de um corpo como sendo a soma da componente cinética e potencial deste corpo ( $E_m = E_c + E_p$ ). Além disso, queríamos caracterizar como um caso especial do princípio universal da conservação da energia, o chamado “princípio de conservação da energia mecânica”.

Destacamos, então, que a conservação da energia mecânica ocorreria apenas se não houvesse interferência de algum tipo de força que não fosse conservativa. Se atuasse sobre o sistema as chamadas forças dissipativas a energia mecânica não se conservaria. A partir daí seguiram-se alguns exemplos da ação de forças dissipativas e da não conservação da energia mecânica.

No *quarto encontro* (1 hora-aula) trabalhamos apenas sobre a resolução de alguns problemas sobre conservação da energia mecânica incluídos em uma lista de exercícios entregue aos estudantes.

No *quinto encontro* (2 horas-aula) terminamos de discutir algumas questões e problemas sobre conservação da energia mecânica e passamos para a apresentação de uma definição da energia potencial elástica ( $\frac{1}{2}kx^2$ ). Foram resolvidos alguns problemas na lista envolvendo “sistemas elásticos”, incluindo uma discussão sobre o papel do atrito como força dissipativa (não conservativa).

Foi destacado como a “perda” de energia através de calor, resultado da transformação da energia cinética em térmica, não viola o Princípio de Conservação da Energia, apresentando neste momento a idéia de degradação. Assim a energia dissipada pelo atrito, não foi destruída, apenas transformada em um tipo de energia que não pode mais ser utilizada para produzir movimento como ocorre com a potencial, diz-se que a energia então se degradou sem deixar de se conservar. Esperávamos com isto dar significado a concepções cotidianas como as de que a energia se gasta ou consome, associando estas concepções à lógica da degradação.

O *sexto encontro* (1 hora-aula) foi reservado para a realização de uma revisão dos assuntos desta 3ª fase acrescentando ainda os conceitos de potência e rendimento de maneira qualitativa apenas.

O *sétimo encontro* (2 horas-aula) envolveu a avaliação de toda a 3ª fase. A atividade proposta era individual e com consulta ao seu próprio material, valia 40 pontos e foi realizada de forma presencial em sala de aula. Consistiram de 10 questões valendo 4 pontos cada uma abrangendo desde questões histórico-conceituais até a resolução de problemas utilizando-se dos modelos matemáticos relativos à conservação da energia mecânica.

No Apêndice E.5 encontra-se a avaliação na íntegra, a seguir comentaremos os resultados gerais obtidos pelas duas turmas em conjunto. Nossa análise englobará às questões conforme o tópico abordado:

- *Concepção de ciência*

Nas questões 9 e 10, abertas e descritivas, procuramos dar oportunidade aos estudantes de explicitarem a concepção que desenvolveram sobre ciência.

Na questão 9 se questionou o fato de terem sido ou não as mesmas observações que levaram os quatro cientistas citados à chamada “descoberta simultânea” do Princípio de Conservação da Energia. Queríamos com isso avaliar se a ênfase que em aula o professor-pesquisador deu sobre o fato de que cada um destes cientistas chegou por procedimentos diferentes à mesma descoberta havia ficado clara para os estudantes. O destaque feito em aula se deu também no sentido de mostrar que a ciência não segue um método único. Nas respostas, a grande maioria

dos estudantes respondeu negativamente, assumindo que os cientistas chegaram por caminhos distintos à mesma descoberta, contudo, ao comentarem suas respostas demonstraram grande dificuldade de expressar adequadamente suas idéias, sendo que apenas um pequeno grupo (menos de 20% dos estudantes) conseguiu argumentar tomando como referência as biografias dos quatro cientistas (que constavam em um texto disponibilizado durante as aulas e que podia ser consultado junto com o restante do material próprio). No geral, associaram Mayer com a medicina e a cor do sangue e Joule com os estudos de calor. Colding e Helmholtz praticamente não receberam referências.

Na questão 10 o objetivo foi de avaliar se os estudantes concebiam os conceitos científicos como algo provisório que evolui ou como algo acabado e imutável. Novamente, a maioria respondeu adequadamente que o conceito de energia deveria evoluir, mas apenas um pequeno grupo (24% dos estudantes) fez comentários pertinentes.

*- Conservação da energia*

As questões 1, 4 e 7 abordaram a compreensão conceitual e operacional do princípio da conservação da energia. Na questão 1 se questionou sobre a conservação ou não da energia durante a colisão de uma bola que bate no solo e retorna até uma altura menor do que foi solta. A maioria dos estudantes argumentou que a energia não se conservava pois a bola não retornara ao mesmo ponto, ficando clara uma confusão ao interpretar a conservação da energia como sendo apenas mecânica. Contudo, um grupo correspondendo a 37% dos estudantes argumentou adequadamente que a conservação da energia ocorre sempre e que parte da energia da bola foi transferida para o solo.

Na questão 7 a idéia foi investigar a compreensão dos estudantes sobre as limitações da energia mecânica, questionando se ela sempre seria conservada. Concluímos que muitos estudantes realmente interpretaram mal a questão 1, pois na questão 7 tivemos um percentual de 58% dos estudantes respondendo corretamente que a energia mecânica não se conservará se houver atrito.

Por fim, na questão 4 se queria apenas desenvolver uma reflexão mais quantitativa sobre a conservação da energia com base em alguns exemplos de transformação. 83% dos estudantes responderam corretamente que a alternativa “b” seria impossível de ocorrer, pois era a única transformação que havia ocorrido aumento da energia. Os estudantes que responderam outras alternativas parecem não

ter interpretado corretamente a questão ou respondido em termos de conversões que eles entendiam não poderem ocorrer.

*- Visão sistêmica da energia potencia gravitacional*

As questões 2 e 3 visavam avaliar se os estudantes haviam desenvolvido a compreensão de que a energia potencial gravitacional não está acumulada nos corpos, sendo propriedade da interação gravitacional existentes entre eles. Na questão 2 se interrogou sobre o local do espaço onde estaria localizada a energia potencial associada a um corpo a uma certa altura do chão. Evidenciando talvez uma deficiência na forma como o professor-pesquisador conduziu este tópico durante a implementação, apenas 27% dos estudantes responderam corretamente que a energia está localizada no sistema terra-corpo, enquanto os demais responderam que estava localizada no corpo.

Na questão 3 se quis avaliar o uso adequado da determinação da energia potencial de algumas esferas de diferentes massas e a diferentes alturas que ao caírem, transferem esta energia para o solo, formando um buraco na areia úmida. 56% responderam que a esfera “B” solta do ponto mais alto faria o maior buraco e apenas 22% responderam adequadamente que seria a esfera “D”. Evidenciando aqui uma forte associação da energia potencial gravitacional com a altura em detrimento da massa. Alguns estudantes argumentaram que o fato das esferas terem sido apresentadas no desenho todas do mesmo tamanho os levou a desconsiderar a influência da massa por engano.

*- Degradação da energia*

As questões 5 e 6 envolveram cálculos associados à degradação da energia, e a questão 8 questionou diretamente sobre o significado deste conceito. A questão 5 exigia um cálculo com a conservação da energia mecânica e a 6, um cálculo com o teorema trabalho-energia cinética.

Na questão 5 apenas 46% dos estudantes chegaram adequadamente, apesar de alguns erros na exposição dos cálculos, à resposta correta na alternativa “B”. Os demais não foram capazes de equacionar corretamente a expressão de conservação da energia mecânica no início e no fim do movimento. Outros chegaram a partir corretamente da expressão de conservação  $E_{mi} = E_{mf}$ , mas não souberam interpretar corretamente a resposta.

Na questão 5 diminuiu para 34% os estudantes que souberam equacionar corretamente o teorema trabalho-energia cinética e chegar à alternativa correta que

era a “C”. Muitos estudantes tentaram resolver o exercício através da conservação da energia mecânica, mas não souberam interpretar as respostas que obtiveram.

Finalmente, na questão 8 perguntou-se o que o estudante entendia que acontecia com a energia quando ela se degrada. A maioria (76%) respondeu corretamente que ela assumia uma condição em que não podia mais ser utilizada. Poucos disseram que ela desaparecia ou era destruída. Sendo evidenciada a idéia de que a conservação estava presente para a maioria dos estudantes.

#### 4ª Fase

Nesta quarta e última fase da implementação aproveitou-se estas últimas 4 horas-aula para possibilitar aos estudantes uma visão mais abrangente do conceito de energia, destacando desde seu caráter unificador dentro da disciplina de Física, até sua relevância política, econômica e social para a sociedade moderna.

Destacou-se, inicialmente, dentro da ênfase em HFS o papel das transformações de energia durante a 2ª Revolução Industrial (1870-1914) com o surgimento de novas fontes de energia:

- a energia hidráulica, transformada em energia elétrica nas hidrelétricas (através do gerador elétrico inventado por Werner Siemens), alimentava indiretamente a maquinaria industrial (motor elétrico), a iluminação (através da lâmpada de filamento incandescente inventada por Thomas Edison) e os transportes (bondes);
- o petróleo, utilizado nos motores a combustão interna (invento de Nikolaus Otto) e na produção de um sem número de derivados nas chamadas refinarias.

Seguiu-se uma discussão a partir da energia radiante presente nas ondas eletromagnéticas, passando pelas descobertas associadas à radioatividade, os raios catódicos, os raios-x, até se comentar a relação entre massa e energia estabelecida pela Teoria da Relatividade e a quantização da energia estabelecida pela Mecânica Quântica. Tudo abordado de maneira descritiva, sem maiores definições formais ou uso de modelos matemáticos, visando apenas familiarizar o estudante com tópicos que ele deverá aprofundar nas séries seguintes do ensino médio.

A avaliação solicitada nesta última etapa foi uma dissertação abordando o conceito de energia e a forma como os estudantes entenderam que se processa a construção do conhecimento científico. Solicitamos também que os estudantes fizessem comentários sobre a forma como o assunto foi tratado em aula, abordando pontos positivos e negativos.

Percebeu-se através destes textos que a maioria dos estudantes tentou manifestar uma concepção de ciência, que na verdade já vinha sendo trabalhada pelo professor desde o

início do ano, identificando-a como dependente do contexto histórico, e que por isso suas teorias e conceitos são provisórios, podendo ser revistos a qualquer momento. Frases como “...o conhecimento científico não é definitivo, ele pode ser reformulado pelo homem a todo instante...”, “...a ciência é criada através de revisões do que já se sabia em comparação daquilo que se descobriu”, mostram, pelo menos, a adoção de um discurso em torno do caráter mutável do conhecimento científico, o que era um dos objetivos desta proposta curricular.

#### V.1.2 – ÊNFASE NA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

Com a mesma disposição de buscar alternativas à forma tradicional de se introduzir o conceito de energia no ensino médio, este projeto curricular foi implementado na expectativa de servir como um contraponto também ao projeto curricular anteriormente apresentado e implementado em um contexto escolar bastante distinto do que vamos relatar agora.

Na experiência anterior a ênfase adotada foi em HFS, focando principalmente aspectos científicos próximos do saber disciplinar da Física; como é o caso das contribuições da história da ciência e da epistemologia, inovações curriculares que não estavam presentes em nenhuma outra disciplina. Aqui optamos por uma ênfase que apontasse para um currículo ainda mais interdisciplinar, considerando componentes curriculares que são inclusive abordadas por outras disciplinas: Química, Biologia e, principalmente, neste caso, a Geografia.

Assim, como alternativa curricular para introdução do conceito de energia no ensino médio, é que implementamos este projeto curricular focado na temática das fontes de energia, com uma ênfase em CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Pretendemos que esta opção, ao mesmo tempo em que se identifique mais com o que está proposto nos atuais PCNEM (Brasil, 1999), também se aproxime mais do estudante, dialogando com ele através de experiências e exemplos de seu cotidiano, adotando uma abordagem mais problematizadora (Delizoicov, 2001 e Delizoicov e Angotti, 1992), e viabilizando uma melhor alfabetização científica e tecnológica.

A implementação ocorreu com cinco turmas do 1º ano do ensino médio noturno do Instituto de Educação Riachuelo (IER). Foram utilizadas três horas-aula semanais de 45 min. destinadas à disciplina de Física no período correspondente aos meses de outubro e novembro de 2004.

## PERFIL DAS TURMAS INVESTIGADAS

Os estudantes das turmas investigadas são, em sua maioria, jovens e adultos que precisam compatibilizar o trabalho do dia com a aula da noite (do total de estudantes que se mantinham freqüentes até o 3º trimestre, aproximadamente 60% trabalham ou se ocupam com atividades da casa). Com uma vida escolar bastante acidentada, envolvendo afastamentos da escola e reprovações, boa parte deles apresenta sérias deficiências referentes à formação recebida durante o ensino fundamental, principalmente no que se refere à Língua Portuguesa e à Matemática. Muitos destes estudantes estão afastados há muito tempo da escola, outros vêm de uma aprovação nas provas do supletivo da Secretaria de Educação e Cultura do Estado (SEC); o que nos últimos anos vem se tornando apenas uma forma rápida dos estudantes conseguirem eliminar algumas disciplinas, pois a falta de fiscalização adequada tem levado muitos deles, mesmo não dominando os conhecimentos básicos das disciplinas, à aprovação. Isto acaba por caracterizar um perfil de estudante que apesar de estar no ensino médio não domina temas básicos do ensino fundamental.

Este perfil de estudante requer um planejamento curricular que não se concentre demais em uma abordagem propedêutica e matematizada, ainda muito comum no ensino de Física, pois esta parece ser, de forma geral, além de pouco motivadora, talvez uma das principais responsáveis por altos índices de evasão. Na Tabela 11 destacam-se estes dados: evasão, cancelamentos e, ainda, algumas poucas transferências, que no geral acabam por afetar mais da metade dos estudantes.

Tabela 11 – Distribuição dos estudantes na disciplina de Física do 1º ano do ensino médio noturno no ano 2004 do IER e índices de evasão.

Turmas	Nº estudantes matriculados no 1º Trim. de 2004	Transferência, evasão e cancelamento	Freqüentes no 3º Trim.	Número de aprovados na disciplina de Física
112	60	33 (55%)	27	18
113	55	22 (40%)	33	24
114	57	26 (46%)	31	24
115	52	24 (46%)	28	19
116	55	28 (51%)	27	19

Conforme dados do INEP/2004, o ensino básico já ultrapassou cinquenta milhões de matrículas, sendo cerca de dez milhões só no ensino médio. Estes dados revelam um aumento na demanda no nível médio fazendo com que estes estudantes constituam um quadro de grande diversidade no que diz respeito ao perfil sócio-econômico e etário.

Este perfil de estudante que caracteriza estas turmas sempre foi sub-representado nesta etapa da escolaridade, pois mal conseguiam concluir o ensino fundamental. Agora que chegaram, requererem um olhar diferenciado para sua escolarização, que considere principalmente suas condições prévias para a aprendizagem e a relevância de um planejamento curricular mais contextualizado com o seu dia-a-dia e com suas expectativas futuras, que são bastante distintas da dos adolescentes.

#### JUSTIFICATIVAS DA PROPOSTA CURRICULAR

As turmas já haviam trabalhado durante os dois primeiros trimestres conteúdos relativos à cinemática e à dinâmica, demonstrando muita dificuldade no uso de modelos matemáticos para a resolução de problemas. Mesmo utilizando uma abordagem mais conceitual, pouco matematizada, mas focada ainda nos conceitos básicos da disciplina de Física, o professor sentiu ao longo destes dois primeiros semestres muito pouca motivação por parte dos estudantes. Buscávamos, portanto, uma abordagem no ensino de Física que se mostrasse mais atraente e que os motivasse mais.

A ênfase curricular em CTSA está associada a uma visão mais contextualizada do ensino médio, caracterizando bem o estudo de temáticas, o que sugere um trabalho interdisciplinar. Foi assim que, buscando uma forma alternativa de apresentar o conceito de energia, optamos por um trabalho voltado para o tema das fontes de energia. Sendo um tema fortemente presente nos meios de comunicação e, portanto, familiar para os estudantes, procuramos através de uma abordagem interdisciplinar trazê-lo de forma significativa para os mesmos, problematizando-a na tentativa de se aproximar de forma mais qualitativa do conceito científico de energia.

No estudo dos combustíveis, por exemplo, foi possível contar tanto com as contribuições da química para o entendimento de como se dá a industrialização e o consumo de combustíveis fósseis, como as etapas do ciclo do carbono associada à sua ação poluidora.

As contribuições da biologia ajudaram a esclarecermos o papel da fotossíntese na transformação natural da energia solar em energia química presente nos vegetais, conhecimento básico para o entendimento tanto da origem da energia dos combustíveis fósseis como daqueles que, após uma posterior transformação e industrialização (energia da biomassa) fornecem-nos os combustíveis alternativos como o álcool e o biodiesel.

De outro lado, o entendimento tecnológico envolvido na geração de eletricidade, a partir da energia hidráulica, térmica ou eólica, só foi possível antecipando-se através de uma abordagem descritiva das transformações envolvidas dentro de um gerador, saber associado à disciplina de Física no 3º ano do ensino médio.

Estes saberes da química, da biologia e da próprio currículo de Física são fundamentais para se compreender as formas básicas de utilização da energia, caracterizando, com isso, uma possível aproximação interdisciplinar da área de Ciências da Natureza à temática das fontes de energia.

Avançando nesta proposta interdisciplinar, um segundo movimento nos remete àquilo que os próprios PCNEM (Brasil, 2002, p33) destacam:

*“É preciso investigar e compreender, além das contas domésticas de luz ou de gás, também a matriz energética, que relaciona os setores sociais que demandam energia, como indústria, comércio, transporte ou residências, com as diferentes fontes de oferta, como petróleo, gás natural, hidreletricidade, termoeletricidade, carvão mineral ou vegetal. É preciso, ainda, levar em conta os impactos ambientais e os custos financeiros e sociais das distintas opções energéticas, temas fronteira com a Economia e Geografia, da área de ciências humanas.”*

Ou seja, não só os conhecimentos comuns às Ciências da Natureza podem ser integrados nesta abordagem interdisciplinar, como também os da Área de Ciências Humanas. O acompanhamento da atual política energética do país e o nível de sustentabilidade deste projeto é fundamental para o estabelecimento de uma cidadania comprometida com uma visão ecológica e social que garanta o bem estar futuro tanto da vida, quanto do homem em sociedade.

Solbes e Vilches (2000, p.339) relacionam alguns tópicos associados à este tipo de ênfase curricular, sugerindo que, entre outras coisas, os estudantes:

- a) tenham uma visão adequada dos principais problemas enfrentados pela humanidade atualmente, quais suas causas e quais as medidas que dentro das contribuições da ciências e da tecnologia podem ser adotadas para equacioná-los;
- b) tenham consciência da influência da sociedade e de interesses particulares sobre os objetivos das ciências e da tecnologia;
- c) tenham condições de avaliar os impactos tanto sociais quanto ambientais do desenvolvimento científico-tecnológico;
- d) sejam capazes de traduzir os argumentos teóricos em comportamentos éticos e tomadas de decisões políticas em benefício da maioria.

### IMPLEMENTAÇÃO

Como o objetivo desta implementação foi o de oferecer aos estudantes uma abordagem de caráter mais interdisciplinar e contextualizado, optamos por uma ênfase curricular voltada para as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O foco da proposta está na problematização das principais fontes de energia da atualidade: destacando as renováveis das não-renováveis, investigando a tecnologia

envolvida no uso da fonte, os envolvimento econômicos e sociais, além das consequências ambientais.

Analisando as fontes investigam-se também qual a atual distribuição dos recursos energéticos no planeta e a geopolítica envolvida na gestão e no uso destes recursos. Os atuais debates sobre redução do consumo de energia e uso de fontes renováveis, sustentabilidade e outras questões sócio-político-ambientais associadas ao uso da energia.

A implementação do projeto curricular pode ser dividida em duas fases:

- a primeira, de 12 horas-aula, foi desenvolvida pelo professor através de aulas expositivas e apresentação comentada de materiais impressos e de vídeos, servindo para a problematização de conceitos básicos sobre energia e a articulação de algumas informações e idéias centrais relacionadas às fontes de energia;
- e a segunda, de 8 horas-aula deu mais destaque à participação dos estudantes, envolvendo apresentação de seminários, finalização de textos e realização de avaliações escritas e presenciais.

Nesta segunda fase, o trabalho dos grupos foi dividido em torno de sete diferentes tipos de fontes de energia:

*Não renováveis*

1. Urânio ( $U_3O_8$ )
2. Combustíveis Fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural)

*Renováveis convencionais*

3. Biomassa I (cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal)
4. Hidráulica (incluindo as Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs)

*Renováveis não-convencionais*

5. Biomassa II (óleos vegetais carburantes ou biodiesel)
6. Eólica
7. Solar

Material didático

Como a disciplina não adota nenhum livro de texto, o material organizado pelo professor é disponibilizado aos estudantes no setor de fotocópias. Foi assim organizado um material abordando os principais tópicos tratados na 1ª fase da implementação, incluindo listas de exercícios, mapas conceituais, questionários e textos para leitura.

Para facilitar a pesquisa foram disponibilizadas pastas com textos e reportagens, de jornais, revistas, livros, impressos ou da internet, sobre cada uma das sete fontes de energia trabalhadas. Este material estava disponível para consulta na biblioteca do IER, justamente

para suprir deficiências tanto da biblioteca no que se refere a materiais impressos e atualizados sobre esta temática, como dos estudantes que, em sua maioria, não dispunham de acesso às informações pela internet.

Além disso foi também utilizado um vídeo com um documentário realizado pelo GNT (canal da TV por assinatura da NET) denominado “Energia, Energia”, parte de uma série denominada “Heróica Natureza”.

#### Estratégias de avaliação

Foram encaminhadas três atividades de avaliação:

1. *Apresentação de Seminários*: as turmas foram divididas em grupos de 3 a 5 estudantes e, através de um sorteio, foram distribuídos temas de pesquisa envolvendo cada uma das sete fontes de energia trabalhadas. Com um prazo de aproximadamente 1 mês os grupos preparam uma apresentação de 20 a 30 min. valendo 30 pontos.
2. *Produção de textos jornalísticos*: foi também solicitado para os grupos a elaboração de um texto informativo, complementando e resumindo o que foi trabalhado em aula, valendo outros 30 pontos.
3. *Testes de papel e lápis*: ao final ainda foi realizada uma atividade envolvendo questões abertas e fechadas sobre as diversas fontes de energia trabalhadas valendo os 40 pontos finais.

#### 1ª Fase

Desenvolvida através de aulas expositivas pelo próprio professor-pesquisador, esta primeira fase contou com todo o mês de outubro, com um total 12 horas-aula distribuídas em 8 encontros com cada uma das 5 turmas. A postura do professor durante sua exposição foi sempre na tentativa de primeiro problematizar a temática tratada, instigando os estudantes a manifestarem seus pontos de vista, principalmente pelo fato de que após os primeiros encontros os grupos já haviam começado suas pesquisas e podiam contar com algumas informações e idéias estabelecidas a partir delas.

O relato que agora faremos busca traçar o roteiro geral seguido pelo professor-pesquisador, pois cada turma andou em um ritmo diferente, algumas turmas atrasaram um ou dois encontros por causa de atividades promovidas pelo IER e alguns feriados. Assim, mesmo com algumas diferenças, todas as turmas puderam ao longo desta primeira fase aproximar-se dos conceitos principais do ponto de vista da Física, no que se refere à energia, de uma forma bastante semelhante. Nossa expectativa era justamente a de instrumentá-los

teoricamente para que durante a elaboração dos textos e a apresentação dos seminários pudessem fazê-los utilizando uma linguagem enriquecida pelos conceitos científicos.

No *primeiro e segundo encontros* (3 horas-aula) a implementação foi iniciada utilizando-se o vídeo sobre fontes de energia como um organizador prévio. Neste vídeo se discute a crise associada tanto às limitações das reservas naturais quanto à poluição gerada com o uso dos combustíveis fósseis. Destacam-se as dificuldades enfrentadas pelo programa nuclear brasileiro e apresenta-se o uso de outras fontes de energia identificadas como sendo renováveis: o álcool, o biodiesel, as hidrelétricas, os aerogeradores, as células fotovoltaicas e as células de combustível a hidrogênio.

O papel do professor neste momento foi mais no sentido de despertar o interesse, chamar a atenção para a relevância da energia para a sociedade moderna e a diferença entre as fontes renováveis e não-renováveis. Nestes primeiros encontros o professor também apresentou a proposta de trabalho, com o planejamento curricular e as estratégias de avaliação previstas.

A reação das turmas, de um modo geral, foi positiva, mais positiva talvez no que diz respeito a temática do que à forma de avaliação. Apesar da maioria achar o assunto motivador e querer se informar mais sobre o mesmo, houve uma certa resistência quanto à apresentação de seminário. Duas turmas das 5 observadas tiveram a maioria de seus estudantes não concordando com avaliação através de seminário, preferindo aulas expositivas e avaliação através de provas. Foi necessária uma negociação envolvendo maior disponibilidade de tempo para reuniões em aula, devido, justamente, à dificuldade que os grupos teriam de se reunir fora do horário de aula para realizar a pesquisa, a fim de que fosse fechado um acordo. Estes acordos sobre as formas de avaliação e andamento curricular já faziam parte da prática do professor e haviam sido realizados no início do 1º e 2º trimestres também.

No *terceiro e quarto encontros* (3 horas-aula) o trabalho do professor foi mais no sentido de orientar o início das atividades dos grupos. Inicialmente foram apresentadas todas as sete fontes de energia que serviriam de tema para a pesquisa. Estas fontes foram apresentadas de forma a estabelecer melhor o foco, sugerindo-se que fossem adotadas quatro linhas de investigação:

1. origem da fonte e a forma como se encontram distribuídos os recursos naturais relativos às mesmas tanto no Brasil, quanto no Mundo;
2. processos tecnológicos envolvidos no aproveitamento destes recursos energéticos;

3. conseqüências ambientais associadas à geração, distribuição e consumo de energia;
4. problemas geopolíticos, sociais e econômicos associados ao uso destas fontes.

A fala do professor durante a apresentação de cada uma das fontes foi no sentido de destacar as principais idéias associadas a cada uma delas dentro das linhas gerais citadas acima. Também procurou familiarizar os estudantes, de forma bastante intuitiva e informal, com o uso de uma linguagem que utilizasse conceitos como os de: energia cinética, energia potencial, calor, energia elétrica, gerador, corrente elétrica, energia mecânica, energia interna, energia térmica, degradação, conservação, forças dissipativas, enfim, toda uma gama de conceitos comuns ao ensino de Física e a quem quer se referir a fatos relativos à energia fazendo uso adequado da linguagem científica.

Durante os momentos de problematização da temática, o professor-pesquisador procurou não reforçar nenhum tipo de concepção alternativa evitando tanto o uso inadequado da linguagem durante suas falas, como tecendo pequenos comentários às falas dos próprios estudantes. Como quando se referisse a algum tipo de “perda” ou “consumo” de energia teve o cuidado de comentar que ela não foi destruída, não desapareceu, mas se transformou, assumindo alguma outra forma de energia que é de “menor qualidade”, uma forma “degradada”, que já não pode ser utilizada para produzir novas transformações em nível “macroscópico”, mas que, contudo, poderia levar a transformações “microscópicas”.

Foi disponibilizado às turmas neste momento através do setor de fotocópias um texto introdutório do livro de Delizoicov e Angotti (1992), justamente, pelo mesmo usar esta linguagem dando uma visão geral da geração, distribuição e consumo de energia elétrica.

Os estudantes então, após a apresentação de todas as fontes, receberam, através de sorteio feito em aula, os temas para pesquisa. Os grupos foram organizados envolvendo de 3 a 5 estudantes de forma a que todas as sete fontes tivessem um grupo para apresentá-las.

Do *quinto ao oitavo encontros* (6 horas-aula) todo o planejamento foi no sentido de dar o apoio necessário para que o trabalho de elaboração dos textos de pesquisa e da preparação dos seminários pudesse ser o mais proveitoso possível. Para isso esperava-se dar oportunidade ao aprendizado de conceitos que, se bem compreendidos, pudessem ser utilizados para expressarem concepções e interpretações sobre a forma como se obtém, distribui, armazena e consome energia, e dos riscos e danos ambientais envolvidos nesse processo usando uma linguagem que expressasse adequadamente o pensamento científico. Mesmo porque durante estas 3 semanas os estudantes estavam precisando de apoio para prepararem as apresentações do seminário e também elaborarem os textos de maneira a

contextualizarem melhor suas pesquisas no seu cotidiano e articular melhor as informações encontradas na mídia, manuais, internet, etc. sobre o conceito de energia e suas fontes.

Assim, optamos por começar apresentando diretamente uma definição descritiva da energia: “Energia é a medida da capacidade que os sistemas têm de produzirem mudanças, de forma que após estas mudanças, mesmo conservando-se em sua medida, esta energia tenderá a assumir um estado mais degradado, ou seja, com menor capacidade de produzir novas mudanças em nível macroscópico”.

A partir desta definição introdutória esperávamos produzir uma série de exemplos e de interpretações que permitissem aos estudantes agregarem cada vez mais significado ao conceito de energia.

Iniciamos pelo conceito de *energia cinética*, esclarecendo ser esta uma forma de energia associada ao movimento dos corpos e que se manifesta em diferentes sistemas caracterizando diferentes tipos de energia. Assim, a energia eólica seria uma manifestação da energia cinética associada ao movimento das massas de ar, ou seja, os ventos; também a energia hidráulica seria uma manifestação da energia cinética associada com o movimento da água; finalmente definimos que a toda massa em movimento, com uma certa velocidade em relação a um determinado referencial, está associada uma energia cinética relativa a este referencial que poderia ser medida pela expressão:  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ .

Com a definição da energia cinética se identificou pela primeira vez o Joule (J) como sendo a unidade do S.I. (Sistema Internacional de Unidades) para energia. Mas que, apesar de ser a unidade de energia padrão, e bastante usual no estudo da mecânica, o Joule não é a única unidade de energia, e dependendo do tipo de sistema ou fenômeno envolvido, outras unidades são mais adequadas para representar energia. Se estivermos nos referindo à energia em nível atômico, o elétron-Volt (eV) seria mais adequado; para medidas de calor ou do valor energético dos alimentos a caloria (cal) é a mais usada; e para se medir o consumo de energia elétrica o quilowatt-hora (kWh) é mais usual. Os fatores de conversão entre estas unidades foram apresentados em uma tabela como a Tabela 12.

Tabela 12 – Parâmetros para conversão entre as principais unidades de energia.

DE \ PARA	eV	J	cal	kW.h
Elétron-Volt	1	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$3,827 \cdot 10^{-20}$	$4,450 \cdot 10^{-26}$
Joule	$6,242 \cdot 10^{18}$	1	0,2389	$2,778 \cdot 10^{-7}$
Caloria	$2,613 \cdot 10^{19}$	4,186	1	$1,163 \cdot 10^{-6}$
Quilowatt-Hora	$2,247 \cdot 10^{25}$	$3,600 \cdot 10^6$	$8,600 \cdot 10^5$	1

Foram, então, realizados alguns exemplos básicos de cálculo da energia cinética em Joules e depois convertidos para outras unidades para comparar os resultados com a experiência cotidiana que os estudantes têm das mesmas a fim de que pudessem começar a dimensionar melhor quanto vale 1 J; que descrevemos ao final como sendo o equivalente à energia necessária para levantar um corpo de 100g (uma maçã, por exemplo) de uma altura de 1m.

Destacamos, ainda, que todo o sistema com energia cinética em relação a outro está em condições de *transferir* esta energia cinética ao mesmo. Dependendo da forma como interagem estes sistemas é possível, inclusive, *transformá-la* em outros tipos de energia. Assim, numa colisão de dois corpos, um em movimento e outro em repouso, o que está em movimento transfere energia para o que está em repouso.

Dependendo da massa e da estrutura destes corpos, boa parte da energia transferida, poderá manifestar-se sobre a forma cinética no corpo que estava em repouso, mas alguma parte será *degradada*, ou seja, será transformada em outros tipos de energia: sonora, térmica, ou acumulada na deformação dos corpos sob uma forma potencial, que não poderá mais ser reutilizada. De qualquer maneira, independentemente do tipo de transferências ou transformações ocorridas a energia total envolvida deverá se *conservar*.

Assim, com este tipo de abordagem descritiva foram sendo trabalhados os diversos conceitos relativos a energia e sua conservação. Abríamos, com isso, caminho para o próximo passo que era evidenciar que a transferência de energia se faz através de uma *interação* e que estas interações ocorrem basicamente através de forças. Assim, se a força produzir mudanças macroscópicas - deslocamentos ou deformações nos corpos - diremos que se realizou *trabalho*, ou seja, transferência de energia. Trabalho, portanto, “corresponde ao ato de transformar a matéria aplicando forças”.

Assim, quando o vento faz girar as hélices de um aerogerador, ou a água faz girar as pás de uma turbina, tanto o vento como a água estão realizando trabalho e transferindo energia cinética para um gerador que a transformará em energia elétrica. Esta transformação foi destacada como de grande relevância, pois é a partir dela que se obterá quase que a totalidade da energia elétrica consumida atualmente nas sociedades modernas.

Foi então demonstrado, fazendo-se uso de um ímã, um bobina e um voltímetro, como o movimento relativo entre o ímã e a bobina pode produzir voltagens passíveis de serem medidas. Deixou-se claro a importância do movimento relativo entre o ímã e a bobina para que a voltagem aparecesse, justificando, inclusive, o porquê da corrente alternada disponível em nossas tomadas. O que se pretendia aqui não era uma antecipação de tópicos

do eletromagnetismo, mas uma aproximação qualitativa do tipo de transformação ocorrida dentro dos *geradores* das hidrelétricas, termelétricas, termonucleares e sistemas eólicos.

Passamos, então, a discutir a *energia térmica* definindo-a como sendo a manifestação de uma energia cinética microscópica, identificada com a agitação das partículas que compõe um determinado sistema. E ainda, que a medida da energia cinética média de todas as partículas que compõem determinado sistema nos dará uma medida do estado ou situação energética em que o mesmo se encontra, sendo a *temperatura* função desta medida.

Assim, da mesma forma que um corpo em movimento possui uma energia cinética associada à sua massa, o que lhe permitiria realizar trabalho ao interagir com outros sistemas, as partículas que compõe este mesmo corpo também possuem uma energia cinética que se manifesta microscopicamente, a qual denominamos de energia térmica, que lhes permite realizar “micro-trabalhos” ao interagir com outros sistemas. Estes micro-trabalhos, resultado de interações entre as partículas dos sistemas, serão então denominados de *calor*.

O calor, portanto, foi definido como “um processo de transferência de energia que ocorrerá devido, unicamente, às diferenças entre as energias cinéticas médias das partículas dos sistemas, ou seja, devido à diferença de temperatura”. Destacou-se que apesar dele poder se dar através destes micro-trabalhos resultantes das interações entre as partículas de dois corpos, quando denominaremos de *condução*, existem outras formas do calor ocorrer. Ele também pode se dar por *convecção*, isto é, pelo movimento de massas de fluidos (líquidos ou gases) com diferentes densidades, já que as massas de fluido aquecidas e menos densas tendem a subir, e as resfriadas e mais densas tendem a descer sob a ação do campo gravitacional<sup>11</sup>. Finalmente, acrescentou-se que o calor também pode se dar por *irradiação*, ou seja, pela emissão de ondas eletromagnéticas a partir de átomos energizados de um determinado sistema, sendo a luz do Sol um exemplo clássico de irradiação.

Procuramos também argumentar usando modelos microscópicos como o aumento da temperatura pode produzir aumentos de *pressão* em fluidos e estes, conseqüentemente, expandirem-se e realizarem trabalho. Isto é o que acontece nas usinas termelétricas ou termonucleares. O que faz girar a turbina destas usinas é justamente o aumento de pressão, devido à expansão dos fluidos aquecidos. Enquanto o calor nas termelétricas é produzido através da *combustão* de alguns materiais - carvão mineral ou vegetal, bagaço de cana, casca

---

<sup>11</sup> Também pode ocorrer devido a diferenças de pressão num gás. Sendo este movimento não necessariamente na vertical.

de arroz, gás natural – nas termonucleares é resultado da energia liberada com a *fissão* de núcleos atômicos.

A próxima argumentação girava em torno dos sistemas ditos *conservativos*, que têm condições de armazenar, acumular a energia sob a forma *potencial*. Sistemas gravitacionais, formados pela interação entre massas, acumulam energia potencial gravitacional ( $E_p = m.g.h$ ) da mesma forma que sistemas elásticos, formados pela interação eletromagnética entre as partículas do corpo, acumulam energia potencial elástica ( $E_p = \frac{1}{2}k.x^2$ ). Para se variar a energia potencial, seja ela do tipo que for, sempre será necessário realizar um trabalho sobre o sistema para alterar a configuração inicial do sistema sendo o valor deste trabalho igual à variação da energia potencial sofrida pelo sistema ( $W = \Delta E_p$ ).

Assim, a água represada no nível da superfície do lago da hidrelétrica possui, em relação às turbinas que estão na parte mais baixa e servem de referencial, uma diferença de energia potencial gravitacional que será convertida em energia cinética à medida que a água comece a descer em direção às turbinas.

Da mesma forma que podemos identificar uma energia potencial nas configurações macroscópicas entre corpos com massas (força gravitacional), também podemos nos referir a uma energia potencial relativa às configurações microscópicas presentes na estrutura interna da matéria que é formada basicamente por partículas carregadas (força eletromagnética). Quando ocorre uma reação química será a energia potencial presente neste tipo de ligação que liberará energia na reação (o que pode ser identificado como uma *energia química* presente nas substâncias). Muitos combustíveis acumulam nestas ligações eletromagnéticas entre suas partículas a energia que liberarão durante uma combustão.

Finalizamos definindo a *energia mecânica* ( $E_m$ ) como sendo um tipo de energia associada ao movimento dos corpos, medida em relação a um determinado referencial como sendo o resultado da soma das componentes cinética e potencial ( $E_m = E_c + E_p$ ). Para um referencial fixo, esta energia mecânica será conservada se sobre o corpo não atuarem *forças dissipativas* (atrito com o chão ou com o ar, por exemplo).

Caso existam forças dissipativas agindo a energia mecânica não mais se conservará, ela se degradará, contudo, a energia total do corpo e a vizinhança com a qual o mesmo interage se conservará sempre ( $E_{total} = cte.$ ). De forma que a diminuição da energia mecânica pode ser justificada pela energia térmica liberada e pelas deformações ocorridas tanto no corpo quanto na vizinhança (estas deformações manifestam-se inclusive sobre a forma de ondas mecânicas que transmitem a energia sonora).

Acrescentou-se ainda a definição da *energia interna* (U), que da mesma maneira que a energia mecânica, também tem duas componentes, uma cinética (associada à agitação das partículas, manifestando-se termicamente), e outra potencial (associada às ligações entre as partículas, manifestando-se durante as mudanças de fase de agregação, por exemplo).

Assim, podemos equacionar o Princípio da Conservação da Energia considerando que:  $E_{total} = E_m + U = cte$ , para um sistema isolado. Assim, a energia mecânica ( $E_m$ ) só se conservará se não atuarem forças dissipativas, que acabam realizando uma degradação da energia mecânica em outras formas, principalmente sob a forma de energia interna (U). Contudo, a energia degradada não desaparece, ela apenas se transforma em um tipo de energia de menor qualidade, com menor capacidade de produzir novas transformações em nível macroscópico, a chamada energia interna (U). Com isso, o balanço final da energia total ( $E_{total}$ ) continua equilibrado, garantindo a validade universal do Princípio Geral da Conservação da Energia.

Nesta parte final da primeira fase foi apresentado aos estudantes um mapa conceitual com a intenção de promover uma integração dos conceitos abordados. Este mapa conceitual e um texto de apoio com os principais conceitos tratados estão no Apêndice E.3.

### 2ª Fase

Nesta 2ª fase que se desenvolveu durante o mês de novembro com duração de aproximadamente 8 horas-aula foram apresentados os seminários pelos grupos de pesquisa e entregues os respectivos textos jornalísticos elaborados pelos mesmos destacando os pontos principais do tema pesquisado. Passaremos agora a fazer um relato geral dos resultados tanto das apresentações quanto dos textos produzidos para cada uma das 7 fontes trabalhadas buscando discutir as implicações curriculares das atividades.

Alguns grupos optaram por não apresentar o seminário entregando apenas os textos, e outros nem os textos entregaram, seja pelo fato da maior parte do grupo ter deixado de freqüentar as aulas ou pela falta de interesse mesmo em realizar a atividade, de forma que em algumas turmas nem todas as sete fontes puderam ser apresentadas pelos estudantes, ficando a apresentação de algumas a cargo do próprio professor-pesquisador.

A maior parte dos grupos teve como principal fonte de consulta o material disponibilizado pelo professor através de pastas que foram deixadas para consulta local na biblioteca do IER. Como já foi dito, estas pastas continham reportagens de revistas de divulgação científica (Superinteressante, Galileu, Ciência Hoje), textos extraídos da internet ou manuais de Física, material paradidático, recortes de jornais e dicas elaboradas pelo professor. Poucos foram os trabalhos que evidenciaram enriquecimento de suas pesquisas

com outros tipos de material de consulta. De certa forma isto reforça a relevância de se garantir o acesso ao material de consulta quando se faz atividades de pesquisa em grupo, principalmente em se falando em estudantes do noturno. Tanto a falta de tempo, por tratar-se de estudantes que trabalham de dia, como a própria dificuldade de acesso à informação, seja pela falta de materiais nas bibliotecas, ou de condições de uso da internet, por exemplo, faz com que a dificuldade apresentada com o trabalho extraclasse deva ser compensado com a facilitação do acesso ao material de consulta e disponibilidade de tempo em aula para reuniões dos grupos tratarem das atividades.

Passaremos agora a um relato geral, incluindo os resultados obtidos com todos os grupos das 5 turmas que trabalharam sobre o mesmo tema. Queremos, portanto, destacar quais foram os principais resultados do ponto de vista curricular, como já vínhamos fazendo na primeira parte deste relato.

### *Solar*

Identificada como a principal fonte primária de energia, envolveu explicações desde os processos de geração de energia das estrelas, a fusão nuclear, até os processos de aproveitamento da energia solar para o aquecimento de água e para a geração de energia elétrica (células fotovoltaicas).

Dos cinco grupos que apresentaram este assunto todos conseguiram dar destaque ao fato de que a quase totalidade das outras fontes de energia que estavam sendo tratadas por outros grupos eram fontes derivadas da energia solar. Neste sentido a fotossíntese, apesar de não ser explicada e discutida a fundo, foi lembrada como sendo o principal processo através do qual a energia solar é fixada sob a forma química nos vegetais, caracterizando a chamada energia da biomassa. Os próprios combustíveis fósseis foram lembrados também como resultado de transformações originárias da energia solar, pois estes combustíveis fósseis, apesar de o terem sido há muito tempo, já foram biomassa também. A energia eólica e a energia hidráulica também foram relacionadas com os processos de convecção na atmosfera e o ciclo da água, respectivamente, argumentando, sem entrar em muitos detalhes, que estes dois processos contam também com a energia vinda do Sol.

Outro tópico relevante abordado pelos grupos, mesmo que de forma incorreta em seus detalhes e equacionamentos, foi o da fusão nuclear. Aqui os grupos, influenciados por uma simplificação que o próprio professor fez em aula, apresentaram a fusão como um processo de união de núcleos atômicos que transforma massa em energia. No caso do Sol, argumentou-se que quatro átomos de hidrogênio unir-se-iam para formar um átomo de hélio,

e que nessa reação parte da massa seria transformada em energia e emitida sob a forma de luz (ondas eletromagnéticas).

Apesar dos equívocos contidos nesta explicação, entendemos que a identificação de que se trata de uma reação diferente, envolvendo não a queima (reação química de combustão) de algum material, mas um processo que permite gerar quantidades de energia muito maiores, acaba por lhes permitir uma primeira aproximação do assunto das reações nucleares que poderá ser aprofundado em outro momento tanto nas aulas de Física quanto de química.

Um dos grupos conseguiu enriquecer sua apresentação apresentando uma visão das estrelas do ponto de vista da astronomia, mostrando como o hidrogênio funciona como um combustível para as reações nucleares e que este fato garante às estrelas uma certa vida útil que dependerá muito da quantidade de hidrogênio que ela ainda dispõe, identificando o Sol como uma das muitas outras estrelas dispersas pelo universo e o hidrogênio como o elemento químico mais abundante. Esta discussão também serviu para deixar em aberto uma questão sobre outra forma de reação nuclear, a fissão, que seria tratada pelo grupo que abordará o Urânio como fonte de energia.

Na seqüência foram apresentadas as formas de uso da energia solar, desde as mais primitivas como a secagem de grãos até as mais modernas como a transformação em energia elétrica. Os maiores destaques foram para os sistemas de aquecimento de água, a maioria dos grupos não entrou em maiores detalhes sobre o funcionamento tecnológico dos dispositivos, preferiram abordar questões comerciais e de economia de energia elétrica. Um grupo detalhou alguns aspectos tecnológicos, destacando as características de isolamento térmico, do esquema geral de construção das placas de captação, e do papel da cor preta na absorção de maior energia. Nas outras situações o professor-pesquisador entrevistou colaborando com esclarecimentos sobre o funcionamento básico deste tipo de aquecimento, principalmente por se tratar de algo bastante presente no cotidiano da cidade.

Outro ponto de destaque foi a chamada célula fotovoltaica, abordada de forma geral como um dispositivo capaz de converter energia solar em elétrica e que não teve em nenhuma apresentação uma explicação mais detalhada em torno da tecnologia ali envolvida para produzir tal transformação. Foram trazidas para a sala de aula várias calculadoras solares para exemplificar e citados os altos custos envolvidos na fabricação destes dispositivos.

Finalmente, os últimos argumentos dos grupos foram em torno do fato da energia solar ser uma energia limpa e renovável e com grandes condições de uso no futuro, pois

atualmente seu aproveitamento é ainda muito pequeno. Houve um grupo ainda que destacou o uso bélico da fusão nuclear na chamada “Bomba H” e a tentativa de controle da fusão para uso pacífico em usinas que geram eletricidade.

### *Urânio*

Seguindo a ordem de apresentação que foi estabelecida pelo professor, os próximos grupos trataram de aprofundar um pouco a discussão sobre a energia liberada pelas reações nucleares, diferenciando melhor fusão de fissão.

Foram quatro grupos que apresentaram seminário sobre o Urânio como fonte de energia, em uma das turmas o próprio professor apresentou o assunto. Todos iniciaram caracterizando o urânio como um minério raro que precisava ser enriquecido para ser utilizado como combustível nas usinas nucleares de fissão, alguns fizeram cartazes identificando geograficamente onde estão as maiores jazidas do mundo. Só um grupo entrou em detalhes sobre os isótopos  $U^{238}$  e  $U^{235}$  e também sobre a forma como se dá a fiscalização internacional atue no processo de enriquecimento do urânio.

As explicações se seguiam focando as equações de fissão, o que quando tentado foi feito com muita dificuldade através de esquemas feitos no quadro negro ou apresentados através de cartazes sobre como ocorria a reação em cadeia. Aqueles grupos que tentaram explicar as equações conseguiram dar uma noção mais clara dos diversos produtos envolvidos nos processos de fissão do que aqueles que focaram suas explicações apenas sobre a lógica das reações em cadeia. Um único grupo justificou a liberação de energia como resultado da transformação da massa que ocorre durante o processo.

O passo seguinte foi tentar, de forma mais ou menos detalhada, explicar o esquema de funcionamento de uma usina termonuclear. As explicações dadas aqui envolveram bastante a lógica da transformação da energia: nuclear em radiante, radiante em térmica, térmica em cinética, cinética em elétrica. Um grupo apenas, tentou argumentar em torno da necessidade de conservação da energia gerada a partir da fissão, justificando que parte dela estava sendo degradada pelo sistema de refrigeração da usina. Um único grupo também se deteve na diferença entre a turbina e o gerador, identificando este último como o dispositivo responsável pela transformação da energia cinética em elétrica, havendo confusão sobre o papel de um ou outro nos demais grupos.

Como consequência da reação de fissão os grupos passaram a destacar os problemas relativos à radioatividade dos resíduos. Foram comentadas reportagens sobre acidentes com usinas nucleares, com destaque para o acidente de Chernobyl na antiga URSS; sobre os efeitos da radioatividade produzida por explosões de “Bombas Atômicas”, com destaque

para as bombas de Hiroshima e Nagasaki; sobre a dificuldade e os altos custos envolvidos na destruição e armazenamento dos materiais radioativos. Contudo, dois grupos apenas aprofundaram o assunto discutindo a origem da radioatividade enquanto partículas emitidas por átomos instáveis e suas conseqüências para a saúde humana. Um único grupo lembrou de acrescentar juntamente com os riscos da radioatividade os problemas relacionados com a poluição térmica das usinas nucleares, outro considerou a questão só a partir de um questionamento feito em aula.

Os grupos finalizaram abordando os prós e os contras do uso da fissão nuclear controlada nas sociedades modernas. Foram abordados desde os riscos de mau funcionamento até os relacionados a ataques terroristas. Abordaram também questões de caráter geopolítico, envolvendo o domínio de tecnologias; provavelmente, motivados por uma série de reportagens de jornais que estavam disponibilizadas nas pastas e que tratavam da postura do governo brasileiro de não ceder a pressões internacionais para que se revelasse a tecnologia utilizada no enriquecimento de urânio.

#### *Combustíveis fósseis*

Partindo de uma argumentação em torno do lento processo de formação a partir, principalmente, de algas marinhas depositadas e soterradas no fundo dos oceanos por milhões de anos, passando, assim, por transformações químicas devidas às altas temperaturas e pressões até chegar no que chamamos de petróleo. Também foram assim justificadas as formações do gás natural e do carvão mineral (associado mais com florestas fossilizadas). Foram em seguida apresentadas as principais reservas de petróleo, gás natural e carvão mineral, no Brasil e no Mundo e sugeridos diversos prazos de validade para o uso destas reservas.

Alguns argumentos geopolíticos em torno do controle das reservas de petróleo foram levantados, relacionando-os com as guerras do oriente médio. Este destaque sobre a inevitável crise associada à futura escassez destes combustíveis foi algo que o próprio professor destacou em suas exposições na primeira fase e que os cinco grupos deram repercussão. Apesar de não haver concordância sobre os prazos reais, muitos colegas se surpreenderam com a revelação de que a prevalência do petróleo, principalmente como combustível automotivo, pode estar inviabilizado em menos de quatro décadas.

Os esclarecimentos seguintes foram sobre o papel das refinarias e a forma como se dá a destilação fracionada do petróleo. A maioria dos grupos simplesmente listou os principais derivados do petróleo, dois grupos detalharam melhor no que consistiria a destilação fracionada, argumentando em torno dos diferentes pontos de ebulição das

substâncias presentes no petróleo bruto, o que permitiria a separação das mesmas. Nem todos os grupos tinham claro que os plásticos constituem um dos tipos de derivados do petróleo, e que pólos petroquímicos como o de Triunfo são responsáveis pelo tratamento adequado destes materiais.

O gás natural e o carvão mineral foram tratados como matérias primas que são utilizadas sem nenhum outro tratamento diretamente nas combustões para se obter energia térmica. O gás natural foi lembrado como sendo um recurso que o Brasil importa da Bolívia, sendo transportado através de um gasoduto. Já o carvão mineral foi lembrado como um recurso que oferece grandes custos para o transporte sendo, por isto, aproveitado geralmente junto às jazidas, principalmente em siderurgias e termelétricas.

O destaque no final das apresentações ficou por conta dos danos ambientais associados à queima dos combustíveis fósseis, como também àqueles advindos de problemas relativos ao transporte, principalmente no que se refere aos vazamentos de petróleo. Alguns grupos chegaram a fazer referências ao ciclo do carbono e sobre as reações químicas envolvidas desde a queima dos combustíveis fósseis até as reações que levam à chuva ácida. Outros ainda fizeram referência ao papel das emissões de gás carbônico com a intensificação do efeito estufa.

Um dos grupos destacou um programa do Ministério das Minas e Energia denominado de PROMIMP, que visa fazer da produção de petróleo e gás natural, transporte marítimo e rodoviário, refino e distribuição de derivados, oportunidades de crescimento para a indústria nacional de bens e serviços, criando empregos, gerando riquezas e divisas para o Brasil. E, ainda, maximizar a participação da indústria nacional de bens e serviços, em bases competitivas e sustentáveis, na implantação de projetos de óleo e gás no Brasil e no exterior.

### *Biomassa I*

Só três grupos apresentaram trabalhos sobre o papel do álcool como fonte alternativa de energia. Partiram de uma explicação sobre como o caldo de cana é transformado em álcool (etanol), e como isto pode ser feito a partir de vários outros vegetais: eucalipto (metanol), batata, beterraba, etc. Argumentaram tratar-se, portanto, de uma fonte renovável, extraída da biomassa, e com relevantes contribuições para o ambiente e a economia do país.

Destacaram o fato de que o álcool como combustível automotivo a ser usado em larga escala teve seus primeiros passos dados aqui no Brasil, através do Pró-Álcool. Foram levantadas várias questões do ponto de vista dos interesses de mercado e da política energética do país que levaram a um relativo fracasso do programa. Alertaram, contudo, para o fato de que o álcool complementa hoje a gasolina como combustível automotivo, pois

a legislação autoriza uma mistura de até 22% de álcool na gasolina. Apesar de não se ter a frota de carros a álcool que se chegou a ter no auge do Pró-Álcool, nos últimos anos o álcool vem novamente ganhando destaque no consumo de combustíveis automotivos no Brasil, inclusive pela participação crescente dos motores bi-combustíveis.

Destacaram que a alternativa do álcool não se coloca simplesmente pelo preço, pois tem um custo de produção até mais elevado que o da gasolina, mas devido também ao álcool ser um produto nacional que envolve geração local de empregos e alívio ambiental urbano, ele se torna mais sustentável, principalmente a longo prazo.

No que diz respeito aos ganhos ambientais, salientou-se ainda que além da queima do álcool poluir menos que a queima de combustíveis fósseis, o plantio da cana de açúcar ajuda a absorver parte do excesso de gás carbônico produzido nestas combustões, justificando-se isso em termos das reações químicas envolvidas na fotossíntese.

#### *Hidráulica*

A argumentação inicial dos grupos foi em torno do ciclo da água e do papel da energia solar e da força gravitacional neste ciclo. Destacou-se a importância das condições geográficas para o uso desta energia em uma comparação entre o consumo de energia elétrica pelos principais países do mundo.

Posteriormente foram feitas colocações sobre os cuidados e os danos ambientais ocasionados pela construção de barragens. O lago que se forma com o represamento do rio foi considerado o principal fator associado aos danos ambientais das hidrelétricas, também com danos sociais causados pela desapropriação de terras e o alagamento inclusive de cidades em alguns casos.

A energia potencial disponível na água represada se transforma em cinética ao longo da descida até as turbinas, esta energia cinética é transferida então para as turbinas que, por estarem ligadas mecanicamente a um gerador fazem com que este também gire com grande energia cinética. O gerador então terá condições de promover a conversão da energia cinética em elétrica.

Foi também destacado o papel das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em amenizar os danos ambientais produzidos pelas grandes represas e a relevância da energia hidrelétrica no contexto brasileiro. Destacou-se também a usina de Itaipu como sendo a segunda maior usina em atividade do mundo, superada recentemente por uma nova usina na China.

Um único grupo lembrou de comentar o problema do "apagão" e argumentar em torno dos problemas de falta de água devido a períodos de seca.

### *Biomassa II*

Três grupos apresentaram este assunto. Todos souberam associar às características geográficas e climáticas do Brasil as ótimas condições para o desenvolvimento do cultivo de culturas que viabilizem a produção do biodiesel. Ressaltaram tanto os ganhos ambientais como os sociais ligados ao aumento do emprego rural. Esta introdução teve grande conotação política para os grupos devido a um texto retirado do livro “O Poder dos Trópicos – meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira” (Vasconcellos e Bautista Vidal, 2001), que foi disponibilizado aos grupos através do material para pesquisa.

Seguiram, após esta introdução com argumentos geopolíticos, discutindo as principais culturas associadas ao biodiesel: a mamona, o girassol, a soja e o babaçu. Destacaram também o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) um importante instrumento para a diversificação da matriz energética nacional, que busca garantir maior confiabilidade e segurança ao abastecimento. O Programa, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estabelece a contratação de 3.300 MW de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), produzidos por fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), sendo 1.100 MW de cada fonte. Chamaram atenção, ainda, para as linhas de crédito especial que estão sendo oferecidas para aqueles agricultores que se interessam em investir nestas culturas.

Cada grupo acabou contribuindo com algum tema complementar sobre a biomassa. Um dos grupos destacou o papel do lixo como uma possível fonte de energia através do biogás por ele gerado. Outro destacou o papel dos alimentos como importante fonte de energia da biomassa para os seres vivos, discutindo alguns aspectos específicos do metabolismo humano.

### *Eólica*

Cinco grupos apresentaram o tema da energia eólica, dando destaque para o papel incipiente no Brasil do uso de aerogeradores para produção de energia elétrica, ressaltando os altos custos de instalação e os baixos custos de manutenção. Destacaram também o fato de que a energia eólica também é largamente utilizada para o bombeamento de água.

Deram destaque também para um parque eólico que está para ser instalado no município vizinho de Capão da Canoa, Osório. Trata-se do segundo maior parque eólico da América Latina, devendo contar com mais de 70 aerogeradores na sua etapa final de instalação.

A maioria dos grupos também exibiu cartazes que apontavam as regiões mais propícias para o uso da energia eólica no Brasil, destacando-se todo o litoral brasileiro como potencialmente importante do ponto de vista da regularidade dos ventos necessária a este tipo de geração de energia elétrica.

Os grupos finalizaram lembrando da característica da energia eólica como uma energia completamente limpa do ponto de vista ambiental, com prejuízos associados apenas à mortandade de aves que se chocam com os cata-ventos.

#### Avaliação final

No total das cinco turmas 113 estudantes fizeram a avaliação final, 13 provas, no entanto, foram desconsideradas por terem sido entregues em branco ou terem sido realizadas visivelmente de forma aleatória; seja por estarem todas as alternativas respondidas na mesma letra, por exemplo, ou pelo tempo que o estudante levou para realizar a avaliação.

Tabela 13 – Percentual de estudantes que assinalaram cada uma das 5 alternativas das 10 questões sobre fontes de energia da avaliação do Apêndice E.6.

QUESTÕES	A	B	C	D	E
01	06	76*	02	03	13
02	22	22	16	37*	03
03	18	26	06	42*	08
04	02	04	08	03	83*
05	38*	08	18	26	10
06	23	08	09	46*	14
07	10	14	14	12	50*
08	12	07	16	12	53*
09	06	08	10	68*	08
10	15	10	13	04	58*

Analisaremos o resultado desta avaliação agrupando as questões por tópicos, tentando avaliar tópico a tópico os resultados desta implementação.

#### *Hidreletricidade e ciclo da água*

Ao responderem sobre hidreletricidade e ciclo da água os estudantes atingiram uma média de acertos um pouco superior a 50% no conjunto das 4 questões (01, 02, 03, 07). A questão 01 foi trabalhada por todos os grupos ao utilizarem cartazes representando o esquema de funcionamento das hidrelétricas e seus principais componentes justificando talvez a boa média de acertos. Já na questão 07, apesar do problema ambiental associado aos grandes espelhos d'água formado pelo represamento nas hidrelétricas ter sido destacado

pelos grupos, parece que houve uma certa tendência a se assumir que as hidrelétricas não causam nenhum impacto ambiental.

Contudo, este grupo de estudantes demonstrou dificuldades na compreensão adequada do papel desempenhado pela turbina e pelo gerador no esquema da hidrelétrica. Muitos, no momento em que o professor-pesquisador comentou o resultado da avaliação em aula, evidenciaram confundi-los ou acharem que se trata da mesma coisa, não compreendendo a função do gerador como o dispositivo responsável por transformar a energia cinética rotacional em elétrica, assinalando as alternativas “A” e “B” que dão a entender ser a turbina a responsável por esta transformação.

Na questão 04 muitos argumentaram durante a correção terem assinalado as alternativas “A” e “B” pois elas afirmavam que as hidrelétricas não causam impactos ambientais, o que eles entendiam que estava correto.

#### *Combustíveis fósseis*

As questões envolvendo combustíveis fósseis se concentraram sobre a origem do petróleo (04 e 10). Na questão 04 se atingiu o maior número de acertos evidenciando-se que a origem do petróleo recebeu o devido destaque, principalmente no que diz respeito ao seu tempo de formação. Da mesma forma, a questão 10 teve um boa média de acertos chegando praticamente aos esperados 60%, o que muitos comentaram tê-los confundido na interpretação foi a dúvida de saber se o petróleo podia ser ou não extraído nos continentes. Algo que poderia ter se evitado se tivéssemos oportunizado aos estudantes mais imagens relativas aos postos de extração de petróleo, tanto das plataformas marítimas quanto das torres de perfuração continental.

#### *Fontes renováveis*

Nas questões 05 e 06, ao se avaliar a concepção de fontes renováveis entre os estudantes percebe-se novamente a presença de uma espécie de concepção alternativa, provavelmente construída durante o trabalho em sala de aula mesmo, que assume serem as usinas hidrelétricas livres de qualquer impacto ambiental.

#### *Energia Solar*

Na questão 08 foi abordada a tecnologia utilizada nos sistemas de aquecimento de água através da energia solar. Como esta questão havia sido pouco comentada pelos grupos que apresentaram o seminário, ela recebeu um certo destaque no momento em que o professor identificando que os grupos não a estavam tratando adequadamente intervia e fazia ele próprio alguns comentários. Destaque este que parece ter sensibilizado grande parte dos que estavam em aula.

### *Energia Nuclear*

A questão 09 abordou o esquema de funcionamento de uma usina nuclear, o que da mesma forma que nas hidrelétricas havia sido bem discutido pelos grupos através de cartazes. Como estes cartazes acabaram sendo alvos de algumas questões feitas por colegas ou pelo próprio professor-pesquisador aos grupos que estavam apresentando, foi possível obter-se este bom percentual de 68% de acertos nesta questão também.

## **V.2 – DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA DA ENERGIA**

Nesta segunda etapa de implementação, buscamos aprofundar o estudo sobre as possibilidades de desenvolvimento de um currículo de perfil interdisciplinar focando a temática da energia. Enquanto, na primeira etapa, nossa intenção foi a de abordar a forma como se introduz o conceito de energia no ensino médio em turmas de 1º ano, nesta segunda etapa procuramos avaliar outras possibilidades curriculares que dessem continuidade ao estudo do conceito de energia no 2º ano do ensino médio.

Como o professor-pesquisador já atuava com as turmas de 2º ano do IEDP não houve maiores problemas com relação a esta nova etapa de implementação neste Instituto. Já no IER houve uma negociação com a supervisão e colegas da disciplina de Física para que o professor-pesquisador pudesse assumir turmas de 2º ano a partir de 2005, pois em 2004 só atuava com turmas de 1º ano. Estas negociações foram positivas e o professor assumiu também turmas de 2º ano do IER.

Quando analisamos a forma como as instituições escolares constroem seus currículos, percebemos que, na maioria das vezes, se a instituição não tem um projeto curricular detalhadamente definido, vinculado ao uso de um material didático específico, por exemplo, os professores acabam tendo uma certa autonomia sobre o planejamento das atividades relativas as suas disciplinas. É o que ocorre nos dois institutos de educação onde o professor-pesquisador atua, isto é, não existem planejamentos curriculares detalhados e nem materiais didáticos pré-definidos, os professores de uma forma geral têm grande autonomia sobre seus planejamentos; mais no IEDP do que no IER, devido ao número maior de professores que atuam numa mesma disciplina neste último, necessitando cumprirem, pelo menos em linhas gerais, um planejamento em comum.

Assim, interessava-nos levar estes professores com relativa autonomia a reverem o momento em que o planejamento curricular vinha sendo realizado, geralmente durante o período de férias ou nas vésperas do início do ano letivo. Buscando um planejamento mais integrado, feito ao longo do ano e contando com a participação dos estudantes, inclusive.

Nosso primeiro objetivo, portanto, nesta segunda etapa de implementação foi o de tentar desenvolver uma metodologia de trabalho que permitisse ao professor ir reconstruindo e revendo seu planejamento curricular de forma concomitante com as atividades curriculares do dia-a-dia da sala de aula, contando com a colaboração e o apoio da coordenação pedagógica, de professores e dos estudantes nesta tarefa. Procurando fazer com que o planejamento curricular esteja mais presente no dia-a-dia da escola, como parte do próprio desenvolvimento curricular, contando, inclusive, com a participação de um número maior de pessoas interessadas em sua elaboração.

Nosso segundo objetivo foi o de realizar este planejamento de forma que oferecesse uma alternativa ao currículo excessivamente disciplinar e acadêmico, tradicionalmente praticado no ensino de Física. Como já destacamos, este currículo caracteriza-se por ser fortemente influenciado por aquilo que Doménech et. al. (2003) chamaram de “reducionismo conceitual”, ou seja, uma abordagem formal, baseada no desenvolvimento de modelos matemáticos e centrada na resolução de problemas, o que a própria experiência pessoal do professor-pesquisador vem mostrando ser ineficiente, principalmente, no que diz respeito à capacidade de despertar o interesse dos estudantes para a aprendizagem da Física.

O destaque que damos à proposta interdisciplinar visa, antes de tudo, dar oportunidade aos estudantes para um desenvolvimento de uma visão mais abrangente do papel relevante que a energia desempenha tanto para a sociedade em geral quanto para o cotidiano destes mesmos estudantes, complementando, desta forma, a aprendizagem do conceito científico de energia.

Pretendemos, assim, construir um planejamento que apresente uma aproximação mais coordenada da temática da energia, tanto por parte da própria Área de Ciências, quanto pelas demais Áreas. Levamos em consideração o quão pouco se tem produzido pesquisas no campo de Ensino de Física no que se refere a propostas curriculares interdisciplinares. Também os livros didáticos, como já vimos, têm contribuído muito pouco neste sentido, de forma que se percebe um certo desencontro tanto da pesquisa acadêmica, quanto na elaboração de textos didáticos, em relação à demanda existente nas escolas por um currículo mais interdisciplinar; demanda esta com claras influências da atual legislação educacional.

Desta forma, foram desenvolvidos alguns projetos de pesquisa curricular, tanto com turmas do IEDP e como com turmas do IER. De forma geral, estes projetos de pesquisa envolveram alguns momentos em sala de aula nos horários regulares da disciplina de Física, contudo, boa parte deles foi desenvolvida pelos grupos como atividade extraclasse, principalmente nas turmas do IEDP.

### V.2.1 – IMPLEMENTAÇÃO NO IEDP

No IEDP, todos os estudantes das três turmas envolvidas estavam realizando trabalhos de pesquisa, alguns deles relacionados a outras temáticas e outras propostas de atividades que não as relativas a tópicos de energia e planejamento curricular focados por esta pesquisa. Os grupos que fizeram parte desta implementação foram formados aleatoriamente e, inicialmente, não sabiam que participariam desta pesquisa. Sendo assim, a avaliação dos projetos pôde ser integrada à disciplina de Física, correspondendo a 30% da avaliação do 2º trimestre do ano letivo de 2005.

Todos os grupos foram formados a partir das duas turmas de 2º ano (221 e 222) e da turma de 3º ano (321). Estes grupos concordaram em apresentar parte do material didático por eles desenvolvido em forma de página da *web*. Isto motivou bastante o trabalho dos estudantes, mesmo porque ao final toda a pesquisa deverá ser organizada pelo professor-pesquisador de forma a disponibilizá-la na página do Instituto na internet ([www.iedp.com.br](http://www.iedp.com.br)). O fato do IEDP dispor de laboratório de informática com 15 computadores com acesso à internet e da maioria dos estudantes (mais de 65% dos estudantes participantes dos grupos envolvidos) terem condições de acesso discado em casa fez com que a internet se tornasse a principal fonte de pesquisa.

Os trabalhos de pesquisa desenvolvidos pelos grupos de estudantes do IEDP foram todos relacionados a três formas básicas de energia: térmica, química, e nuclear. A energia mecânica já havia sido trabalhada no 1º ano quando da implementação da proposta curricular de introdução do conceito de energia através de uma ênfase nas contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência.

#### V.2.1.1 – ENERGIA TÉRMICA

INSTITUIÇÃO/TURNO: IEDP/manhã

TURMA: 222 (2ºano) e 321 (3ºano)

Nº ESTUDANTES: 19

DURAÇÃO: 10 semanas, de 25 de abril a 10 de junho.

Esta proposta se deveu, principalmente, ao fato de que ao longo de diversas entrevistas com o professor de Química do IEDP, desde o final de 2004, havíamos chegado a um acordo sobre sincronizarmos alguns dos momentos de nossos planejamentos curriculares de forma a fazermos um trabalho mais integrado. Um dos temas que nos pareceu mais favorável de ser abordado de forma interdisciplinar foi o estudo dos fenômenos térmicos relativos a cada uma das disciplinas. Mesmo sem planejarmos, já vínhamos trabalhando os conteúdos relativos à termodinâmica e termoquímica aproximadamente na mesma etapa do ensino médio, no caso, no 2º trimestre das turmas de 2º ano.

Ao longo das entrevistas com este professor reconhecemos que são vários os conceitos em comum nestes dois campos, e que seria possível harmonizarmos melhor a forma como eles são trabalhados nas duas disciplinas. Inclusive, negociando melhor componentes curriculares que estavam sobrepostos, como, por exemplo, o estudo da “equação de estado de um gás ideal”, que constava nos planejamentos das duas disciplinas de forma não complementar, mas repetitiva, sendo, daí em diante, trabalhada principalmente pela Física, mas considerada de forma complementar pela Química.

As aulas de Física até então ministradas pelo professor-pesquisador desde o início do ano letivo haviam tratado dos componentes curriculares relativos a Termometria e Dilatação no 1º trimestre, sendo Calorimetria, Mudanças de Estado e Termodinâmica os componentes previstos para o 2º trimestre. Isto fez com que a pesquisa a ser realizada pelos estudantes estivesse inserida no contexto curricular das aulas regulares de Física e antecipasse um assunto a ser tratado nas aulas regulares tanto de Física quanto de Química.

O trabalho proposto a este grupo de estudantes foi de que elaborassem uma página na internet introduzindo os conteúdos de Termodinâmica e de Termoquímica. Para organizar o trabalho de pesquisa, os 15 estudantes foram divididos em dois grupos: um de 5 estudantes, dedicados à parte teórico-conceitual da pesquisa, e outro de 10 estudantes, voltados mais à uma parte experimental-tecnológica. Estes grupos receberam orientação e material inicial para a pesquisa em reuniões organizadas pelo professor-pesquisador no próprio horário de aula da disciplina de Física. Estes encontros foram geralmente realizados na sala de informática de forma a permitir que os grupos pesquisassem na internet enquanto o professor-pesquisador fosse realizando pequenas reuniões com cada um dos grupos ao

longo da aula. Também nestas reuniões foram dadas orientações gerais sobre a elaboração de páginas da *web*, desde o uso de softwares até estratégias de pesquisa na internet.

As reuniões com os grupos seguiram acontecendo no horário de aula, mas o trabalho de leitura e desenvolvimento das páginas foi realizado todo como atividade extraclasse. O que faremos agora será um relato dos principais resultados apresentados pela pesquisa realizada por cada um destes grupos:

#### 1. *Pesquisa teórico-conceitual*

Teve como objetivo principal identificar as principais contribuições da termodinâmica e da termoquímica para a compreensão dos fenômenos térmicos de forma mais interdisciplinar. O grupo trabalhou no sentido de organizar um material de introdução ao estudo destes dois campos.

Nas primeiras orientações ao grupo o professor-pesquisador destacou a necessidade de se usar com clareza os conceitos de temperatura, energia interna, calor e entalpia, pois, além de serem conceitos fundamentais para o entendimento da Termodinâmica e da Termoquímica, são também conceitos que agregam em torno de si muitas concepções alternativas e questões terminológicas.

Para viabilizar a aprendizagem destes conceitos foi trabalhado com os dois grupos um texto introdutório (Apêndice E.1: Energia Térmica) elaborado pelo próprio professor-pesquisador e depois aplicado e comentado um teste sobre concepções alternativas mais comuns associadas a estes conceitos elaborado por Silveira e Moreira (1994).

Durante o trabalho de pesquisa os dois professores perceberam que nos livros didáticos alguns tópicos mereceriam alguns esclarecimentos especiais aos estudantes. Por exemplo, a regra de sinais utilizadas na 1ª Lei da Termodinâmica, que nos livros didáticos de Física é feita de forma a referir-se à expressão  $\Delta U = Q - W$  (Gaspar, 2001; Máximo e Alvarenga, 2000), nos livros didáticos de química aparece como  $\Delta U = Q + W$  (Hartwig, 1999; Silva et.al., 2001), alterando a convenção de sinais para o trabalho realizado ou recebido. Decidimos unificar a abordagem da primeira lei usando a convenção mais usual da Física que considera que quando um sistema recebe calor ele poderá ter um aumento de sua energia interna e/ou realização de trabalho sobre a vizinhança ( $Q = \Delta U + W$ ), sendo o trabalho considerado positivo com o aumento da variação do volume ( $W = p \cdot \Delta V$ ).

Também o uso do conceito de entalpia chamava a atenção, por ser central para a termoquímica e praticamente não utilizado na termodinâmica. Entendemos que era preciso, antes de tudo, um linguagem em comum, uma harmonia maior entre as abordagens curriculares de cada disciplina. Assim, procuramos deixar claro que a variação da entalpia

( $\Delta H$ ) era justamente uma medida do calor recebido ou cedido à pressão constante, de forma que  $\Delta H = Q_p = \Delta U + W$  apresentava-se apenas como um caso especial da primeira Lei da Termodinâmica, como também o é  $Q_v = \Delta U$ , pois se  $\Delta V = 0 \Rightarrow W = 0$ .

O resultado do trabalho deste grupo de estudantes está no CD presente no Apêndice G na pasta referente aos organizadores prévios elaborados pelos estudantes, este trabalho em especial se encontra sob o título: “Termodinâmica e Termoquímica”.

Integrando o trabalho deste grupo de estudantes do 2º ano também foi realizada uma pesquisa sobre os efeitos térmicos associados à corrente elétrica por um grupo de 4 estudantes do 3º ano (turma 321). Este grupo contribuiu para se destacar o papel dos resistores em produzir energia térmica através do Efeito Joule. O trabalho destes estudantes também consta no mesmo CDROM em Anexo sob o título de “Resistores e Efeito Joule”.

## 2. *Pesquisa experimental-tecnológica*

O objetivo desta pesquisa foi um levantamento das principais contribuições tecnológicas associadas ao uso da energia térmica desde as primeiras Máquinas Térmicas até as atuais Termelétricas.

Este grupo preferiu trabalhar mais com a produção de material instrucional concreto: cartazes, maquetes, materiais para atividades experimentais, vídeos, entre outros. Queriam, com isso, organizar material de apoio ao desenvolvimento de tópicos relativos à termodinâmica e termoquímica.

O grupo dividiu-se em três subgrupos, um de quatro e os outros dois de três componentes, a fim de encaminharem uma diversidade de materiais que destacaremos agora, relatando, principalmente, suas contribuições para o currículo:

- a) *Cartazes com esquemas*: este subgrupo trabalhou na confecção de cartazes destacando alguns esquemas explicando o funcionamento de diversos dispositivos de conversão de energia envolvendo a energia térmica:
  - i. Do funcionamento das primeiras máquinas a vapor. Baseados em um texto sobre a história da máquina térmica de Gaspar (2001, vol.2., 337) os estudantes elaboraram três cartazes representando as três primeiras máquinas a vapor de interesse comercial e industrial: Thomas Savery (1650-1715), Thomas Newcomen (1663-1729) e James Watt (1736-1819), evidenciando as primeiras evoluções tecnológicas associadas às máquinas térmicas.
  - ii. Do funcionamento da experiência de Joule. Descrição do principal dispositivo utilizado por James P. Joule (1818-1879) para estabelecer a

equivalência entre trabalho e calor. (Máximo e Alvarenga, 2000, vol.2, p.135)

- iii. Do funcionamento dos motores a combustão. Destacam o funcionamento básico de um motor a quatro tempos, identificando componentes tecnológicos como as válvulas, a vela, o virabrequim e o carburador. Elabora-se, ainda, um paralelo entre os diferentes tempos de funcionamento do motor (admissão, compressão, explosão e combustão) com as transformações características do Ciclo Otto em um diagrama P-V. (Gaspar, 2001, vol.2, p.380)
- iv. Do funcionamento de um refrigerador. Da mesma forma, destaca-se no esquema do cartaz os elementos básicos de um refrigerador (compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador). (Máximo e Alvarenga, 2000, vol.2, p.161; Gaspar, 2001, vol.2, p.382; GREF, 1990, vol.2, p.147)

Estes cartazes foram previstos para serem usados pelo professor-pesquisador nas futuras aulas de termodinâmica, além de ficarem expostos na sala temática da disciplina de Física.

*b) Motos-perpétuos, conservação e degradação de energia.*

A partir de uma discussão inicial apresentada pelo professor-pesquisador sobre os motos-perpétuos e suas classificações, alguns membros do grupo realizaram uma pesquisa na Internet sobre motos-perpétuos e produziram, em colaboração com o professor, uma apresentação em PowerPoint disponível também no CD disponível no Apêndice G, no diretório principal sobre o título Moto-perpétuo. Nesta apresentação aborda-se a primeira e segunda lei da termodinâmica classificando os motos-perpétuos em 1ª e 2ª espécies respectivamente.

*c) Experimentos de laboratório*

Este último subgrupo procurou organizar algumas atividades experimentais a serem realizadas em laboratório de forma a complementarem os estudos de termodinâmica e termoquímica:

- i. Água fervendo em um recipiente resfriado (adaptado de Gaspar, 2001, vol.2, p.353). Experiência envolvendo variações do ponto de ebulição sobre a influência de variações de pressão.
- ii. Tubo de filme umedecido com álcool explodindo com um “magiclik” (Gaspar, 2001, vol.2, p.381). Discute-se as reações exotérmicas e a expansão térmica.

- iii. Caldeira com lata de refrigerante girando moinho. Fundamentos das máquinas térmicas.
- iv. Atividades envolvendo confecção e uso de calorímetros.
- v. Experiência envolvendo a combustão de materiais orgânicos e metais, comparando a conservação da massa antes e depois da combustão (Auth e Angotti, 2001, anexo 2)

#### V.2.1.2 – ENERGIA QUÍMICA

INSTITUIÇÃO/TURNO: IEDP/manhã

TURMA: 221 (2º ano)

Nº ESTUDANTES: 14

DURAÇÃO: 10 semanas, de 25 de abril a 10 de junho.

O tipo de pesquisa proposta a este grupo foi a de integrar componentes curriculares referentes às disciplinas de Física e Química numa proposta orientada pelo tema estruturador energia química. O encaminhamento da pesquisa foi feito pelo professor-pesquisador de forma a envolver, num primeiro momento, todos os estudantes do grupo. Num segundo momento, os estudantes reuniram-se em quatro subgrupos que passaram a ser atendidos separadamente. Estes subgrupos adotaram as linhas de pesquisa que seguem.

##### *1. A energia química nos combustíveis*

Envolvendo dois subgrupos, um de 5 e outro de 4 estudantes, o que se pretendeu nesta linha de pesquisa foi investigar melhor as reações de combustão que ocorrem com algumas substâncias, tornando-as fontes de energia térmica. Diferenciou-se estes combustíveis em renováveis e não-renováveis.

Alguns destaques do currículo envolvido nesta pesquisas são:

- distribuição percentual de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio nos principais combustíveis;
- poder calorífico destes combustíveis;
- conceito de calor de combustão.

##### *a. Combustíveis Fósseis (não renováveis)*

Este grupo com 5 estudantes destacou o papel do petróleo, do gás natural e do carvão mineral enquanto combustíveis fósseis. Foram abordados desde a origem e a extração, até a distribuição e o uso destes combustíveis. A pesquisa também foi apresentada sob a forma de uma página da *web* disponível no CDROM em Anexo,

sob o título “Combustíveis Fósseis”. As principais contribuições curriculares foram apresentar o material com o caráter de organizador prévio abordando:

- origem e história da extração do petróleo;
- composição química comparada entre petróleo e gás natural;
- refino do petróleo e seus usos como matéria prima;
- origem, tipos e usos do carvão mineral.

*b. Biomassa (renováveis)*

Este outro grupo com 4 estudantes destacou o álcool e o biodiesel. Também optaram por desenvolver uma página da *web* para apresentar desde os principais cultivos até os usos mais comuns da lenha e do carvão vegetal. Este material está disponível no CDROM em Anexo como um organizador prévio elaborado pelos estudantes sob o título “Biomassa”. As principais contribuições curriculares foram:

- produção de açúcar e álcool;
- produção dos biodieseis;

*2. A energia química nos alimentos*

Envolveu 3 estudantes no estudo da combustão dos alimentos durante o processo digestivo. Este trabalho foi entregue impresso pelos estudantes. As principais contribuições curriculares foram:

- classificação dos alimentos: construtores, energéticos e reguladores;
- identificação dos carboidratos, glicérides e proteínas e seu papel no metabolismo humano;
- processo digestivo, metabolismo (catabolismo e anabolismo) e potência consumida em diferentes atividades;
- valor calórico dos alimentos e rendimento do organismo humano em comparação com outros animais.

*3. Eletroquímica*

Envolveu 2 estudantes no estudo das células eletroquímicas: das pilhas comuns às modernas células de combustível. O trabalho foi entregue impresso. As principais contribuições curriculares foram:

- fila de reatividade e deposição metálica;
- pilha de Daniell e diferença de potencial;
- pilhas secas, baterias de automóvel, pilhas de mercúrio e células de combustível.

### V.2.1.3 – ENERGIA NUCLEAR

INSTITUIÇÃO/TURNO: IEDP/manhã

TURMA: 221 (2ºano)

Nº ESTUDANTES: 08

DURAÇÃO: 10 semanas, de 25 de abril a 10 de junho de 2005.

A pesquisa referente a este projeto teve como foco o tópico energia nuclear. Ele foi desenvolvido por dois grupos de 4 estudantes que já haviam participado da etapa anterior desta pesquisa, durante o terceiro trimestre de 2004 nas turmas de 1ºano do ensino médio do IEDP. Já vinham, como se disse, de uma experiência anterior de estudo do conceito de energia com um foco na História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFS).

Procuramos construir com estes estudantes uma proposta curricular que desse oportunidade de um maior aprofundamento no estudo da energia, valorizando a linha de abordagem histórico-conceitual, mas acrescentando a ela componentes de uma visão mais interdisciplinar, que considerasse, principalmente, o poder político e militar associado ao uso da energia nuclear.

Assim, o trabalho dos dois grupos de estudantes sobre a temática da energia nuclear foi dividido entre o estudo da fissão e o estudo da fusão, tendo ambos o objetivo de organizarem um material introdutório que pudesse ser utilizado para o estudo da energia nuclear de forma interdisciplinar, contando, principalmente, com as contribuições da Física, Química, História e Geografia.

#### *1. Fusão*

Nas primeiras reuniões do grupo, feitas em sala de aula com o professor-pesquisador, e contando com as primeiras pesquisas que o grupo havia feito tanto na internet quanto em manuais de Física, Química e revistas de divulgação científica, o professor-pesquisador apontou algumas linhas gerais que poderiam orientar a pesquisa. Descreveremos agora aqueles componentes curriculares que entendemos representar melhor o trabalho desenvolvido pelo grupo:

- a) abordagem da história da fusão nuclear. Desde seus descobridores até o contexto político e econômico que possibilitou a descoberta, abordando o desenvolvimento histórico-conceitual da fusão;
- b) abordagem do uso bélico da fusão, desde os testes nucleares até as atuais potências nucleares mundiais;

- c) funcionamento da fusão, desde sua explicação teórica até as questões tecnológicas envolvidas em seus usos militares ou pacíficos. Destacando a grande energia necessária para o desencadeamento dos processos de fusão e o papel desempenhado pelos plasmas. Apresentando-se como uma forma de viabilizar a fusão controlada, o uso do plasma nas pesquisas sobre geração de energia apresentam uma boa oportunidade para se explorar melhor este estado da matéria, que, sendo um tópico de Física moderna que raramente entra nos currículos escolares, têm grandes contribuições para o entendimento de fatos do cotidiano, desde TVs até as auroras boreais, tokamaks e o futuro pacífico da fusão;
- d) energia nas estrelas e a relevância da energia solar para o planeta. Energia Solar e Evolução Estelar.

O material elaborado por este grupo está disponível no CDROM em Anexo sobre o título “Fusão Nuclear”.

## *2. Fissão*

Os quatro estudantes do grupo de fissão, após receberem as orientações iniciais do professor-pesquisador, começaram suas pesquisas em reportagens de revistas de divulgação científica. Houve um grande número de reportagens neste período tratando dos 60 anos das primeiras explosões atômicas no Japão, com diversos materiais de áudio e vídeo sobre o assunto, o que os levou a estruturar um pequeno banco de dados.

As linhas gerais de pesquisa, traçadas em reuniões após uma primeira coleta de dados foram as seguintes:

- a) evolução histórico-conceitual da fissão, incluindo o contexto sócio-histórico em que a mesma emergiu;
- b) funcionamento da fissão, e os fatores tecnológicos associados ao mesmo;
- c) conseqüências geopolíticas e históricas, relativas ao uso militar da fissão nuclear;
- d) conseqüências sócio-econômicas e ambientais, relativas ao uso pacífico da fissão nuclear.

O resultado do trabalho deste grupo foi entregue impresso para o professor-pesquisador.

## V.2.2 – IMPLEMENTAÇÃO NO IER

Quanto ao trabalho implementado com as duas turmas do IER, não tivemos a mesma lógica de atividades de pesquisa dos grupos de estudantes do IEDP, sendo a proposta foi

mais centralizada no professor-pesquisador. Mesmo com atividades de pesquisa extraclasse, houve uma seqüência bem maior de atividades em sala de aula destinadas às turmas como um todo.

O tipo de proposta curricular interdisciplinar que se queria construir com estas turmas estava mais voltada à análise não das formas de energia, mas sim em como se dá o fluxo tanto da energia, quanto matéria na natureza e na sociedade.

A maior parte dos estudantes da turma de 2º ano noturno já havia trabalhado no 1º ano o conceito de energia através de uma proposta curricular onde as fontes de energia foram abordadas a partir das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Buscou-se, portanto, dar continuidade a este trabalho abordando a maneira como a energia obtida a partir destas diversas fontes era então distribuída e consumida na sociedade moderna. Manteve-se, inclusive, a mesma ênfase curricular nas relações CTSA.

Com a turma de 3º ano noturno foi desenvolvido um projeto curricular visando analisar o fluxo da energia e da matéria na biosfera. Partimos da consideração de que são as ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol as principais responsáveis pela quase totalidade da energia disponível na Terra, assim, analisar a forma como se dava o fluxo desta energia na biosfera terrestre, seria o foco da pesquisa. Problemas globais a ela associados como o efeito estufa e destruição da camada de ozônio também serão tratados.

#### V.2.2.1 - FLUXO DE ENERGIA NA BIOSFERA

INSTITUIÇÃO/TURNO: IER/noite

TURMA: 310 (3º ano)

Nº ESTUDANTES: 30

DURAÇÃO: 10 semanas, de 25 de abril a 10 de junho.

Como os estudantes estavam interessados em apresentar trabalhos na VIII Mostra Cultural do Riachuelo, evento este que aconteceria em junho de 2005 e que teve como tema central o meio ambiente, o professor-pesquisador propôs à turma abordar tópicos relativos ao fluxo de energia na biosfera.

Esta opção se deveu de um lado ao fato de se estar tratando o conteúdo de óptica e ondas eletromagnéticas nas aulas de Física, Ecologia e ecossistemas pelo professor de Biologia e Química orgânica pelo professor de química, componentes curriculares que poderiam ser integrados na abordagem sobre o fluxo de energia na biosfera.

O ponto de partida desta abordagem foram os processos de incorporação de energia pela matéria viva (biomassa), considerando-se aí a forma pela qual as ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol são fixadas pela biomassa terrestre através da fotossíntese. Seguiu-se uma análise de como os seres vivos de um ecossistema mantêm um inter-relacionamento dinâmico e equilibrado com um fluxo permanente de matéria e energia. Conclui-se esta abordagem ao se tratar de dois grandes problemas ambientais globais associados a estes fluxos: o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio.

Discutiremos a seguir os aspectos que consideramos mais relevantes do ponto de vista curricular ao longo dos diversos momentos desta implementação.

### *1. Processos de incorporação de energia na biomassa.*

A partir do livro texto de Biologia (Amabis, 2004) foi abordado, inicialmente, os processos celulares de transformação de energia nos seres vivos, dividindo-os em: incorporação – fotossíntese e quimiossíntese (reações endotérmicas); e de liberação – respiração e fermentação (reações exotérmicas).

Estabeleceu-se o foco sobre a fotossíntese, a tratando como um processo em que moléculas de gás carbônico e de água se combinam quimicamente, com a utilização de energia luminosa, formando moléculas orgânicas (geralmente de glicose) e moléculas de gás oxigênio, processando-se basicamente em duas etapas: Fotoquímica – composta pela fotofosforilação e da fotólise da água; Química – composta pelo ciclo das pentoses.

Pretendia-se, com isso, mostrar como a energia radiante proveniente das fusões nucleares ocorridas no Sol pode ser transformada em uma energia química, presente tanto na atual biomassa do planeta quanto numa biomassa que chegou até os dias atuais sob a forma de combustíveis fósseis.

Discutiu-se, também, a forma como se processa a absorção da luz pelos cloroplastos, evidenciando a pequena participação da luz verde neste processo, sendo, desta forma, refletida e caracterizando a cor destes vegetais.

Destacou-se, ainda, o ciclo ATP-ADP como elo entre a energia liberada pela glicose através da respiração celular aeróbia e a realização de trabalho muscular, por exemplo. Identificou-se a respiração celular aeróbia como sendo um processo de combustão biológica realizado pelas mitocôndrias que libera energia tanto para o movimento, quanto para geração de calor, síntese de macromoléculas e outras funções básicas para a vida.

### *2. Fluxo de energia na biosfera*

Em relação às estratégias de obtenção de energia pelos seres vivos foi destacado que os mesmos têm diferentes níveis de adaptabilidade em um determinado ecossistema, dividindo-se em autótrofos e heterótrofos:

- a. os autótrofos produzem matéria orgânica a partir de matéria inorgânica (minerais) usando uma fonte de energia neste processo (luz solar ou reações químicas); o principal processo de produção de matéria orgânica é a fotossíntese. Os autótrofos mais comuns são as árvores, as gramíneas e as algas (sendo estas últimas responsáveis por mais de 60% do oxigênio produzido no planeta).
- b. os heterótrofos alimentam-se da matéria orgânica produzida pelos autótrofos, mesmo que indiretamente através da cadeia alimentar. Os heterótrofos podem ser classificados conforme a maneira que obtêm energia em predadores, parasitas e decompositores.

Assim, a fotossíntese transforma energia luminosa em química (armazenada na matéria orgânica). Os seres autótrofos utilizam a matéria orgânica por eles produzida tanto na construção de seus próprios organismos quanto na realização de diversas atividades (geração de flores, movimentos, síntese de proteínas, etc.) ocorrendo uma significativa dissipação de energia sobre a forma de calor para o meio ambiente. Apenas 10% da matéria orgânica produzida pelos autótrofos pode ser reaproveitada pelos heterótrofos herbívoros. Esta matéria orgânica ou é fixada como componentes estruturais e de reserva, podendo ser consumida por outros seres vivos (predadores, parasitas, necrófagos, detritívoros e decompositores), ou é degradada na respiração celular aeróbia do ser vivo, liberando tanto energia útil para o trabalho como também dissipada sob a forma de calor.

Chama-se de metabolismo de um ser vivo os fenômenos físicos e químicos que participam da obtenção e liberação de energia, e da formação, do desenvolvimento e da manutenção e renovação dos componentes celulares. Os ecossistemas possuem três níveis tróficos principais:

- a) os produtores, seres autótrofos que produzem a matéria orgânica;
- b) os consumidores, seres heterótrofos que necessitam da matéria orgânica produzida pelos autótrofos, podem ser classificados em: primários, que se alimentam direta e exclusivamente dos produtores, são os herbívoros; secundários, que se alimentam dos primários; e, na seqüência, os consumidores terciários e quaternários;
- c) os decompositores, seres heterótrofos como fungos e bactérias que degradam a matéria orgânica.

Nos ecossistemas chama-se de cadeia alimentar uma seqüência de seres vivos que se alimentam uns dos outros (produtores-consumidores-decompositores) e de teia alimentar a relação entre as várias cadeias alimentares. As pirâmides ecológicas que representam a relação entre os distintos níveis tróficos podem considerar o número de indivíduos, a massa de matéria orgânica (biomassa) em cada nível ou ainda a energia que os indivíduos necessitam para manterem-se em atividade. As pirâmides de energia são as únicas que nunca podem ser invertidas, isto é, os níveis tróficos superiores sempre acumulam menos energia que os inferiores.

Destacou-se, finalmente, que este fluxo da energia nos ecossistemas é unidirecional, de luminosa transforma-se em química dos alimentos e degrada-se finalmente sob a forma de calor. Já o fluxo da matéria é cíclico, pois os seres vivos de determinada seqüência alimentar geram resíduos que podem ser reaproveitados pelos autótrofos.

### *1. Fluxo de matéria na biosfera*

Este grupo destacou três ciclos básicos:

- a) ciclo da água – dividido em dois ciclos, o pequeno, que é o das chuvas, e o grande, que é aquele do qual participam os seres vivos através da evaporação, transpiração e respiração;
- b) ciclo do carbono – evidenciou-se a forma como os produtores e consumidores, através da respiração, ou os decompositores, através das reações químicas de decomposição, liberam gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) para o ambiente e como este é reabsorvido novamente pelos produtores (vegetais fotossintetizantes). Destacando-se o fato de como o carbono também pode ser assimilado através dos diferentes níveis tróficos, complementando, desta forma, o ciclo;
- c) ciclo do nitrogênio – evidenciou-se a forma como o nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) é fixado por bactérias presentes no solo ou nas raízes de leguminosas, por exemplo. Com a decomposição destas bactérias e raízes é produzida amônia ( $\text{NH}_3$ ) que, por sua vez, é convertida em nitrato ( $\text{NO}_3$ ) pelas chamadas bactérias nitrificantes. Sendo estes nitratos absorvidos pelas plantas ou desnitrificados por outras bactérias que então liberam nitrogênio novamente para a atmosfera.

Estes dois grupos deram um destaque maior ao papel da meteorologia como ciência que se preocupa com os fenômenos que ocorrem na atmosfera, retomando-se sua constituição química básica e sua divisão em camadas.

### *2. Efeito estufa*

Discutiu-se a teoria de mudança climática de John Tyndall, apresentada em 1861 e que diz que o  $\text{CO}_2$  é transparente aos raios solares (energia radiante emitida pelo Sol), mas opaco à radiação térmica (ou energia radiante) emitida pela superfície da Terra, de forma a destacar porque se a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera aumentar, irá diminuir o fluxo desta energia radiante no sentido Terra-atmosfera, produzindo, assim, um aquecimento artificial da superfície do planeta.

Estando a faixa de frequência de luz visível entre  $0,4 \mu\text{m}$  e  $0,75 \mu\text{m}$ , argumentou-se em torno do exposto na Figura 11 de maneira que, se por um lado a radiação emitida pelo Sol está na faixa do visível, isto já não ocorre com a radiação emitida pela superfície da Terra, localizada na faixa do infra-vermelho. De forma que é justamente a diferença entre estas radiações que, como mostra a FIGURA 11, permite com que a atmosfera seja transparente para uma e opaca para outra.

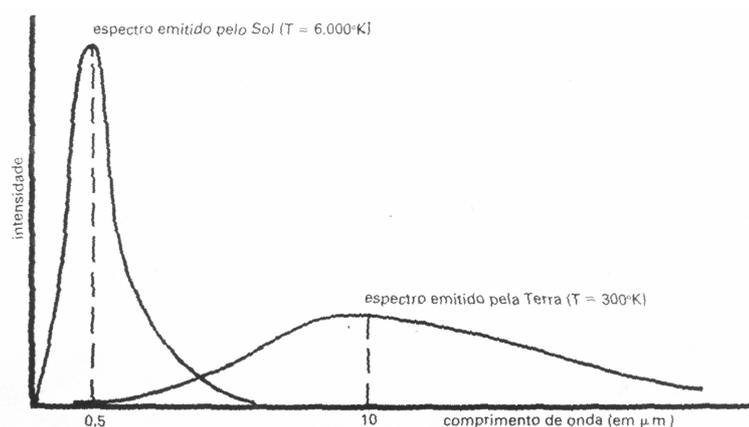


Figura 11 – Distribuição da intensidade relativa do espectro de radiação do Sol e da Terra (Ciência Hoje, nov/dez, 1983)

Diversos gases presentes na atmosfera são absorvedores destas diferentes frequências de energia radiante. Na Figura 12 observamos que a “janela” para a radiação térmica na faixa do infravermelho emitida pela Terra está entre  $8$  e  $12 \mu\text{m}$ , limitada de um lado pelo vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e de outro pelo gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), presentes na atmosfera. Ao se intensificar a presença de  $\text{CO}_2$  na atmosfera é diminuída esta janela.

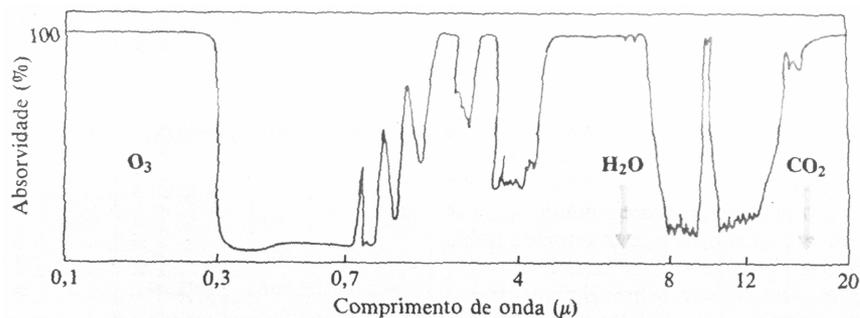


Figura 12 – Representação simplificada da absorção atmosférica (em percentagem) em função do comprimento de onda (Ciência Hoje, vol.8/nº48).

Argumenta-se, finalmente, que, diante desta dinâmica que caracteriza o fluxo de energia e matéria na atmosfera terrestre, as medições da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera passam a ser um indicador relevante sobre a manutenção do equilíbrio necessário à vida humana no planeta. Neste sentido, dados como o da Figura 13, assumem grande relevância dentro da teoria do aquecimento pelo efeito estufa.

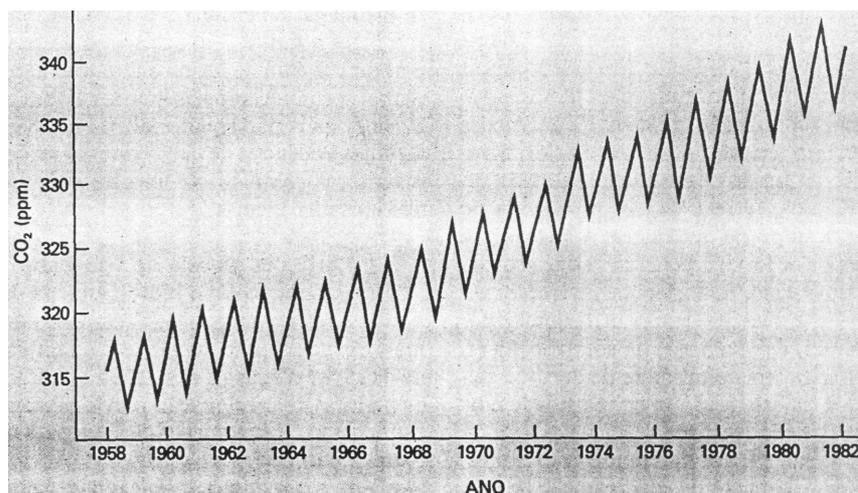


Figura 13 – Curva obtida por Keeling, que mostra o crescimento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera no período de 1957 a 1983 (Ciência Hoje, março de 1987).

Desde o início da era dos combustíveis fósseis iniciada com a Revolução Industrial, o setor energético industrial, os transportes, a agricultura e o desflorestamento vem contribuindo para este crescimento da concentração de  $\text{CO}_2$  e outros gases estufa (CFC,  $\text{CH}_4$ ) na atmosfera terrestre. O fato destes gases realizarem o bloqueio na saída dos raios infravermelhos emitidos pela superfície da Terra e entendido pela teoria do efeito estufa como o principal fator que estaria gerando um aumento da temperatura média do planeta (Rosa e Chechi, 1994 e Molion, 1995).

### 3. Destruição da camada de ozônio

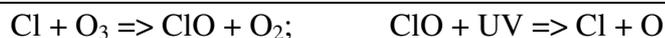
Destacou-se, inicialmente, o fato de que o ozônio não é um gás que sempre existiu na atmosfera terrestre, nem mesmo o oxigênio. O oxigênio é resultado da ação de algumas

cianobactérias que através da fotossíntese elevaram a taxa deste gás na atmosfera até os 21% atuais. E sendo o ozônio resultante de uma reação química que envolve o oxigênio, ele é mais recente ainda, coisa de 350 milhões de anos atrás.

Acumulando-se na estratosfera (12 a 40km) a aproximadamente 30km de altitude, funciona como uma capa protetora que permitiu a vida evoluir na superfície de nosso planeta. A radiação ultravioleta é absorvida tanto na sua reação de formação, quando da quebra da molécula de oxigênio, como na sua reação de desintegração, formando novamente gás oxigênio.



Contudo a partir de 1982 começou a se detectar a diminuição desta capa sobre algumas áreas da Antártida. Uma das principais causas para esta diminuição foi o lançamento em 1931 de um novo tipo gás pela indústria DuPont: o fréon (nome comercial dos CFCs – clorofluorcarbonos). Estes gases foram largamente usados principalmente na produção de aerossóis e refrigeradores. Contudo, os CFCs ao serem liberados na atmosfera sobem e, ao serem atingidos pela radiação ultravioleta liberam o átomo de cloro presente em sua constituição química. Estes átomos de cloro reagem quimicamente com o ozônio, destruindo-o. O cloro liberado volta a atacar, podendo continuar dividindo moléculas de ozônio milhares de outras vezes.



Assim, os CFCs, inicialmente considerados uma grande descoberta, pois eram tidos como excelentes pois, além de não serem tóxicos e nem inflamáveis, eram baratos. Contudo as pesquisas vêm demonstrando serem eles os grandes vilões na agressão à camada de ozônio. E, apesar de terem sido tomadas medidas para se diminuir as emissões deste gás, o fato do mesmo ser muito estável, faz com que ele permaneça na atmosfera ainda por muitas décadas.

Além do que outras substâncias que também destroem a camada de ozônio como o tetracloreto de carbono, o clorofórmio e o dióxido de nitrogênio continuarem sendo emitidas (Bright,1995 e Sariego, 1994).

#### V.2.2.2 - FLUXO DE ENERGIA NA SOCIEDADE

INSTITUIÇÃO/TURNO: IER/noite

TURMA: 209 (2º ano)

Nº ESTUDANTES: 25 estudantes

**DURAÇÃO:** 10 semanas, de 25 de abril a 10 de junho.

Este projeto foi realizado através de aulas expositivas feitas pelo professor-pesquisador em 4 momentos distintos com todos os estudantes da turma.

O objetivo deste projeto foi o de investigar quais são as necessidades humanas que requerem recursos energéticos e como elas se desenvolveram ao longo da história da humanidade, bem como a evolução das máquinas que possibilitam as diversas transformações da energia necessárias às sociedades modernas. Finalizando com uma visão geral da geração, distribuição e consumo de energia nas sociedades contemporâneas.

### 1. *Evolução das necessidades energéticas humanas*

Neste primeiro encontro o professor-pesquisador procurou problematizar as necessidades energéticas do homem a partir da apresentação de uma tabela semelhante à Tabela 14. Conseguiu-se, com isso, destacar a relevância da energia para a sociedade contemporânea, as contribuições dos avanços científico-tecnológicos e os eventuais limites da natureza em atender esta demanda crescente por energia.

Tabela 14 – Evolução das necessidades energéticas do homem ao longo dos diversos períodos de evolução da sociedade (Goldenberg, 1991 e Oliveira, 1987).

HOMEM	NECESSIDADES ENERGÉTICAS	(Mcal/dia)
Primitivo	Uso do fogo para aquecimento (600.000 a.c.)	02
Caçador	Cozimento de alimentos (100.000 a.c.)	05
Agrícola	Uso da tração animal (9.000 a.c.)	16
Medieval	Roda d'água, moinhos de vento, navegação à vela, alto forno a carvão vegetal para fundição do ferro.	26
Industrial	Máquina a vapor (indústria têxtil e transporte ferroviário), gás e querosene para iluminação.	77
Tecnológico	Geradores de energia elétrica, motores a combustão interna usando derivados do petróleo.	200

### 2. *Processos de conversão de energia*

No segundo encontro, a tentativa foi a de problematizar as diversas formas de energia que os estudantes percebem no seu dia-a-dia, e os diferentes processos de conversão de uma em outra forma. A atividade envolveu uma análise da Tabela 15, discutindo-se os diversos exemplos de conversão.

Tabela 15 – Matriz de conversão entre as principais formas de energia utilizadas na sociedade (adaptado de [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)).

EM \ DE	Radiante	Química	Nuclear	Térmica	Mecânica	Elétrica
---------	----------	---------	---------	---------	----------	----------

Radiante	x	Vaga-lume	Fusão no Sol	Ferro em brasa	Carga em movimento	Emissora de rádio
Química	Fotossíntese	x	?	Ebulição	?	Eletrólise
Nuclear	?	?	x	?	?	?
Térmica	Aquecimento solar	Combustão	Fissão	x	Atrito	Efeito Joule
Mecânica	?	Músculos	Bomba atômica	Motores a combustão	x	Motor
Elétrica	Antena de rádio	Pilhas	Bateria nuclear	Termopar	Gerador	x

### 3. *Rendimento das conversões de energia*

No terceiro encontro a problematização girou em torno do rendimento dos diversos dispositivos conversores. Destacou-se que o mesmo tem aumentado muito com o passar do tempo. Se considerarmos o uso da energia térmica, elétrica e mecânica em conjunto temos um aumento no rendimento global dos sistemas de conversão de 8% em 1900 para 45% em 2000. Na Tabela 16 observa-se a distribuição do rendimento energético médio segundo os setores de consumo (adaptado de Bernann, 2001).

Discutiu-se, ainda, de forma mais detalhada a grande potência e o pequeno rendimento dos automóveis a partir do texto de Gaspar (2001, vol.1, p.203).

Tabela 16 – Distribuição do rendimento energético médio por setor de consumo em 1993.

SETORES	RENDIMENTO
Energético	72%
Agropecuário	45%
Residencial	36%
Comercial	55%
Público	51%
Transportes	36%
Industrial	67%
Alimentos e bebidas	71%
Têxtil	86%
Alumínio	53%
Cimento	49%
Ferro-gusa e aço	74%
Ferro ligas	57%
Papel e celulose	67%
Química	76%

### 4. *Estudo da matriz energética brasileira*

No quarto encontro a problematização envolveu a matriz energética brasileira. Foram discutidas algumas informações adaptadas do Balanço Energético Nacional (BEM/2003) do

Ministério de Minas e Energia (MME). O trabalho se concentrou sobre os dados agregados constantes no capítulo 4:

- produção primária de energia;
- oferta interna de energia;
- consumo final por fonte;
- consumo final por setor;

As figuras 13, 14 e 15, retiradas do BEM/2003, exemplificam o material utilizado.

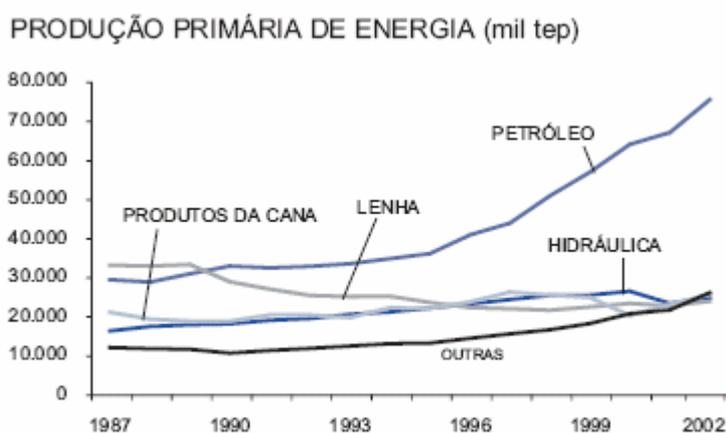


Figura 14 – Histórico da produção primária de energia no Brasil.

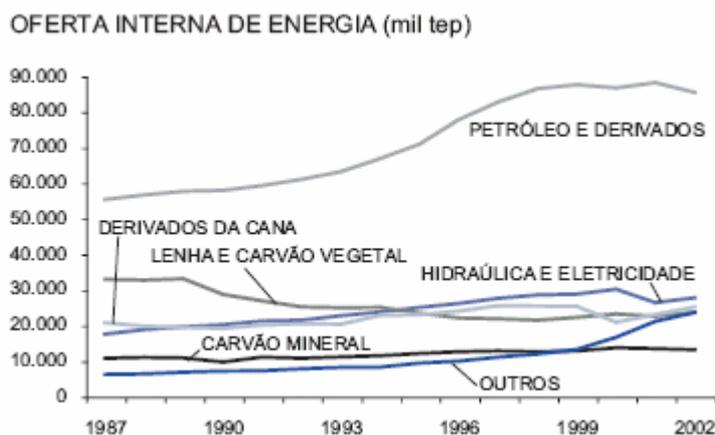


Figura 15 – Histórico da oferta interna de energia no Brasil.

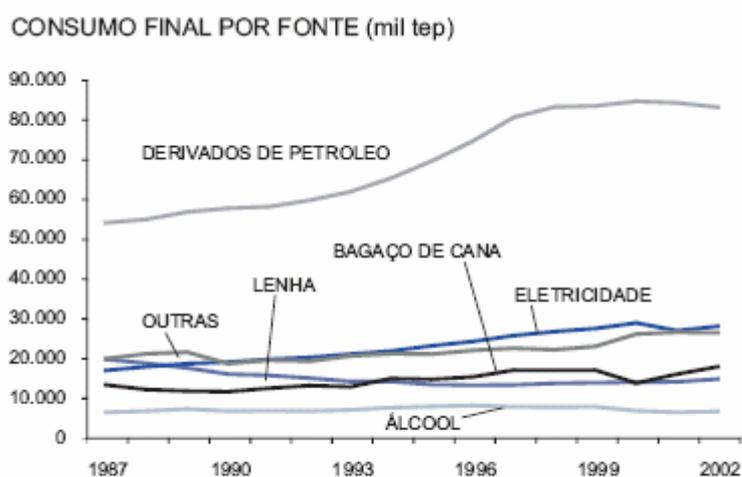


Figura 16 – Histórico do consumo final por fonte no Brasil.

## CAPÍTULO VI – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO

### PROFESSOR

Destaca-se, inicialmente, o fato de que uma alteração no currículo escolar não se faz através de uma ação isolada de um órgão administrativo, pois se relaciona com o contexto da escola, da comunidade e da sociedade como um todo, além de depender do conhecimento que o professor tem de si mesmo e de como faz uso de conceitos como ciência, ensino, aprendizagem e currículo, por exemplo. O papel que o professor desempenha enquanto agente desta possível mudança se refere muito menos à orientação administrativa que lhe é imposta do que à experiência que teve como estudante, sendo comum a idéia de que “professores ensinam como eles foram ensinados”. Esta visão reprodutivista acaba por favorecer a manutenção de diversas distorções e equívocos comuns à educação escolar e à prática do professor, sendo, portanto, necessário um trabalho de reconstrução curricular que parta da experiência de sala de aula vivida pelo professor.

Compreendemos, portanto, que o papel do professor envolve admitir que seu conhecimento profissional não deve se limitar apenas a um saber técnico, associado ao conhecimento disciplinar de sua área, pois na medida em que sua ação busca a aprendizagem por parte dos estudantes, necessita também de um saber que se refira aos processos humanos associados tanto aos indivíduos quanto ao seu ambiente sócio-cultural.

Assim, o conhecimento profissional do professor deve envolver não só o domínio de sua disciplina escolar, mas também de suas relações com outras disciplinas, com o uso de outras formas de raciocínio que não seja o lógico-racional, de saber comunicar uma visão de ciência contextualizada nas contribuições da epistemologia contemporânea. Inclui-se ainda, como mais um dos saberes necessários ao profissional da educação científica, o saber relativo ao currículo, de suas finalidades e dos seus objetivos para a instituição escolar como um todo, e dos estudantes em particular (Rezende et al., 2004).

### ESTUDANTES

Nos PCN+ chama-se a atenção para o papel dos estudantes neste processo de mudanças (Brasil, 2002, p.7):

*“Esses bons pontos de partida, no entanto, estão cercados de difíceis obstáculos, como a tradição de ensino estritamente disciplinar do ensino médio, de transmissão de informações desprovidas de contexto, ou de resolução de exercícios padronizados, heranças do ensino conduzido em função de exames de ingresso ao ensino superior. Outro obstáculo é a expectativa dos estudantes, quando não de suas famílias e das próprias instituições escolares, de que os agentes no processo*

*educacional sejam os professores, transmissores de conhecimento, de que os estudantes sejam os pacientes, receptores, e de que escola seja simplesmente o local em que se dá essa transmissão.”*

Durante este período de observação da forma como se dava a participação dos estudantes, nos chamou a atenção, justamente, o interesse dos estudantes no que se refere à discussão de tópicos relativos ao planejamento curricular. Ao realizarmos, na segunda etapa de implementação, um trabalho envolvendo a elaboração de material didático pelos estudantes de 2º ano do IEDP, tratamos, por exemplo, sobre o papel das concepções alternativas do ponto de vista de quem planeja. Esta visão chamou a atenção dos estudantes sobre o significado das concepções alternativas de uma forma que eles ainda não haviam percebido. Apesar do professor-pesquisador já ter desenvolvido com eles, em momentos anteriores, atividades visando à mudança conceitual, a existência das concepções alternativas não havia sido posta de forma explícita. Ou seja, os estudantes não haviam sido esclarecidos sobre o papel que a pesquisa em ensino de Física entende que estas concepções desempenham no processo de ensino aprendizagem. O que observamos, neste caso, foi o interesse dos estudantes ao se interarem melhor sobre a idéia geral associada às concepções alternativas, apontando para o fato de que a transparência sobre os métodos e modelos utilizados ao longo do desenvolvimento curricular pode contribuir não só para se obter melhores resultados, mas, principalmente, por tornar os estudantes mais responsáveis e participantes pelo processo em que estão envolvidos.

Durante as observações das apresentações de seminários e a leitura dos textos elaborados pelos grupos de estudantes do noturno, percebemos a utilização de uma linguagem que apesar de cotidiana começa a apresentar a incorporação de termos científicos: transformação ou conversão da energia, argumentos em torno da conservação, argumentos em torno das idéias de dissipação ou degradação da energia, entre outros, evidenciando um processo de aprendizagem alternativo, estruturado sobre a articulação de um conjunto de informações que não envolve diretamente o domínio de modelos matemáticos.

Percebe-se, ainda, um desacordo entre a pesquisa em ensino de Física e as dificuldades enfrentadas pelo professor em sala de aula no que se refere especificamente ao estudante. Este alerta já foi dado por Rezende e Ostermann (2005) ao destacarem a falta de pesquisas relativas às deficiências cognitivas, à atitude desfavorável e à falta de perspectiva e interesse por parte dos estudantes, resultando num contexto de muita indisciplina em sala de aula. Este contexto de grande relevância para a realidade escolar não tem sido

considerado pela pesquisa acadêmica na área de ciências. Pois, como afirmam Rezende e Ostermann (2005), enquanto o pesquisador se detém no estudo das dificuldades conceituais dos estudantes, entendidas, em geral, como concepções alternativas tanto conceituais quanto epistemológicas, o professor se ressentir principalmente da precariedade da formação do aluno resultante do ensino fundamental como, por exemplo, das dificuldades relacionadas às linguagens matemática e escrita; principalmente em se falando de estudantes do noturno. Este problema da prática do professor é pouquíssimo explorado como tema de pesquisa, o que pode estar refletindo o viés cognitivista da pesquisa que não tem enfatizado os aspectos afetivos relacionados à aprendizagem.

#### MATERIAL DIDÁTICO

O trabalho realizado pelos grupos de pesquisa do IEDP, na segunda etapa da implementação, apontou para um importante processo de elaboração e atualização de material didático próprio, que pode funcionar como uma estratégia de reconstrução curricular. À medida que os estudantes são convidados a construir materiais didáticos eles também passam a ter maior participação sobre a forma como se constitui o currículo escolar, dando a ele a especificidade de sua linguagem.

#### INTERDISCIPLINARIDADE

Como a relação entre Física e Matemática deve ser valorizada, é preciso se procurar integrar mais este trabalho, pois esta relação se estende desde a importância que assume a matemática na resolução dos problemas da Física até um significado mais contextualizado que a Física pode dar aos saberes desenvolvidos pela Matemática. Contudo, é fundamental que, além de se garantir a presença significativa da Matemática, é preciso conquistar admiradores para a Física, de forma que esta relação esteja aberta à inclusão das contribuições de outras disciplinas.

Destaca-se, pois, a importância das propostas garantirem um espaço e um momento adequados dentro do currículo escolar, de forma que a relevância das temáticas seja percebida pelos estudantes ao receberem a atenção adequada das diversas disciplinas presentes no ensino médio. Conforme afirmam os PCN+:

*“Esta articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar, a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo estudante estará fragmentado e será ineficaz. É esse contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas, seja a energia da célula, na Biologia, da reação, na Química, do movimento, na Física, seja o impacto ambiental das fontes de energia, em Geografia, a relação entre as energias disponíveis e as formas de produção, na História. Não basta, enfim, que energia tenha a mesma grafia ou as*

*mesmas unidades de medida, deve-se dar ao estudante condições para compor e relacionar, de fato, as situações, os problemas e os conceitos, tratados de forma relativamente diferente, nas diversas áreas e disciplinas.”* (Brasil, 2002, p34)

Dois níveis de interdisciplinaridade podem ser identificados nestas implementações. O primeiro envolve novos componentes curriculares; é o caso de tópicos relativos à história da ciência e à epistemologia, por exemplo; o outro envolve o rearranjo dos componentes curriculares já trabalhados por outras disciplinas; é o caso dos componentes curriculares relativos à distribuição de recursos naturais usados como fonte de energia, geralmente tratados pela Geografia, ou do estudo do fluxo de energia na biosfera, geralmente tratado pela Biologia, ou ainda as contribuições da termoquímica.

Assim, a abordagem temática é fundamental para se permitir uma maior problematização das questões mais próximas do estudante. Uma abordagem que enfoque apenas os aspectos conceituais abre menos possibilidades de problematização diminuindo as chances de identificação do estudante com o saber trabalhado.

### CURRÍCULO

Na abordagem com ênfase em HFS o papel do professor como contador de histórias assume grande relevância. Não é trivial ao professor de Física, acostumado com o trabalho sobre modelos matemáticos explicados e desenvolvidos no quadro-negro, passar a narrar histórias e descrever fatos de forma a manter a atenção dos estudantes. Percebe-se que ao se narrar determinado fato histórico é preciso fazer referências a curiosidades da biografia dos personagens envolvidos e da forma de vida da época no sentido de manter a atenção dos estudantes sobre a narrativa.

O desenvolvimento ao longo da implementação de uma concepção de ciência como construção histórica também se destaca como um ponto relevante e que deve ser tratado com persistência. Só uma abordagem sistemática, que retome esta visão de ciência mutável, reconstrutiva, é que garantirá aos estudantes a possibilidade de internalizá-la.

Observamos o desenvolvimento de uma postura mais problematizadora ao longo da implementação com ênfase em CTSA do que em HFS. Enquanto a primeira conta com a problematização de fatos mais ligados ao cotidiano do estudante, a segunda se relaciona mais com fatos históricos, muitas vezes sem referência ao conhecimento prévio dos mesmos. Contudo, entendemos que é necessário oferecer ao estudante oportunidades de experimentarem estas duas ênfases curriculares em distintos momentos de sua formação de ensino médio como forma de enriquecer e complementar seu aprendizado.

Assim, destas atividades de implementação pode-se observar a concretização de um novo currículo, mais interdisciplinar e em condições de oferecer mais oportunidades de aprendizagem do que aquelas oferecidas através apenas da abordagem centrada na resolução de problemas. Percebe-se um maior interesse por parte dos estudantes, não só pelo fato de desempenharem um papel mais ativo no processo de ensino-aprendizagem, mas por encontrarem maior diversidade de informações sobre o tema e pelo mesmo ser abordado de forma mais contextualizada.

Muitas de nossas posições teóricas e convicções metodológicas acerca do currículo escolar foram sendo revistas e complementadas durante a realização da própria pesquisa. Ou seja, foi investigando o planejamento curricular existente e interagindo com os professores e estudantes que vivenciam o currículo que entendemos ser possível propor uma reformulação para o mesmo.

Como nos interessava também desenvolver uma visão de currículo que tivesse a característica de se reconstruir continuamente, a participação dos estudantes parecia ser fundamental para que esta renovação continuada, esta “desconstrução-construção” se sustentasse através da contribuição ativa dos mesmos. A segunda etapa de implementação nos permitiu concluir que o trabalho com projetos de pesquisa e elaboração de material didático contribui bastante para esta inclusão e abertura do processo de análise e planejamento curricular.

#### PCNs

O debate sobre os parâmetros curriculares nacionais tende a aumentar. Muitas escolas, editoras, universidades demonstram estar encontrando alternativas bastante frutíferas dentro da atual proposta, mas é na cooperação com a própria comunidade escolar que estas alternativas se concretizam. Como destacam os PCN+ (Brasil, 2002, p.8):

*“Já se percebem experiências importantes em muitas escolas brasileiras, que desenvolvem novos projetos pedagógicos e novas práticas educacionais, nas quais leituras, investigações, discussões e projetos, realizados por estudantes, superam ou complementam a didática da transmissão e a pedagogia do discurso. Essas novas práticas, usualmente, são resultado de um trabalho de toda a comunidade, em cooperação com a direção escolar, em apoio à transição entre o velho e o novo modelo de escola. Ao identificar propósitos e necessidades diferentes entre os estudantes, essas escolas associam ao trabalho de promoção do aprendizado geral, comum, atividades complementares, de interesse amplo ou particular. Nessas atividades, a presença da comunidade tem sido essencial, pela participação em conselhos, em parcerias com diferentes organizações da sociedade civil e pelo uso de outros espaços e equipamentos sociais, além daqueles disponíveis na escola.”*

Desta forma, uma política clara quanto às possibilidades de uso de livros didáticos, novas tecnologias e laboratórios, gerenciada de forma mais coordenada pela equipe diretiva das escolas no que diz respeito tanto aos aspectos pedagógicos quanto aos financeiros, poderia, além de enriquecer o trabalho de sala de aula, dando oportunidade ao professor de fazer um redimensionamento de seu planejamento curricular.

#### ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS

Uso de mapas conceituais se mostrou bastante eficiente como estratégia tanto de apresentação de uma visão geral de determinado conteúdo, como de reintegração de tópicos já trabalhados. O comentário em aula de mapas conceituais elaborados pelos estudantes enriqueceu bastante a discussão, oportunizando tanto o aprofundamento quanto o esclarecimento do conteúdo tratado.

As definições descritivas do conceito de energia utilizadas na implementação, apesar de serem apenas uma abordagem inicial do conceito, deram-lhe maior significado, pois foi referenciando-se a elas que o professor desenvolveu várias outras lógicas associadas ao conceito, seja para afirmar seu sentido ou evidenciar a limitação da definição, mas pelo menos havia uma referência mais rica que a simples definição como a capacidade de realizar trabalho.

#### COMENTÁRIOS FINAIS

A partir dos resultados desta implementação optamos por apresentar dois projetos curriculares de perfil interdisciplinar a serem implementados em cada um dos institutos de educação investigados. Nos Apêndices C e D encontra-se uma listagem dos principais componentes curriculares destas propostas que serão finalizadas em conjunto com os professores, estudantes e coordenações pedagógicas dos dois institutos até o fim do ano letivo de 2005 a fim de que possam ser implementados já em 2006.

## CONCLUSÃO

Quando iniciamos esta investigação sobre a viabilidade e validade de uma reestruturação curricular do ensino de Física de nível médio, na forma como está sendo proposta pela atual legislação educacional através de seus parâmetros e diretrizes curriculares, de certa forma reconhecíamos uma necessidade de mudança, não necessariamente seguindo estas orientações legais, mas de mudanças em uma tradição curricular que entendemos ser insuficiente para atender às atuais características deste nível de ensino.

Reconhecemos a relevância da aprendizagem associada ao desenvolvimento de modelos físico-matemáticos, pois entendemos que é o domínio destes modelos que garantirá as competências necessárias aos estudantes na solução dos “problemas exemplares” como sugeridos por Kuhn (1978); sendo esta capacidade, a de solucionar problemas usando uma linguagem lógico-matemática, fundamental para um crescimento cognitivo característico do saber disciplinar da Física. Contudo, acreditamos que esta abordagem curricular isolada não esgota as possibilidades de educação escolar relativas à Física do Ensino Médio, sendo necessário diversificarmos a forma de abordagem, no sentido de procurarmos comunicar o saber comum à Física usando linguagens menos formais, de forma a incluir mais estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Procuramos caracterizar o que entendemos ser uma tradição curricular no ensino de Física fortemente influenciada por uma visão acadêmica, uma estratégia de transposição didática que trata a Física escolar como se fosse uma formação básica para o estudo de uma Física científica. Projetos de grande abrangência como o PSSC americano, divulgaram muito esta ênfase curricular no Brasil, sendo, inclusive, reforçada por um perfil claramente propedêutico que transforma os programas dos concursos vestibulares em componentes curriculares do ensino médio. Ou seja, há uma grande tendência no ensino médio brasileiro de ensinar-se Física como se todos os estudantes fossem futuros engenheiros, arquitetos ou qualquer outro profissional da área de exatas, sendo esta tradição curricular passada aos professores desde sua formação profissional e reforçada por uma cultura do vestibular, onde se destaca um saber disciplinar, formal, abstrato, focando o domínio de modelos conceituais.

No entanto, nem todos os estudantes serão profissionais da área de exatas. Hoje, mais do que nunca, muitos estudantes ingressam no ensino médio sem perspectivas de progredirem para estudos de nível superior. Para muitos, o emprego é o principal objetivo, de forma que para eles e também para a atual legislação educacional, o ensino médio é uma

etapa final, no sentido de que ali deve-se concluir um projeto de educação básica que prepare não apenas para se progredir nos estudos, mas também para o mundo do trabalho e para a construção de uma cidadania efetiva. De forma que este nível de ensino requer um sentido em si mesmo, com significado imediato e não relativo a uma futura formação superior na maioria das vezes improvável.

Assim, nesse processo de desenvolvimento e implementação de uma proposta curricular que apontasse alternativas para o ensino de Física, quisemos dar destaque para um momento específico do currículo escolar da disciplina, qual seja, o final do primeiro ano e o início do segundo ano do ensino médio, momento em que, tradicionalmente, se tem apresentado o conceito de energia seguindo-se este perfil acadêmico e propedêutico.

O que quisemos mostrar é que se pode buscar outras formas mais significativas, motivadoras, frutíferas, de se introduzir o conceito de energia para os diferentes contextos escolares. Exemplificamos isto em uma primeira etapa de implementação através do estudo de duas ênfases curriculares e da forma como elas podem ser adaptadas aos diferentes contextos escolares. Entendemos que foi possível garantir um maior interesse e participação dos estudantes dando mais significado ao conteúdo trabalhado, seja ele histórico ou do cotidiano, possibilitando ao estudante enriquecer sua visão de ciência e seu entendimento sobre a temática escolhida.

A abordagem HFS implementada no IEDP, por exemplo, buscou apresentar uma alternativa curricular que ao antecipar o conteúdo de conservação da quantidade de movimento, além de dar mais coerência à seqüência cronológica característica da abordagem histórico-conceitual utilizada, destaca a forma como se dá a construção da ciência discutindo a gênese dos conceitos. Concluímos ser possível implementar este tipo de abordagem porque ela tem um caráter complementar e busca integrar o aprendizado relativo ao domínio da resolução de problemas e não substituí-lo. Os resultados da implementação evidenciaram que esta abordagem tende a incluir mais estudantes no processo de aprendizagem, aumentando o nível de motivação associado a um outro tipo de linguagem para construção do saber, a linguagem histórico-filosófica, não se limitando apenas à linguagem lógico-matemática. Entendemos que esta ênfase HFS expressa mais claramente as influências curriculares da pesquisa em Ensino de Física, enriquecendo o currículo acadêmico, voltado para o vestibular, e estabelecendo um perfil que desenvolva um primeiro nível de interdisciplinaridade, incorporando contribuições tanto da História Geral, como da História da Ciência e da Epistemologia.

A abordagem CTSA implementada no IER representou outro exemplo de alternativa curricular na medida em que substituiu totalmente a tradicional abordagem disciplinar e matematizada do conceito de energia, por uma abordagem mais descritiva, baseada em informações da mídia impressa que abordam o tema gerador referente às fontes de energia. As necessidades e dificuldades específicas deste grupo de estudantes - representantes de uma grande maioria de estudantes jovens e adultos que estão ingressando no ensino médio noturno - demandava um currículo menos abstrato, mais vinculado com o cotidiano, e que tivesse um significado imediato para suas vidas, permitindo aproximá-los o máximo possível do processo de ensino-aprendizagem.

A problematização do tema fontes de energia foi melhor desenvolvida à medida que os próprios estudantes eram os responsáveis pela apresentação das questões através dos seminários. Esta abordagem mais problematizadora e interdisciplinar, que envolveu saberes relativos a outras disciplinas, principalmente a Geografia, mostrou-se mais claramente influenciada pelos atuais PCNs no que diz respeito à abordagem do cotidiano. Há uma forte tendência da escola pública em voltar-se para um currículo mais temático, assumindo um currículo mais próximo das prescrições relativas ao programa do ENEM do que dos concursos vestibulares tradicionais como o da UFRGS.

Neste sentido é que entendemos ser relevante revermos a forma como se constitui o currículo do ensino médio, para que possamos dar oportunidade a uma educação escolar adaptada à realidade e às necessidades específicas dos grupos de estudantes que nela ingressam. As orientações legais em torno de uma maior interdisciplinaridade e contextualização são válidas à medida que contribuam enquanto estratégias adaptáveis a determinado currículo escolar. Ou seja, a abordagem da Física do cotidiano proposta pela atual legislação funcionou muito bem dentro da proposta CTSA, contudo, não se adapta tão bem à abordagem HFS.

Resta-nos, portanto, uma leitura crítica destes parâmetros e diretrizes nacionais, de forma que não nos limitemos a eles e às suas orientações teóricas e metodológicas, mas, afirmando a autonomia de cada comunidade em desenvolver seu próprio planejamento curricular, estabeleçamos um diálogo possível com estas normas, e a partir disso desenvolvamos propostas político-pedagógicas mais autônomas, que dêem identidade às instituições, estruturando sistemas de avaliação mais transparentes e que envolvam todas as dimensões da educação desde a gestão até o currículo.

Se as comunidades, no caso, assumissem seu papel frente às escolhas e às opções curriculares, e as instituições escolares fossem mais abertas a este diálogo, talvez se pudesse estabelecer melhor uma sintonia entre as necessidades de quem aprende e a prática de quem ensina. Desta forma, cada professor, pai ou estudante reconheceria porque razões são realizados estes ou aqueles tipos de práticas educativas, saberiam em função de que tipo de formação escolar se está trabalhando, identificariam em nome de que prioridades os recursos materiais foram utilizados e o tempo foi distribuído.

Contudo, não se percebe esta clareza sobre o currículo e sobre qual o papel que desempenhamos no desenvolvimento do mesmo. O currículo no geral é algo muito obscuro, e não faz parte de uma visão compartilhada pelas comunidades estudadas. Esta falta de lucidez traz grandes dificuldades em promovermos as qualificações humanas pretendidas com a educação escolar que praticamos. Como um dos principais fatores para esta aproximação entre a escola e a comunidade está no trabalho do professor, pois é ele o principal responsável pelo “currículo ensinado”, será ele que permitirá o bom desenvolvimento ou não deste processo. Se faz necessário, portanto, o engajamento dos professores na tentativa de reorganizarem suas experiências educativas, de reverem suas práticas sobre “o que”, “como” e “quando” ensinar, assim também sobre o que, como e quando avaliar.

Assim, após este estudo focando as formas de introdução do conceito de energia, procuramos apontar possibilidades de desenvolvimento curricular relativos a esta temática para o resto do ensino médio. Numa segunda etapa de implementação buscamos tendências no que diz respeito apenas à retomada do estudo da energia no início do 2º ano, buscando estabelecer uma continuidade entre estes dois momentos curriculares, aproximando os conceitos de energia mecânica e de energia interna.

Procuramos explorar uma certa simetria entre estes dois conceitos, na medida em que a energia mecânica têm duas componentes, uma cinética e outra potencial, a energia interna também as possui, sendo a cinética denominada de térmica e a potencial de química ou nuclear. Assim, numa segunda etapa de implementação desenvolvemos um conjunto de projetos tratando da análise e do planejamento curricular, dando destaque a uma abordagem interdisciplinar da energia térmica, da energia química e da energia nuclear. No sentido de se aprofundar o estudo da temática de forma interdisciplinar, contamos com as contribuições da Química e da Biologia. Completando esta segunda etapa de implementação desenvolvemos uma abordagem interdisciplinar incluindo a discussão dos fluxos da energia

na biosfera e na sociedade, integrando novas contribuições, agora da Biologia e da Geografia.

Esta abordagem interdisciplinar está mais próxima também da linguagem do estudante, que entendemos deva ser mais influente sobre a forma como se constitui o currículo escolar. A estratégia que adotamos de implementar projetos voltados para a elaboração de material didático, como as páginas da *web*, ou a própria problematização de questões relativas ao fluxo da energia, além de enriquecerem o currículo, permitem ao estudante um maior envolvimento, uma maior motivação e uma maior influência sobre o desenvolvimento curricular.

Assim, entendemos ser possível uma construção curricular semelhante ao que estamos propondo nesta introdução do conceito de energia para a segunda metade do ensino médio, quando se poderá estabelecer o foco sobre a energia presente nas ondas, nos campos elétricos e magnéticos e na forma como este conceito se insere no contexto da Física moderna e contemporânea. A manutenção de uma atitude interdisciplinar e contextualizadora, que diversifique o desenvolvimento curricular, oportunizando diferentes tipos de aprendizagem de maneira que a mesma seja a mais significativa possível para os estudantes, deverá ser mantida seja qual for a proposta que dê continuidade a este projeto.

Acreditamos, finalmente, ser possível ao professor de Física realizar um planejamento curricular mais integrado com as demais disciplinas e contextualizado na vida dos estudantes, sendo relevante, portanto, saber fazer do próprio desenvolvimento curricular um momento de reflexão e análise que aponte alternativas para este planejamento. Acreditamos que o professor deva buscar um maior diálogo com colegas e estudantes a fim de que possa promover esta integração e contextualização, e que entenda que o currículo não é algo fixo, mas mutável, e que evolui através de um seqüência de construções e desconstruções que se revezam numa reestruturação contínua do fazer educativo.

## REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Fundamentos de biologia moderna**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2004. 568 p.
- AUTH, M. A.; ANGOTTI, J. A. P. O processo de ensino-aprendizagem com aporte do desenvolvimento histórico de universais: a temática das combustões. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 197-232.
- BERNANN, C. **Energia no Brasil: para quê? para quem? crises e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2001. 139p.
- BRANDÃO, C. R. **Pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1983.
- BRASIL. Departamento de Políticas de Ensino Médio (Física). **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília: SEB/MEC, 2004.
- BRASIL. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ensino médio (PCN+)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 360p.
- BRIGHT, M. **SOS planeta terra: a camada de ozônio**. São Paulo: Melhoramentos, 1995.
- CHERRYHOLMES, C. H. Um projeto social para o currículo: perspectivas pós-estruturais. In: SILVA, T. T. da. **Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993. p.143-172.
- COLL, C. **Psicologia e currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar**. São Paulo: Ática, 1996. (Série fundamentos, 123).
- DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 125-150.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992. (Magistério - 2º grau: série formação geral).
- DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 6, n. 2, p. 109-120, jun. 1988.
- FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa: dicionário eletrônico. Versão 3.0**. São Paulo: Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM.
- GARDNER, H. **O verdadeiro, o belo e o bom: os princípios básicos para uma nova educação**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1999.
- GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2001. 3v.

GOLDEMBERG, J. A conservação de energia. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 13, n. 73, p. 48-54, jun. 1991.

GRAF. **Física**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1990. 3v.

HARTWIG, D. R; SOUZA, E.; MOTA, R. N. **Química**: físico-química. São Paulo: Scipione, 1999. v. 2.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1977.

LUZ, A. M. R. da; ALVARES, B. M. **Curso de física**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000. 3v.

MEDEIROS, A. Metodologia da pesquisa em educação em ciências. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 66-72, jan./abr. 2002.

MOLION, L. C. B. Um século e meio de aquecimento global. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 18, n. 107, p. 20-29, mar. 1995.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais no ensino da física**. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 1992. (Textos de apoio ao professor de física, n. 3)

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Alguns aspectos das perspectivas quantitativa e qualitativa à pesquisa educacional e suas implicações para a pesquisa em ensino de ciências. **Boletim de la Academia Nacional de Ciencias**, Córdoba, v. 60, p. 167-190, dic. 1991.

MOREIRA, M. A. **Ensino e aprendizagem**: enfoques teóricos. São Paulo: Ed. Moraes, 1985.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de física**. Porto Alegre: Ed. Universidade-UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais**: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise do currículo. São Paulo: Ed. Moraes, 1987.

MOREIRA, M. A.; REDONDO, A. C. Constructivismo: significados, concepciones erroneas y una propuesta. In: REUNION NACIONAL DE EDUCACION EM LA FISICA, 8., 1993, Rosario. **Memória**. Rosario: Asociacion de Profesores de Física de la Argentina, 1993. p. 237-248.

OLIVEIRA, A. de. Energia e sociedade. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 30-38, mar. 1987.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 184-196, dez. 1996.

PAZZINATO, A. L.; SENISE, M. H. V. **História moderna e contemporânea**. São Paulo: Ática, 1995.

PEDRA, J. A. **Currículo, conhecimento e suas representações**. Campinas: Papirus, 1997. (Coleção Práxis).

QUIVY, R. **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Gradiva, 1992.

RAMALHO JUNIOR, F. **Os fundamentos da física**. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 3v.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A pesquisa em ensino de física e a prática do professor: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 316-337, dez. 2005.

REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Identificação de problemas no currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 2, p. 185-196, jun. 2004.

RICARDO, E. C.; ZILBERSZTAJN, A. O ensino de ciências no nível médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos parâmetros curriculares nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 351-370, dez. 2002.

ROSA, L. P.; CECCHI, J. C. O efeito estufa e a queima de combustíveis fósseis no Brasil. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 17, n. 97, p. 26-35, jan/fev. 1994.

SARIEGO, J. C. **Educação ambiental: as ameaças do planeta azul**. São Paulo: Scipione, 1994.

SILVA, E. R. da; NÓBREGA, O. S.; SILVA, R. H da. **Química: transformações e energia**. São Paulo: Ática, 2001. v. 2.

SILVA, T. T. da (Org.). **Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

SILVA, T. T. da (Org.). **O sujeito da educação: estudos foucaultianos**. Petrópolis: Vozes, 1994.

SILVEIRA, F. L. da; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, p. 7-27, jun. 2002. n. especial.

SILVEIRA, F. L.da. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**. Brasília, v. 11, n. 55. p. 36-41, jul./set. 1992.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 22, n. 3, p. 337-348, nov. 2000.

SOUZA CRUZ, S. M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 171-196.

STARR, C. Energía e potencia. In: LA ENERGÍA. Madrid: Aliança Editorial, 1975. p. 11-43.

TORRES, C. M. A. et al. **Física**: ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2001.

VASCONCELLOS, G. F.; VIDAL, J. W. B. **Poder dos trópicos**: meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira. São Paulo: Casa Amarela, 2001.

WOODS, P. **La escuela por dentro**: la etnografía en la investigación educativa. Barcelona: Paidós, 1986.

## APÊNDICE A: CURRÍCULO E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Nossa primeira intenção é de contribuir para uma maior reflexão sobre o papel do conceito de currículo na educação escolar, estabelecendo um foco no ensino de ciências. Observa-se que o meio acadêmico dá grande relevância para a pesquisa no campo do currículo, tanto na área da educação quanto na área de ensino de ciências, ou mesmo em ensino de Física. Contudo, não se percebe estas reflexões sobre o currículo, articuladas a partir do meio acadêmico, manifestarem-se na interpretação da vida escolar feita, tanto pela escola, com seus gestores, professores, funcionários, quanto pela comunidade, seja pelos próprios estudantes ou pelo resto da sociedade local.

O que pretendemos aqui é uma leitura de algumas destas reflexões sobre o currículo, a fim de que se possa, além de contar com uma referência a partir da qual será possível posicionar-se para uma compreensão mais aprofundada de seu significado, também poder contextualizar estas reflexões, que na sua maioria, são gerais, universais, no trabalho diário da prática educacional.

Nosso passo inicial foi o de buscar um posicionamento político-pedagógico frente ao significado e a função do conceito de currículo no âmbito da reflexão realizada pela pesquisa em educação. Esta pesquisa aponta para uma grande diversidade de representações para este conceito, atestando seu caráter quase polissêmico, de perfil dinâmico, adaptável. Sendo relevante, inclusive, darmos especial atenção à forma como se deu a emergência destes diversos significados para o currículo ao longo de diferentes momentos e contextos histórico-culturais.

Num segundo momento entendemos também ser importante um posicionamento frente ao currículo do ponto de vista legal, daquilo que a sociedade brasileira entende que deve nortear a educação escolar de nível médio. Buscamos, então, uma leitura da atual legislação educacional, principalmente naquilo que diz respeito aos seus parâmetros e diretrizes curriculares.

Finalmente, procuramos fazer um levantamento das principais contribuições de uma área específica do currículo de nível médio, a Área de Ciências da Natureza, estabelecendo, com isso, nosso foco no Ensino de Ciências. A leitura que realizamos incluiu as contribuições da pesquisa na área de Ensino de Ciências, especialmente aqueles aspectos relativos à análise e planejamento curricular, acentuando o enfoque no Ensino de Física.

## A.1 - DIVERSIDADE DE REPRESENTAÇÕES

Inicialmente, se formos buscar pelo termo currículo em um dicionário encontraremos algo mais ou menos assim:

*“[Do lat. *curriculu.*] S. m. 1. Ato de correr. 2. Atalho, corte. 3. Bras. Parte de um curso literário. 4. Bras. P. ext. As matérias constantes de um curso.”* (Aurélio Eletrônico, 1999)

A acepção 4 limita o conceito de currículo às “matérias constantes de um curso”. Contudo, quando procuramos em referências específicas da área da educação sobre uma concepção mais rica e significativa para o termo, acabamos nos deparando com uma diversidade muito grande de outras concepções, que, mesmo não havendo consenso entre seus diversos autores e linhas de pesquisa, enriquecem enormemente as possibilidades associadas às reflexões e práticas associadas ao currículo escolar. Se frustrará quem estiver buscando uma definição clara, objetiva, que fosse consenso para os educadores. Pelo contrário, encontramos diversos autores (Terigi, 1996; Goodson, 1995 e Pedra, 1997), que entendem não ser de grande relevância buscarmos sentidos últimos para o termo, ou mesmo sua origem última, como se lá fôssemos encontrar um significado “puro”. Não será nosso objetivo, portanto, encontrar o sentido “verdadeiro”, “essencial”, pois o que importa é perceber a forma como se dá a evolução destas diferentes representações que o conceito de currículo assumiu ao longo da história da educação.

De forma geral, para os pesquisadores em educação, o significado para o currículo tende a oscilar entre sua associação a um documento concreto, algo específico e bem definido que norteará a ação do professor (o plano de estudos), até sua associação com tudo que realmente se vivencia na escola, algo bastante indefinido e subjetivo, incluindo tudo aquilo que resulta do processo de ensino-aprendizagem (a experiência escolar) e até o que foi deixado de fora, que foi ignorado em detrimento de outros saberes, práticas e crenças.

Visando posicionar-nos frente a esta realidade complexa e dinâmica, característica do termo currículo, nos ocuparemos, inicialmente, de algumas concepções clássicas, sem, no entanto, buscarmos uma abordagem exaustiva. Procuraremos, entretanto, identificar algumas implicações que uma melhor compreensão sobre os diversos significados do termo pode trazer para a análise e o planejamento curricular.

### Currículo como prescrição

Conforme Goodson (1995), a etimologia do termo latino *curriculum* está associada a *scurrere*, que se refere ao ato de correr. *Curriculum*, no entanto, teria um sentido mais abrangente referindo-se além do ato de correr também ao percurso, ou ao caminho a ser seguido durante a corrida. Pode-se ainda usar *curriculum* para referir-se à forma com que se corre (de carro, a pé, a cavalo...) ou mesmo ao local e tudo mais que aconteça durante a corrida. O termo, portanto, assume um sentido bastante amplo que compreende desde o ato de correr até tudo que ocorre durante a execução do mesmo.

Talvez o sentido prescritivo que o termo currículo assumiu na educação talvez esteja vinculado à própria etimologia do mesmo, como se tivesse sido feita uma metáfora entre o educador e o corredor. Nesta metáfora podemos comparar a necessidade que o corredor tem em saber o “caminho a ser percorrido” com a necessidade que o educador tem em saber o “conhecimento a ser ensinado”. Esta necessidade de ter algo prescrito se tornou, praticamente, a visão tradicional de currículo utilizada por muitos professores, ou seja, o currículo se resume a uma relação de conteúdos entendidos como necessários para o domínio básico da linguagem e métodos associados a uma determinada disciplina, de forma que estes conteúdos deveriam ser organizados sequencialmente em termos lógicos e transmitidos pelo professor da forma mais eficiente possível aos seus estudantes.

A representação de currículo como prescrição ganhou destaque após a Revolução Francesa, em 1789, quando os estados passaram a assumir a responsabilidade sobre a educação de suas populações, tomando para si a função de “prescrever” o que deveria ou não ser ensinado para o futuro cidadão. O termo currículo era entendido, portanto, como a expressão desta prescrição. O que tivemos neste momento foi uma generalização de um currículo de forte propensão religiosa e com um perfil memorístico-academicista que acabaria por ter grande influência, tanto na Europa e nos Estados Unidos, quanto na América Espanhola e Portuguesa. Foi desta forma que os fundamentos básicos da escola tradicional, isto é, o ler, o escrever e o contar, mais o ensino religioso, constituíram a base de todo o ensino que herdamos enquanto sociedade colonizada (Goodson, 1995).

Pedra (1997, p.32) retoma a visão de alguns autores que exemplificam esta representação de currículo com claro caráter prescritivo:

*“Johnson (1967)<sup>12</sup> especifica: ‘...currículo é uma série estruturada de objetivos para a aprendizagem que se pretende alcançar’. Taba (1974)<sup>13</sup> dirá que currículo é, em*

<sup>12</sup> JONHSON, M. “Definitions and models in curriculum theory”. International Review of Education1. 1967.

<sup>13</sup> TABA, H. Elaboración del currículo. Buenos Aires: Troquel, 1974.

*essência, um plano de aprendizagem. Beuchamp (1968)<sup>14</sup> avisa que o currículo é um documento escrito que circunscribe o âmbito e a estruturação do programa educativo projetado para uma escola. Coll (1987)<sup>15</sup> diz que currículo é o projeto que preside as atividades educativas escolares, precisa suas intenções e proporciona guias de ação adequadas e úteis para os professores que têm a responsabilidade direta de sua execução.”*

Desta visão de currículo como algo fixo, pré-estabelecido, que tem sua existência fortemente associada a um momento passado e, portanto, inalterável, evoluímos para uma visão mais dinâmica, construtiva, assumindo uma existência vinculada ao momento presente e, assim, passível de ser alterada.

### Currículo como experiência escolar

Para tentar superar esta visão prescritiva de currículo, de perfil fortemente religioso-memorístico-academicista, educadores como John Dewey buscaram uma visão que fosse mais aberta, que incluísse o processo pelo qual a educação se realiza, ou seja, o entendimento de que era através da experiência vivenciada na escola que o estudante aprenderia: “aprenderia fazendo”.

Definições de currículo de seguidores de Dewey como a de Kilpatrick (citados em Terigi, 1996): "...currículo é uma sucessão de experiências escolares adequadas a produzir, de forma satisfatória, a contínua reconstrução da experiência". Ou de Caswell e Campbell: "currículo abrange todas as experiências do educando sob a orientação do professor", ou radicalizando mais ainda Campbell em 1935 afirmaria que: “currículo é tudo o que acontece na vida da criança, na de seus pais e de seus professores”. Assim, o "currículo como experiência" acabaria sendo criticado justamente por esta demasiada generalização:

*“Esta proposta merece ao menos uma objeção dirigida à sua generalidade, e à sua correlata indeterminação: estamos, uma vez mais, na tentação, heurísticamente pouco útil, de identificar o curriculum como tudo o que acontece em educação.”* (Terigi, 1996, p.165)

Em 1949, Tyler, considerado um dos clássicos do currículo, reforça ainda mais a idéia de currículo por experiência, em seus “Princípios Básicos de Currículo e Ensino” nos colocando diante das seguintes questões fundamentais para a análise e planejamento curricular (Pedra, 1997, p.40):

- Que objetivos instrucionais a escola deve procurar atingir?
- Como selecionar as experiências de aprendizagem que possam ser úteis à realização desses objetivos?

<sup>14</sup> BEUCHAMP, G. A. Curriculum theory. Wilmette: The Kagg Press, 1968.

<sup>15</sup> Ver COOL, 1996.

- Como organizar as experiências de aprendizagem para um ensino eficaz?
- Como avaliar a eficácia das experiências de aprendizagem?

Esta concepção de currículo centrado na experiência educativa aproximava as noções de conteúdo e método e admitia que o currículo não inclui apenas experiências de sala de aula, mas também atividades extraclasse. Ela fez com que o foco passasse a ser o estudante, o ambiente sócio-cultural e a forma de se organizar o ambiente para o desenvolvimento das experiências desejadas. Contudo, ela sempre teve um referencial muito técnico e psicologizante. Dando mais ênfase ao “como aprender tal conhecimento?” do que ao “por que ensinar tal conhecimento?” (Giroux et al., 1981). Percebe-se como esta visão de currículo estava vinculada à idéia de se transmitir uma “herança cultural”, de se criar um consenso moral e prover um currículo que mantivesse a sociedade então existente funcionando, trazendo um sentimento de se manter o *status quo* (Apple, 1982).

Esta postura política se manteve e evoluiu para um perfil tecnicista, vinculado principalmente aos grandes avanços da ciência do pós-guerra.

#### Currículo como projeto científico

Desde 1633 já se encontram registros de *curriculum* sendo utilizado no sentido de “plano de estudos” (pela Universidade de Glasgow conforme o Oxford English Dictionary, citado em Terigi, 1996), mas a visão do currículo concretizada através de detalhados planejamentos elaborados por especialistas, virá a se afirmar apenas a partir de 1960, nos EUA, reforçando enormemente o caráter disciplinar e acadêmico do currículo de nível médio.

Esperava-se que, partindo do diagnóstico das necessidades sócio-culturais dos educandos, poderia ser possível determinar os objetivos a alcançar a fim de que os estudantes pudessem enfrentar as demandas da sociedade, participando como “membros úteis dessa cultura”. Mirando estes objetivos discutia-se então os processos que permitiriam alcançá-los, um dos mais relevantes fatores a serem considerados era o que diz respeito à determinação do que avaliar e dos meios mais eficientes de fazê-lo.

Esta visão de currículo baseava-se em proposições empiricamente testáveis, assumindo que as ciências naturais provinham um paradigma adequado para se analisar e planejar o currículo, partindo do princípio que o conhecimento poderia ser investigado e descrito de maneira neutra (Gerou et al., 1981). Sobre esta idéia de neutralidade científica passou a pesar uma forte crítica, mais política do que pedagógica, mas não menos relevante, pois como salienta Terigi (1996, p.173):

*“Este é o sentido do termo curriculum a que remete a produção estadunidense: uma ferramenta tecnológica para adequar o conjunto da educação às exigências de conformação da sociedade industrial, e em um sentido mais geral, um pensamento sistemático não apenas sobre o que prescrever, mas sobre como fazê-lo.”*

Contraopondo-se a esta ênfase tecnicista e psicologizante do currículo, uma ênfase mais sociológica e histórica emerge na Europa...

#### Currículo como representação do real, do oculto e do vazio

Conforme Goodson (1995), no final da década de 60, na Inglaterra, emerge a noção de “currículo oculto”. Proposta por Philip Jackson em seu livro “Life in Classroom” (1968) esta concepção implicava a existência de alguma coisa “invisível” que não estava expressa no “currículo formal” (prescrito, planejado cientificamente para oferecer as melhores experiências), mas que caberia explicitar, pois se referia àquilo que é aprendido mesmo não estando prescrito e planejado. A influência do afetivo, comum às relações humanas existentes em uma sala de aula, as relações de poder entre professor e estudante, a influência da família, da comunidade, estavam todas agora identificadas como sendo parte do currículo, mesmo não estando estas práticas prescritas em nenhum planejamento prévio.

Na década de 80, emerge na França, uma distinção proposta por Philippe Perrenoud entre o “currículo formal” (prescrito) e aquilo que é realmente ensinado, o “currículo real”. O foco deixa de ser aquilo que “deveria” ser ensinado (currículo formal) e sim aquilo que realmente ocorria em sala de aula através das atividades pedagógicas cotidianas, ou seja, a forma pela qual se concretizava o currículo; incluindo aí o currículo oculto.

Em Coll (1996) também se observa uma diferenciação entre “planejamento curricular” (currículo formal) e “desenvolvimento curricular” (currículo real), enquanto o primeiro remete ao documento, o “Projeto Curricular”, o segundo remete ao ato de educar, ao processo de ensino-aprendizagem, à implementação do projeto. Assim, para Coll (1996, p.154):

*“O Projeto Curricular está em aberto às modificações e correções que surgem com sua aplicação e desenvolvimento. Sua estrutura deve ser suficientemente flexível para integrar e mesmo potencializar essas contribuições, em um processo de enriquecimento progressivo.”*

Desta forma, espera-se superar a falsa dicotomia entre “currículo como texto” e “currículo como prática”, admitindo-os como diferentes expressões do currículo, a serem consideradas tanto na análise e no planejamento curricular, como no desenvolvimento e avaliação curricular.

Acrescenta-se, finalmente, a noção de currículo vazio, referindo-se àquelas oportunidades que foram excluídas, argumentando que elas produzem aprendizagem tanto quanto aquelas oportunidades fornecidas. McCutcheon (citado em Cherryholmes, 1993) define currículo como se referindo a:

*“...aquilo que os estudantes têm oportunidade de aprender na escola, através tanto do currículo oculto quanto do explícito, assim como aquilo que eles não têm oportunidade de aprender porque certas matérias não foram incluídas no currículo – aquilo que foi chamado por Eisner de currículo vazio”*

### Currículo como representação sócio-cultural

A sociologia da educação através de estudos no campo do currículo (Goodson, 1995; Apple, 1982; Forquin, 1996; Pedra, 1997) nos sugere uma abordagem histórica que expõe a arbitrariedade com que se realizam os processos de seleção e organização do conhecimento escolar. O currículo como está posto não é resultado de um consenso amigável, mas de um processo que envolveu conflitos entre diferentes tradições e visões sociais. Por isso, o entendimento é de que não se trata apenas de se otimizar o acesso ao currículo que aí está, é preciso também questionar o que está posto, reconhecer seu caráter relativo e contextual. Conforme Goodson (1995):

*“Se quisermos construir um mundo social que não fique sujeito às invenções e convenções do passado, é preciso compreender como a escola e o currículo vieram a adquirir a forma que agora têm; é necessário situá-los na moldura histórica que determinou as formas particulares com as quais, presentemente, eles nos confrontam”.*

Segundo autores que se identificam com esta visão de currículo (Giroux et al., 1981 e Apple, 1982) ela se caracteriza por ser uma abordagem politicamente engajada que contextualiza a educação em uma sociedade capitalista, de forma que a escola passa a ser considerada como uma das instituições que realiza a reprodução social e cultural das classes. Esta visão, os próprios autores admitem, pode gerar um certo sentimento de impotência nos educadores, mas do ponto de vista político esta concepção contribuiu para a emergência de novas análises no campo do currículo como foi o caso das chamadas “teorias da reprodução”<sup>16</sup>.

Em 1971 Michael Young reúne diversos artigos sobre currículo, elaborados por diferentes autores, numa compilação intitulada “Conhecimento e Controle: novas orientações para a sociologia da educação”, constituindo o que será chamado de Nova

---

<sup>16</sup> Análise das contribuições do currículo para reprodução de mecanismos sociais que garantissem a força de trabalho nas sociedades industriais, defendidas por autores como Apple e King, Bourdieu e Passeron na década de 80.

Sociologia da Educação britânica (NSE). A NSE questionava a legitimidade do currículo por experiências, defendida basicamente por teóricos americanos, pois entendia que esta concepção de currículo baseava-se numa suposta “neutralidade” política e na defesa de uma “verdade científica” que eram muito relativas. O currículo para a NSE passaria a ser visto como um recorte da produção social e cultural da qual ele faz parte, implicado em uma rede de relações de poder sem neutralidade alguma e criadora de suas próprias verdades. A crítica também salienta o caráter academicista das disciplinas escolares, como afirma Goodson (1995, p.42):

*“Basicamente, um sistema assim hierárquico é muitas vezes visto como algo que nega a dialética da educação, a noção de diálogo e a flexibilidade que alguns consideravam (e ainda consideram) fundamentais para o processo de aprendizagem. Se a matéria de estudo é em grande parte definida pelo julgamento e prática dos estudiosos especializados, e se os estudantes são metidos numa tradição de atitudes como que passivas e resignadas, então essa mutualidade é deliberadamente negada. A retórica da disciplina e a matéria acadêmica podem, portanto, ser consideradas características de uma forma particular de relações sociais.”*

Santos (1995, p.61) reforça esta idéia, acrescentando ainda o papel de alguns fatores internos às diversas áreas curriculares afirmando que:

*“A literatura sobre a história das disciplinas escolares mostra, de um lado, que na análise das mudanças sofridas pelas disciplinas escolares podem ser privilegiados fatores diretamente ligados ao contexto social. Nessa perspectiva, as mudanças de orientação do conteúdo curricular são relacionadas a eventos sociais e políticos, estando diretamente vinculadas ao controle social. Da mesma forma, no estudo de mudanças curriculares podem, por outro lado, se privilegiar fatores internos (dentre outros, emergência de grupos de liderança intelectual, surgimento de centros acadêmicos de prestígio na formação de profissionais e na pesquisa na área, organização e evolução das associações de profissionais e política editorial) como mais explicativos destas mudanças.”*

Santos (1995) segue alertando para que se tenha claro que os eventos sociais e políticos não definem por si só a direção do currículo, apenas tornam “plausíveis ou implausíveis certas idéias já existentes em um campo do currículo”. Por isso há de se ter cuidado com o possível efeito descontextualizador que uma abordagem excessivamente psicológica poderia ter sobre o significado do currículo.

Finalmente, para Pedra (1997, p.58), está clara a necessidade de se evidenciar o caráter cultural do currículo e sua função de dar uma determinada representação de como é esta cultura a que o currículo se refere:

*“Os conhecimentos que pelo currículo são selecionados, sistematizados, distribuídos e avaliados derivam de uma cultura concreta e ultrapassam os denominados ‘conhecimentos científicos’ que, por definição encontram-se expressos nos conteúdos próprios das diversas disciplinas. Trazem, por isso – por serem culturais -*

*representações do que pode ser considerado conhecimento válido e não-conhecimento. Transmitem, assim, para além do `conhecimento científico`, um modo de ver e classificar o `mundo vivido`”.*

Pedra (1997, p.45) completa, dando maior abrangência ao conceito de currículo, com fortes implicações políticas e pedagógicas:

*“Qualquer currículo traz a marca da cultura na qual foi produzido. Por tal razão é que se pode entender que no currículo estão contidos mais que os conteúdos que constituem as disciplinas. O currículo também abriga as concepções de vida social e as relações sociais que animam aquela cultura.”*

### Currículo como transposição didática

Os limites entre currículo e didática nunca estiveram muito claros. Mesmo que consideremos o currículo como predominantemente preocupado com as questões de conteúdo, relativas a seleção e a organização do conhecimento escolar, e a didática priorizando mais as questões de forma, relativas ao processo de ensino e à interação humana ali presentes, não há como um campo não se referir ao outro.

Em meio a esta quase “simbiose” entre os dois campos de estudo é que emergiu da corrente francesa de Didática da Matemática: a Teoria da Transposição Didática. Apresentada por Ives Chevallard em 1980, teve sua origem nos maus resultados apresentados pela introdução da chamada Matemática Moderna (Terigi, 1996). Mesmo sendo o conhecimento sobre matemática mais atualizado que se poderia dispor no momento, a Matemática Moderna não estava sendo adequadamente transposta para os bancos escolares franceses. Passou-se, portanto, a se colocar em cheque o currículo academicista, evidenciando a distância entre o “saber erudito” e o “saber escolar”, mostrando que existe uma limitação curricular associada a esta capacidade de se realizar tal transposição didática, ou seja, a Física do físico não é a mesma que a do professor de Física, pois esta última pode constituir-se em um espaço onde se elabore um saber escolar original; nas palavras de Santos (1995, p.66):

*“Este processo de transformações inclui, dentre outros, a segmentação dos conteúdos, cortes, simplificação, a organização progressiva deste conteúdo e sua transformação em lições, em exercícios e questões de avaliação.”*

### Currículo representado pela avaliação

Mais recentemente, na década de 90 no caso do Brasil, os estados através de suas legislações parecem ter se eximido da tarefa de prescreverem um currículo nacional, dando a falsa idéia que se poderia ensinar o que se quisesse, estipulando apenas algumas diretrizes e

parâmetros bastante flexíveis. No entanto, o estabelecimento de uma série padronizada de avaliações que pudesse ser aplicada a toda população escolar passou a ser realizada pelo poder central, caracterizando-se, ela mesma, como um verdadeiro “currículo nacional”.

A forte influência que a forma de seleção para ingresso no ensino superior exerce sobre o ensino médio através dos programas dos concursos vestibulares, e agora, mais recentemente, através da influência de políticas educacionais como a prova do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), apontam para esta interdependência entre currículo e avaliação. Explicita-se, portanto, uma outra maneira dos governos prescreverem um currículo nacional, pois a partir do momento em que estas avaliações passam a servir como referência tanto para selecionar o ingresso no ensino superior como para avaliar a qualidade das instituições de ensino médio, elas passam a ter um peso significativo sobre o planejamento curricular.

Politicamente pode-se argumentar que esta lógica associa-se à ideologia do estado mínimo, onde os estados deslocam-se de prestadores de um serviço educacional para controladores dos efeitos desta prestação de serviços por parte da iniciativa privada. Com isso, aos poucos eles se retiram da prestação direta do serviço, estabelecem padrões mínimos de rendimento, tornam públicas as informações sobre a eficiência dos prestadores e, finalmente, subsidiam a população a fim de poderem melhor escolher entre os diversos “produtos” disponíveis no novo “mercado da educação”. Este foi o caminho trilhado por países como a Inglaterra e questiona-se o quanto o Brasil já percorreu nesta mesma direção nos últimos anos.

#### Currículo: uma visão pós-moderna

Como a história do currículo mostra, a concepção compartilhada pela maioria dos pesquisadores em educação passou por uma série de “versões”, que concentram a atenção da comunidade por um tempo, mas logo são confrontadas por outras, que acabam por tornar-se o novo foco das atenções. Quer nos parecer com isso, que a visão pós-estruturalista de currículo, parece acertar ao afirmar ser o conceito de currículo passível de uma desconstrução atrás da outra. De forma que significados definitivos, absolutos, parecem não se sustentar mais. Segundo Cherryholmes (1993, p.161):

*“...primeiramente porque os eventos concretos que estimularam sua adoção desaparecem ou tornam-se menos pressionantes e/ou novos acontecimentos desarranjam o discurso e as práticas relacionadas – uma hipótese foucaultiana<sup>17</sup>”.*

---

<sup>17</sup> Relativo a Michel Foucault, filósofo francês que se considerava um historiador dos sistemas de idéias e mapeou o desenvolvimento de sistemas de pensamento ou práticas discursivas tais como os que constituem as

*Em segundo lugar, a persuasão organizadora de uma determinada idéia mostra-se, subseqüentemente, suspeita, seja devido à crítica direta seja devido à análise indireta – uma hipótese derrideana<sup>18</sup>.*”

Assim, a construção e a desconstrução curricular circulam em torno de uma questão central: por que razão se deve oferecer oportunidade de se aprender determinados temas em detrimento de outros? Esta crítica desconstrutiva nos leva a procurar fazer julgamentos objetivos sobre o processo de ensino-aprendizagem, sobre a organização curricular e as estratégias de avaliação, evitando que atribuamos significados absolutos para algumas afirmações sobre o conhecimento pedagógico ou sobre a política educacional.

Não devemos esperar encontrar, portanto, o que realmente é o currículo, para que de posse desse saber/poder pudéssemos, de forma autorizada e legitimada, implementá-lo, desenvolvê-lo e avaliá-lo. Assume-se que todas as teorias e princípios organizadores de uma determinada visão de currículo são necessariamente marcados pelas incertezas e transitoriedade dos esforços humanos. Devemos então admitir que a construção e a desconstrução farão parte do processo de ensino-aprendizagem, e que o currículo se desenvolve dentro desta alternância. Aqueles que constroem devem fazê-lo compreendendo que aquilo que está sendo construído é temporal, falível, limitado, e que cada construção, em última instância, será substituída por outra. Aqueles que promovem a desconstrução, por sua vez, deverão fazê-lo de forma a reconhecer que mesmo durante a desconstrução já se faz necessário considerar uma nova construção, e que além de considerá-la é preciso encorajá-la.

#### Popularização do termo

Quando Franklin Bobbit em 1918, em seu livro “The curriculum”, realiza os primeiros estudos sistemáticos sobre o campo do currículo, talvez não imaginasse a popularidade que o termo assumiria até o final do século no discurso sobre educação. No Brasil, da década de 70 para cá, o termo deixa de ser de uso restrito de alguns poucos especialistas e passa para o domínio público. A Lei 5.692/71 introduziu expressões como

---

prisões modernas, as instituições mentais, os hospitais, a sexualidade, a economia política e a relação entre saber e poder. Foucault buscava uma genealogia das idéias, e no contexto dos estudos curriculares evidencia a genealogia do próprio discurso e práticas relacionadas ao currículo, deixando claro que “a verdade não pode ser falada na ausência do poder e cada arranjo de poder tem suas próprias verdades”.

<sup>18</sup> Relativo a Jacques Derrida, também um filósofo francês, que centra sua crítica pós-estrutural sobre o texto escrito, e sobre a forma pela qual se procura, através destes textos, estabelecer alguns significados fixos para alguns conceitos. Para estes significados imutáveis Derrida propõe a desconstrução afirmando que “aquilo que se coloca como o centro e a base de um sistema de signos como o currículo é uma ilusão”, porque o que está expresso pressupõe algo anterior, e que se seguirmos na tentativa de voltarmos às origens daquele significado verificaremos que elas ou nos levam continuamente a outras idéias prévias ou então acabarão por contradizer-se mutuamente.

“currículo pleno” e “plano curricular”, neste período também foi criada a disciplina “Currículos e Programas” para os cursos de pedagogia e foram iniciados os primeiros cursos de pós-graduação que tomaram o currículo como campo de estudos (Pedra, 1997).

## **A.2 - PARÂMETROS E DIRETRIZES**

Neste texto de apoio ao professor procuramos também nos aproximar da atual legislação educacional, encaminhada a partir de 1996 com a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN/96). Esta legislação nos apresenta um cenário de mudanças e uma proposta de reestruturação curricular. Ela reconhece na atual realidade econômica, política e social brasileira, a emergência de uma “revolução tecnológica” associada, principalmente, ao “mundo do trabalho”. De forma que ao tentar reestruturar a atual educação escolar esta legislação se propõe a atender às expectativas de um futuro cidadão que busca sua inclusão nesta nova “sociedade do conhecimento”.

Entendemos que a reforma curricular em andamento no Brasil, apesar de ter força de lei, ainda não foi debatida o suficiente para passar a fazer parte da prática das salas de aula do país; a nova proposta de educação nacional ainda está no papel e ali permanecerá a menos que nós, professores, nos debruçemos sobre ela com a disposição de modificarmos nossa prática.

Entendemos, também, que o êxito da atual mudança curricular deverá passar, invariavelmente, pela leitura dos textos que normatizam a educação básica, passo fundamental para a pertinência e a objetividade do necessário debate que permitirá o planejamento das possíveis alterações das práticas e saberes escolares. É preciso, no entanto, que as próprias instituições de ensino assumam a responsabilidade de promover este debate, pois é delas a responsabilidade de posicionarem-se sobre a reforma perante suas comunidades.

O que segue é uma leitura dos textos que atualmente normatizam a educação nacional, a fim de que se possa refletir sobre um planejamento curricular que resulte de um diálogo entre os interesses da comunidade escolar e as orientações sugeridas pelas normas legais.

### Bases legais

Com a aprovação da nova LDBEN/96 o Ministério da Educação (MEC) assumiu a tarefa de coordenar a elaboração de um novo projeto curricular para o país, de forma que os

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) são resultado da realização desta tarefa. No caso do Ensino Médio os documentos<sup>19</sup> foram elaborados sob a coordenação da Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico (SEMTEC/MEC) que, em julho de 1997, enviou-os para receberem um parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE). Então, em junho de 1998, através da Câmara de Educação Básica (CEB), o CNE apresentou seu parecer constituindo as chamadas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM). Formam, portanto, a LDBEN (nº9.394/96) e as DCNEM (Parecer nº15/98 e Resolução nº03/98), os principais textos normatizadores do atual currículo do Ensino Médio brasileiro.

Complementando esta legislação os PCNs, os PCN+ e as Orientações Curriculares do Ensino Médio<sup>20</sup> dão subsídios para um melhor entendimento da proposta de reestruturação curricular, sem, no entanto, possuírem o mesmo caráter normatizador.

As mudanças sugeridas nestes textos estão articuladas a partir de uma problematização inicial que entendemos ser fundamental para a compreensão dos parâmetros e diretrizes adotados.

#### Problematizações iniciais

Duas grandes problematizações parecem influenciar de maneira definitiva os textos legais: uma envolve a identificação do que se entende ser uma “fragmentação do conhecimento” e o conseqüente isolamento das disciplinas escolares, a outra está relacionada às modificações decorrentes da emergência do que se chamou uma “sociedade tecnológica” e a conseqüente necessidade de se promover uma educação escolar que atenda às expectativas dos cidadãos que almejam fazer parte desta nova sociedade. Para a primeira problemática se propôs a “interdisciplinaridade” e para a segunda as “competências básicas”, sendo, ambas, estratégias que deverão ser trabalhadas através de conhecimentos “contextualizados” no cotidiano dos estudantes.

O problema do ensino compartimentado, tradicionalmente estruturado em um sistema de disciplinas estanques, está firmemente enraizado na educação escolar ocidental,

---

<sup>19</sup> Estes documentos constituem os chamados PCNEM que, juntamente com a LDB e as DCNEM, integram o livro distribuído em todo território nacional pelo MEC. Para fins de referência bibliográfica sempre que qualquer um destes documentos for referido será a partir da referência bibliográfica relativa a este livro: Brasil (1999).

<sup>20</sup> Os PCN e os PCN+ foram elaborados pela SEMTEC/MEC ainda na gestão do governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, sendo o primeiro de 1999 e o segundo de 2002; os PCN+ envolvem textos complementares de forma que a referência a eles será feita a partir de Brasil (2002). Já as Orientações Curriculares para o Ensino Médio foram elaboradas pelo Departamento de Políticas de Ensino Médio da Secretaria de Educação Básica (SEB/MEC) em 2004, já no governo do Presidente Luis Inácio Lula da Silva, sendo analisado o texto referente ao Ensino de Física elaborado por E.C.Ricardo cujas referências serão feitas a partir de Brasil (2004).

manifestando mais do que uma opção pedagógica, mas o resultado da reprodução inconsciente de uma visão de mundo fragmentária e compartimentada.

Sobre esta “compartimentação” do ensino Ruy Leite Berger Filho, Secretário de Educação Média e Tecnológica em 1999, coordenador do trabalho sobre os PCNs afirma:

*“Tínhamos um ensino descontextualizado, compartimentado e baseado no acúmulo de informações. Ao contrário disso, buscamos dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender.”* (Brasil, 1999, p.13)

Esta disposição em se enfrentar a atual fragmentação do ensino através de propostas curriculares interdisciplinares, baseadas no domínio de competências básicas e na contextualização do conhecimento na vida dos estudantes, passa a representar a idéia central da reforma.

Aliado a isto, os PCNEM nos apresentam o cenário de um mundo em constante mudança, o mundo da “sociedade tecnológica”. Esta denominação se deve às novas relações de trabalho estabelecidas pela chamada terceira revolução industrial (ou a revolução da informática) que se caracteriza pelos avanços da micro-eletrônica, que no Brasil se acentuaram a partir da década de 80, permitindo que os efeitos destas mudanças começassem a serem sentidas de maneira cada vez mais intensa de lá para cá.

A constatação fundamental, e que acaba por dar grande relevância às demandas desta nova sociedade, é que, de fato, existe a expectativa de que a educação escolar possa garantir a inclusão neste novo mundo do trabalho. Contudo, ao mesmo tempo em que emerge e abre novas possibilidades para a vida em sociedade, a tecnologia também segrega e exclui aqueles que não têm as “competências básicas” para manuseá-la, aí então está o papel da educação escolar: “garantir ao cidadão a competência necessária para o trabalho na nova sociedade tecnológica”.

Nesta tentativa de trazer para a sala de aula o saber associado a estas diversas tecnologias devemos ter o cuidado de não nos limitarmos às conexões apenas ilustrativas entre ciência e tecnologia. Uma idéia muito comum é a de que as tecnologias são simples aplicações das ciências e que, uma vez compreendidas as ciências, as tecnologias seguiriam automaticamente. Esta é uma concepção bastante limitada e que precisa ser repensada. A construção de uma tecnologia implica considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além da simples aplicação do conhecimento produzido pela ciência. É justamente a compreensão destas outras implicações que torna possível um estudo crítico, contextualizado e interdisciplinar destas tecnologias. Ademais, é preciso sempre ter claro

que a “ciência escolar”, trabalhada na sala de aula, e a “ciência pura”, desenvolvida pelos pesquisadores e que produz o conhecimento científico básico para estas tecnologias, estão distanciadas por uma transposição didática que as torna saberes distintos.

As DCNEM chegam a afirmar que as tecnologias “só podem ser apreendidas de forma significativa se contextualizadas no trabalho” (Brasil, 1999, p.93), tal é o vínculo que se estabelece entre formação tecnológica e preparação para o trabalho. Assim, de forma geral o que temos é a proposta de desenvolvermos competências básicas que permitam o manuseio das principais tecnologias presentes no mundo do trabalho da nova sociedade tecnológica.

#### Contexto da educação escolar

Ao definir as diretrizes da educação escolar a LDB em seu Art.22 também destaca os principais contextos nos quais a educação de nível médio deveria se basear: *o da preparação para o trabalho, o do exercício da cidadania e o dos meios para progredir nos estudos posteriores.*

A *preparação para o trabalho* não se limita a uma preparação específica, como no antigo ensino técnico profissionalizante<sup>21</sup>, mas sim uma preparação mais geral que permita uma adaptação ao novo mundo do trabalho. Neste sentido, a preparação para o trabalho está mais relacionada com a capacidade geral de aprendizagem do que com o domínio de um certo número de informações e procedimentos específicos de uma determinada área.

A formação básica para o trabalho é defendida como necessária para se compreender a tecnologia e a produção, com o propósito de preparar os jovens para a realidade contemporânea. Assim, a proposta pedagógica do ensino médio deve tomar como contexto principal o mundo do trabalho e o exercício da cidadania. Defende-se que é preciso destinar uma atenção especial aos processos produtivos de bens, serviços e conhecimentos com os quais o estudante se relaciona no seu dia-a-dia, bem como aos processos com os quais se relacionará mais sistematicamente na sua formação profissional. Evidenciar no trabalho em sala de aula a relação entre teoria e prática, entendendo como prática os processo produtivos e como teoria seus fundamentos científico-tecnológicos.

Esta busca pela inclusão na nova sociedade tecnológica talvez atenda mais às necessidades da sociedade do que do indivíduo. O trabalho é considerado o contexto mais

---

<sup>21</sup> Característico de um período da educação nacional onde se pretendia oferecer uma formação específica, profissionalizante, a uma parte dos estudantes no nível médio, constituiu-se em uma tradição pedagógica voltada para a prática, para a funcionalidade e para atender a demandas específicas do mercado de trabalho.

importante para as atuais diretrizes curriculares. Já na LDB, nos Artigos 35 e 36, ele recebe destaque que é posteriormente reforçado pelas DCNEM. Esta ênfase foi alvo de muitas críticas que entendem tratar-se de uma reforma curricular submissa a uma demanda reprimida dos atuais meios de produção de bens. Contudo, existe o contra-argumento de que as atuais necessidades do mundo do trabalho estão, talvez pela primeira vez, em sintonia com o papel humanista que se espera da educação:

*“A nova sociedade, decorrente da revolução tecnológica e seus desdobramentos na produção e na área da informação, apresenta características possíveis de assegurar à educação uma autonomia ainda não alcançada. Isto ocorre na medida em que o desenvolvimento das competências cognitivas e culturais exigidas para o pleno desenvolvimento humano passa a coincidir com o que se espera na esfera da produção”.* (Brasil, 1999, p.23)

Assim, reforçar esta possível submissão ou relativizá-la dentro de um projeto político-pedagógico mais amplo é tarefa que os planejamentos curriculares das diferentes instituições de ensino terão de enfrentar. O importante é que se entenda que a especialização profissional deverá continuar existindo, e espera-se inclusive que se disseminem ainda mais os cursos técnicos de nível médio. Ficando claro que essa especialização não deve comprometer uma formação geral para a vida social e cultural, em qualquer tipo de atividade, garantindo a todos, além da oportunidade de preparação para o trabalho, os meios para progredir nos estudos posteriores e exercer a cidadania com liberdade.

O *exercício da cidadania* é considerado como um contexto bastante amplo, abrangendo diferentes práticas associadas à vida do estudante:

*“As práticas sociais e políticas e as práticas culturais e de comunicação são parte integrante do exercício de cidadão, mas a vida pessoal, o cotidiano e a convivência e as questões ligadas ao meio ambiente, corpo e saúde também.”* (Brasil, 1999, p.94)

Estabelece-se, portanto, uma visão bastante abrangente do que consiste o exercício da cidadania visando o aprimoramento do estudante como pessoa humana, envolvendo sua formação ética, desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. Esta tarefa, obviamente, não estará a cargo de uma única disciplina, ela deverá estar presente em todo o currículo e deverá ser desenvolvida de forma articulada com toda a comunidade escolar.

Os *meios para progredir nos estudos posteriores*, que não devem se limitar aos tradicionais currículos voltados para atender aos programas dos concursos vestibulares, devem ser considerados no âmbito do Art.21 da LDB que inclui o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica:

*“Não tem sentido um ensino médio preso unicamente nas expectativas do vestibular. Essa pode ser uma de suas preocupações, mas não a única. Além disso, não há garantias de que vencendo o programa previsto o estudante passará no vestibular. A impressão que se tem é de que o professor, quando vence o extenso conteúdo, fez a sua parte e agora cabe ao estudante estudar. Mas, o que nos garante que a aprendizagem foi efetiva? E aqueles que não passaram no vestibular, de que serviu a Física que aprendeu na escola? Vale lembrar que o número maior de estudantes se encontra nesse último grupo!”* (Brasil, 2004, p.4)

Conforme Brasil (2002, p.6) menos de um em cada quatro estudantes do ensino médio chega ao ensino superior, “...fração fácil de calcular, quando se compara o número de matrículas em todo o ensino superior, cerca de dois e meio milhões, com as de cerca de dez milhões de matrículas no ensino médio”, de forma que este nível de ensino não pode mais ser considerado apenas como uma “ponte” para estudos posteriores.

*“A idéia central expressa na nova Lei, e que orienta a transformação, estabelece o ensino médio como a etapa conclusiva da educação básica de toda a população estudantil e não mais somente uma etapa preparatória de outra etapa escolar ou do exercício profissional. Isso desafia a comunidade educacional a pôr em prática propostas que superem as limitações do antigo ensino médio, organizado em termos de duas principais tradições formativas, a pré-universitária e a profissionalizante”.* (Brasil, 2002, p.3)

### Valores

As DCNEM destacam ainda um conjunto de valores expressos através de *princípios estéticos, políticos e éticos*. Pretende-se que estes valores inspirem, dentro da atual proposta de reestruturação curricular do ensino médio, os novos planejamentos curriculares das instituições de forma que as mesmas possam incorporá-los de forma significativa ao dia-a-dia das salas de aula. Sinteticamente, são eles:

- *Estética da sensibilidade*: envolve o estímulo à criatividade, ao espírito inventivo, à curiosidade pelo inusitado, à afetividade, à leveza, à delicadeza, à sutileza. Busca a constituição de identidades capazes de suportar a inquietação, a incerteza, o imprevisível e o diferente, comuns à vida na sociedade tecnológica. Esta estética valoriza e reconhece a diversidade cultural e a busca por aprimoramento, estruturando-se como uma atitude diante de todas as formas de expressão, não convivendo com a exclusão, a intolerância e a intransigência.
- *Política da igualdade*: envolve o reconhecimento dos direitos humanos e da cidadania, a busca da equidade, o combate a todas as formas de preconceito e discriminação. Busca estabelecer condutas de participação e solidariedade, respeito e senso de responsabilidade, pelo outro e pelo público.

- *Ética da identidade*: envolve o reconhecimento da identidade própria e do outro e a busca do aprender, da construção de sujeitos autônomos, comprometidos com a busca da verdade, da bondade e da beleza.

### Organização curricular

A LDB e as DCNEM estabelecem, além das finalidades do ensino e o perfil de saída dos estudantes, as diretrizes gerais para a organização do currículo. Esta organização curricular foi estruturada a partir de três áreas: *linguagens e códigos, ciências da natureza e matemática, e ciências humanas, todas trabalhadas com suas tecnologias*, favorecendo a aproximação das disciplinas em torno de uma temática contextualizada e abordada de forma interdisciplinar; como é destacado nos PCN+ (Brasil, 2002, p.4):

*“Essas áreas, portanto, organizam e articulam as disciplinas, mas não as diluem nem as eliminam. No entanto, a intenção de completar uma formação geral nessa escola implica uma ação articulada, no interior de cada área e no conjunto das áreas, que não é compatível com um trabalho solitário, definido independentemente no interior de cada disciplina, como acontecia no antigo ensino de segundo grau, para o qual haveria outra etapa formativa que articularia os saberes e, eventualmente, lhes daria sentido. Não havendo necessariamente essa outra etapa, a articulação e o sentido devem ser garantidos já no ensino médio. É importante que continuem existindo e se disseminem escolas que promovam especialização profissional em nível médio, mas que essa especialização não comprometa uma formação geral para a vida pessoal e cultural, em qualquer tipo de atividade.”*

O Art.26 a LDB define ainda a idéia da *parte diversificada* do currículo, criada para dar mais autonomia às instituições em seu planejamento curricular, podendo corresponder a até 25% do tempo legalmente estabelecido em lei e deverá ser organizada de forma integrada à Base Nacional Comum definida nos PCNs. Esta parte diversificada deixa o planejamento mais flexível e permite às instituições definirem melhor suas identidades, seus perfis específicos de formação, sem deixar de atender aos princípios gerais expressos na legislação. Também podem constar na carga horária referente a esta parte diversificada saberes que integrem uma formação profissional complementar, concomitante ou posterior ao ensino médio.

Sugere-se que o planejamento curricular para o ensino médio passe a ser orientado por alguns pressupostos:

- visão orgânica do conhecimento, afinada com as mutações surpreendentes que o acesso à informação está causando no modo de abordar, analisar, explicar e prever a realidade;

- disposição para perseguir essa visão, organizando e tratando os conteúdos do ensino e as situações de aprendizagem, de modo a destacar as múltiplas interações entre as disciplinas do currículo;
- abertura e sensibilidade para identificar as relações que existem entre os conteúdos do ensino e as situações de aprendizagem com os muitos contextos de vida social e pessoal, de modo a estabelecer uma relação ativa entre o estudante e o objeto do conhecimento e a desenvolver a capacidade de relacionar o aprendido com o observado, a teoria com suas conseqüências e aplicações práticas;
- reconhecimento das linguagens como formas de constituição dos conhecimentos e das identidades;
- reconhecimento e aceitação de que o conhecimento é uma construção coletiva e que a aprendizagem mobiliza afetos, emoções e relações com seus pares, além das cognições e habilidades intelectuais;

Esta tentativa de se estabelecer uma visão mais integrada dos saberes também pode ser identificada na adoção dos chamados eixos estruturais da educação contemporânea apontados pela UNESCO como norteadores de todo processo de ensino-aprendizagem: *aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser*. Entendemos isto como uma disposição para um olhar mais abrangente da aprendizagem, no sentido de superar aquela visão de educação centrada no indivíduo, no “raciocínio”, na “capacidade de aprender”, no cognitivo, no psicopedagógico. Contudo, muitas críticas foram feitas aos primeiros textos dos PCNs para Ensino Fundamental, ou seja, consideram os textos legais elaborados a partir de uma base teórica fortemente influenciada por concepções psicológicas e psicopedagógicas, em detrimento de aspectos políticos, epistemológicos, sociológicos, antropológicos e até curriculares. O parecer da Faculdade de Educação da UFRGS (FACED/UFRGS, 1996), por exemplo, afirma:

*“Em suma, achamos que a noção de currículo adotada pelo grupo que elaborou os PCN está em profundo desacordo com o pensamento contemporâneo sobre currículo. Ela tende a reforçar uma perspectiva centrada no papel dos conteúdos e da transmissão e não no papel ativo daquele ou daquela que conhece. Além disso, o documento adota uma perspectiva parcial, de viés psicologizante, sobre a educação, o que explica seu caráter despolitizado”.*

Talvez este perfil teórico esteja associado à forma como os PCN foram elaborados. Se considerarmos que em um planejamento curricular é preciso fazer opções, estabelecer prioridades, levar em conta as particularidades locais, e que isso se consegue mais facilmente quanto maior for a participação da sociedade neste planejamento, encontramos

uma fragilidade na forma como estes PCNs foram concebidos. Como afirma Fernando Becker em seu parecer (Documento 4, FACED/UFRGS, 1996), parece que os atuais PCN, principalmente os do Ensino Fundamental, não contaram com a participação efetiva da sociedade em sua elaboração:

*“Como custa aprender a lição! Mais uma vez passa-se a um grupo de especialistas — os componentes que eu conheço são de indiscutível competência — que, supostamente, sabem o que e como se deve ensinar e aprender em todo o território nacional, a tarefa de definir parâmetros curriculares nacionais, marginalizando de um processo de tamanha importância toda uma comunidade brasileira de educadores que se expressam em diferentes instituições: Faculdades de Educação, Programas de Pós-Graduação em Educação, ANPED, ENDIPE, etc.”*

Assim, se a intenção era de servir, sobretudo, para um maior desenvolvimento curricular das escolas, talvez o processo de discussão devesse ter ocorrido em um nível menos hermético do que apenas entre os especialistas e pareceristas. No entanto, parece existir a consciência de que este é um documento que estará em permanente mudança, e mesmo não partindo de um grande consenso nacional, acreditamos ser válido como texto que articulará o debate e servirá como referência para nos posicionarmos criticamente frente aos eventuais equívocos sem deixar de aproveitar os avanços por ele sugeridos. Como o próprio PCNEM reforça:

*“A organização curricular apresentada a seguir pertence, pois, ao âmbito do currículo proposto. Contraditório que possa se chamar as presentes diretrizes curriculares, obrigatórias por lei, de currículo proposto, esta é a forma de reconhecer que o desenvolvimento curricular real será feito na escola e pela escola. O projeto ou proposta pedagógica será o plano básico desse desenvolvimento pelo qual o currículo proposto se transforma em currículo em ação.”* (Brasil, 1999, p.104)

### Competências e habilidades

A idéia de competência aparece já na LDB, no Art.9º, inciso IV, mas será definitivamente desenvolvida nos PCNEN e nas DCNEM. Embora não se tenha um conceito formalizado do que sejam as competências e as habilidades nos textos das Diretrizes Curriculares e dos Parâmetros, é possível verificar que há uma idéia central em torno da ampliação dos objetivos educacionais para além do acúmulo de informações. Os conteúdos escolares passam a ser meio e não fim, e o que se busca construir na escola é a possibilidade não apenas da apropriação dos conteúdos específicos, mas da gestão destes em etapas posteriores ao tempo escolar.

Quanto a esta questão associada ao momento posterior ao aprendizado na escola e a forma como este aprendizado será utilizado pelo aprendiz em outros contextos, as orientações curriculares nacionais dizem:

*“A noção de competências ilumina esse aspecto ao colocar em discussão a pertinência dos saberes ensinados na escola e questionar sua mobilização em novos contextos. A construção de competências não se encerra na escola, mas é o ambiente no qual se pode oferecer subsídios e possibilidades aos estudantes para que tal construção ocorra.”* (Brasil, 2004, p.9)

Alertando para que as competências trabalhadas na escola não se limitem àquelas que se fazem valer apenas no contexto escolar, mas nos contextos mais relevantes que os estudantes terão de vivenciar ao saírem da escola.

Embora os PCNs e os PCN+ não tenham a preocupação em estabelecer diferenças entre competências e habilidades, Élio Carlos Ricardo em Brasil (2004) no material específico para o Ensino de Física sugere que consideremos as competências como relacionadas com o sujeito inserido na sociedade, principalmente depois da escola, enquanto que as habilidades estariam mais ao alcance do tempo escolar. Assim, buscar informações, analisá-las e sistematizá-las, seriam habilidades; no momento em que tais habilidades contribuíssem para uma tomada de decisão, de atitude, em relação a uma determinada situação em um contexto distinto, tornar-se-iam uma competência. Portanto, as competências envolvem um tipo de transposição didática<sup>22</sup> que não necessariamente deverá se basear na concepção que os físicos, por exemplo, tem do que deveria ser ensinado para se aprender Física no ensino médio. As práticas sociais, científico-tecnológicas e culturais que o estudante vivenciará após a escolarização deverão assumir grande relevância no momento da realização desta transposição.

Assim, para ensinar-se de acordo com competências deve-se considerar o tempo após a escolarização, ou seja, as práticas futuras que este ensino poderá ajudar a vivenciar. Caso contrário chegaremos àquela tradicional situação onde os estudantes ficam sem saber porque estão estudando determinados conteúdos, e não tem mais sentido querer justificá-los

---

<sup>22</sup> “A noção de Transposição Didática se tornou conhecida a partir de Yves Chevallard, que a propôs especialmente para a Matemática. Trata das transformações por que passam os saberes até chegar na sala de aula. O autor identifica pelo menos três passagens: o saber sábio, ou de referência, o saber a ensinar, aquele dos programas e manuais, e o saber ensinado, que estaria presente na sala de aula. No entanto, há um ambiente de conflitos e negociações até se chegar ao saber ensinado, ao qual Chevallard chama de *noosfera*. Aquela relação entre professor, estudante/estudantes e saber (agora saber no singular, porque é aquele presente nos programas) se dá em um sistema de ensino *stricto sensu*. A *noosfera* envolve esse sistema e se insere em um entorno social mais amplo, pois nesse ambiente os representantes do sistema de ensino se encontram com os representantes da sociedade (pais, técnicos de secretarias de ensino e outros)”. Brasil, 2004, p.10

argumentando pela sua possível utilidade no ensino superior ou mesmo para se poder chegar a este nível de ensino.

No caso dos PCNEM temos três conjuntos de competências básicas: o de *comunicar e representar*, o de *investigar e compreender* e o de *contextualizar social ou historicamente* os conhecimentos. Por sua vez, de forma semelhante, mas não idêntica, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) aponta cinco competências gerais: de *dominar diferentes linguagens*, desde idiomas até representações matemáticas e artísticas; a de *compreender processos*, sejam eles sociais, naturais, culturais ou tecnológicos; a de *diagnosticar e enfrentar problemas reais*; a de *construir argumentações* e a de *elaborar proposições solidárias*. Tanto nos PCNEM, como no ENEM, relacionam-se as competências a um número bem maior de habilidades. Pode-se, de forma geral, conceber cada competência como um feixe ou uma articulação coerente de habilidades. Não se trata de gradação, no sentido de habilidade ser uma “competência menor”, mas de abrangência, no sentido de ser uma competência específica.

*“Como metáfora, talvez se possam comparar às mãos e dedos, as competências e habilidades, pois as primeiras só fazem sentido quando associadas às últimas e, mesmo tomando competências como um feixe articulado de habilidades, não é de hierarquia a relação entre umas e outras”.*(Brasil, 2002, p.13)

Nessa proposta, portanto, se espera que competências e conhecimentos possam ser desenvolvidos em conjunto seguindo os princípios da interdisciplinaridade.

Se a legislação defende a necessidade de centrarmos o ensino e a aprendizagem no desenvolvimento de competências e habilidades, no lugar do conteúdo, isso implica uma mudança importante: os conteúdos devem passar a ser vistos como meios para constituição de competências e não como fins em si mesmos. O raciocínio deve prevalecer sobre a memória e o conhecimento deve ser experimentado pelo estudante e não apenas transmitido a ele. Enfim, o estudante deverá ser capacitado a construir competências, habilidades e adotar condutas, que lhe tornem possível a inserção na sociedade de uma forma produtiva, crítica e criativa, sem ser massificado por um ensino homogeneizante.

Assim, no caso específico do ensino de Física, na tentativa de superar a visão de ensino centrada nos conteúdos, os PCNEM apresentam quadros de competências, tanto para a Área de Ciências da Natureza como para a disciplina de Física. O objetivo é superar as práticas tradicionais, que tratam a Física de maneira desarticulada do mundo vivido pelo estudante e professor, geralmente enfatizando a memorização e a automatização na resolução de problemas. Busca-se uma Física que contribua para a constituição de uma cultura científica, para que se compreenda a dinâmica relação do homem com seu meio.

Neste sentido, a abordagem sugerida está identificada com a proposta do GREF<sup>23</sup>, voltada para o cotidiano do estudante, ou seja, “compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o ‘como funciona’ de aparelhos” (Brasil, 1999, p.237).

### Interdisciplinaridade

Algumas das maiores contribuições para o conceito de interdisciplinaridade vieram do *Centre International d'Epistémologie Génétique*, fundado em 1955 por Piaget, que dava continuidade a um trabalho de investigação interdisciplinar iniciado anos antes em colaboração com um de seus mestres, Edward Claparède, fundador, em 1912, do *Institut Jean-Jacques Rousseau*, também em Genebra. Segundo Flores (1993), para a Epistemologia Genética, o verdadeiro objetivo da investigação interdisciplinar nas ciências é a reforma ou reorganização dos domínios do saber através de trocas que consistiriam em “recombinações construtivas”.

Esta reforma ou reorganização dos saberes não ocorre através de uma simples colaboração entre disciplinas, a interdisciplinaridade, para a Escola de Genebra, tem um forte sentido epistemológico<sup>24</sup>, envolvendo a idéia de reconstrução de saberes a partir da identificação e análise dos mecanismos teórico-práticos comuns às disciplinas. Desta forma, quando a reconstrução dos saberes é articulada de forma interdisciplinar, analisando os mecanismos comuns, isto pode resultar em avanços na investigação de um determinado problema.

A interdisciplinaridade, no entanto, parece assumir significado um pouco distinto no campo da educação em comparação com o que significa para as ciências. Para Frigoto (1993), a interação social é um dos estruturantes do processo de ensino-aprendizagem, e, por isso, representa um fator determinante para a análise pedagógica:

*“Ao discutirmos a questão da interdisciplinaridade na educação não há como tratá-la a não ser no âmbito das ciências sociais. O campo educativo constitui-se, enquanto objeto da produção de conhecimento e enquanto prática docente de socialização do conhecimento, no interior das ciências sociais. Isto decorre do fato*

---

<sup>23</sup> Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Projeto desenvolvido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo em parceria com professores de escolas públicas do estado. Editaram três volumes com textos destinados a professores buscando evitar tanto o tratamento “tecnicista” e “formalista”, procurando partir, sempre que possível, de elementos vivenciais e cotidianos. Formulam-se os princípios gerais da Física com a consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade.

<sup>24</sup> “Epistemologia é o conjunto de conhecimentos que tem por objeto o conhecimento científico, visando explicar os seus condicionamentos (sejam eles técnicos, históricos, ou sociais, sejam lógicos, matemáticos, ou lingüísticos), sistematizar as suas relações, esclarecer os seus vínculos, e avaliar os seus resultados e aplicações” (Aurélio Eletrônico, 1999, v.3).

*de serem os processos educativos constituídos nas e pelas relações sociais sendo eles mesmos constituintes destas relações”.*

Assim, a Física e o Ensino de Física são conhecimentos orientados por diferentes referências, pois enquanto o primeiro trabalha com a produção de conhecimento científico, comum às Ciências Naturais, o segundo trabalha com a produção de conhecimento educacional, comum às Ciências Humanas (Delizoicov, 2004). Silva (1997) entende que, além da interdisciplinaridade necessária à investigação científica, existe também uma interdisciplinaridade pedagógica ou escolar:

*“De tudo isso se apreende que, no mínimo, podemos admitir que há uma interdisciplinaridade possível no ensino que se reveste de características diversas da interdisciplinaridade na ciência (no sentido da associação entre disciplinas científicas). A essa interdisciplinaridade no ensino poderíamos denominar interdisciplinaridade pedagógica ou escolar”.*

De acordo com estas considerações a interdisciplinaridade a que se referem os textos legais deverá ser considerada com características específicas do contexto escolar. De forma geral ela parece avançar bastante em relação ao tradicional ensino estruturado nas disciplinas. Em primeiro lugar porque não se prende apenas a conteúdos específicos e descontextualizados que devem ser “vencidos”, sugere a busca de temáticas gerais e que façam parte do interesse da comunidade escolar. Em segundo lugar, porque a interdisciplinaridade aponta para uma abordagem que integra com mais facilidade a ética, a estética e a política, com o conhecimento, superando a escola tradicional que trazia, instaurada em seu interior, uma ruptura com estes valores. Os PCNEM apontam na direção de uma atitude mais interdisciplinar por parte do professor:

*“A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para esta visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superado pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos.”* (Brasil, 1999, p.34)

Trata-se, portanto, de nos dispormos a buscar saberes que, articulados dentro de uma racionalidade comum às disciplinas, respondam aos problemas locais e contemporâneos. Não se tratando de criarmos novas disciplinas, mas de utilizarmos os conhecimentos delas para resolvermos problemas concretos e compreendermos determinados fatos de forma interdisciplinar. Esta perspectiva tende a se mostrar mais motivadora na medida em que tem condições de dar mais liberdade aos professores e estudantes em selecionar conteúdos mais diretamente relacionados às suas necessidades. Como afirma E. C. Ricardo (Brasil, 2004, p.23):

*“...essa problematização da realidade vivida não é disciplinar. A codificação e a decodificação dessa realidade não se inserem em uma única disciplina. Trata-se de uma primeira competência crítico-analítica de extrair uma representação dessa realidade para a discussão. Adentra-se então no campo epistemológico da interdisciplinaridade. Essa competência teve origem na contextualização e na problematização e não na mera justaposição/união de várias disciplinas; possibilita a construção de um novo saber sobre essa realidade, para se tomar uma decisão ou assumir uma posição.”*

### Contextualização

Quando temos claro que estamos tratando de saberes escolares resultantes de uma transposição didática, a contextualização destes saberes parece naturalmente nos levar a uma atitude interdisciplinar. A contextualização também deve receber destaque ao considerarmos o conhecimento prévio dos estudantes como ponto relevante para o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Portanto, é fundamental que o planejamento curricular também esteja referenciado no contexto de vida destes estudantes, justamente para melhor considerarmos este conhecimento prévio. Assim, a contextualização deve ser ao mesmo tempo próxima da realidade do estudante e fácil de ser explorada pelos saberes escolares.

Neste sentido é que o “mundo do trabalho” é considerado o contexto mais importante em que se deverá desenvolver os novos currículos, ele é entendido como fortemente dependente da capacidade de aprendizagem, devendo ser apresentado de forma dispersa em todo o currículo, não se limitando a alguns componentes curriculares em particular ou a uma preparação para o exercício de profissões específicas, como já foi discutido. Como orienta o texto das DCNEM (Brasil, 1999, p.70) sobre a preparação para o trabalho: “...essa preparação será básica, ou seja, aquela que deve ser base para a formação de todos e para todos os tipos de trabalho”. Neste sentido ainda, a adoção da tecnologia como tema que permite contextualizar todas as áreas e disciplinas no mundo do trabalho fortalece a chamada “alfabetização científico-tecnológica” que já havia começado no Ensino Fundamental.

### Transposição didática

As diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio destacaram, dentre outros, o princípio da contextualização como processo de enraizamento dos conceitos científicos na realidade vivenciada pelos estudantes, a fim de que se possa dar oportunidade a uma aprendizagem mais significativa. Isto significa considerar os fenômenos cotidianos ao se realizar a transposição didática dos saberes científicos para os saberes escolares. Essa

abordagem surge em oposição à transmissão dos conteúdos a partir das disciplinas científicas diretamente (academicismo). Não obstante, é preciso considerar que os conhecimentos escolares devem superar os conhecimentos cotidianos, apesar de não se igualarem com os conhecimentos científicos, isto é, a escola é um espaço de mediação entre o “senso comum” e o “senso científico” .

Percebe-se uma orientação na atual legislação no sentido de tornar os conceitos mais assimiláveis, partindo do concreto para chegar ao abstrato, pelo estabelecimento de uma continuidade com o senso comum. A razão disto está no fato dos estudantes se encontrarem mais próximos dos conhecimentos cotidianos, de tal modo que seus problemas, quando colocados, não são os da ciência, mas sim os do dia-a-dia. Por isso é necessário construirmos uma ponte entre a ciência e o conhecimento cotidiano, e, estando a escola a meio caminho entre esses dois extremos, cabe a ela grande responsabilidade por construir esta ponte.

Para um estudante que não se interessa pela ciência, que não se sente sintonizado com o seu discurso e suas maneiras de agir, os problemas escolares tradicionais podem representar atividades muito artificiais, monótonas. Por isso a pertinência de se partir da realidade concreta. Mas isto inclui ainda tentar ir além do contexto de vivência do estudante e superar o senso comum. Quando se parte do contexto de vivência do estudante, enfrentam-se concepções alternativas, normalmente constituídas de representações equivocadas ou limitadas quanto à explicação da realidade. Mesmo sendo um importante meio de estimular a curiosidade do estudante, ampliando e aprofundando seus conhecimentos, a pertinência de um processo ensino-aprendizagem contextualizado está condicionada à possibilidade de levar o estudante a ter consciência sobre seus modelos de explicação e compreensão da realidade, reconhecê-los como equivocados ou limitados, enfrentar o questionamento, colocá-los em cheque num processo de desconstrução de conceitos e reconstrução/apropriação de outros. Para exemplos de estratégias de mudança conceitual ver os trabalhos de Silveira (1991) e Zylberztajn (1991), referenciados em dois grandes filósofos da ciência, respectivamente Karl Popper e Thomas Kuhn.

Assim, para enfrentarmos a questão relativa ao papel do conhecimento prévio do estudante, um dos princípios que devem orientar o trabalho do educador é o confronto entre estes saberes cotidianos e o conhecimento científico, visando à compreensão dos limites também dos próprios saberes escolares. Acrescenta-se a isso a relevância dos professores estruturarem seus planejamentos curriculares levando em consideração (Brasil, 2004):

- a problematização dos fatos cotidianos, levando os estudantes a perguntar sobre o(s) porquê(s) dos acontecimentos e, assim, motivá-los a refletir sobre o fato para além de suas percepções cotidianas, normalmente estruturadas sobre o senso comum;
- chamar a atenção do estudante sobre a insuficiência de seus conhecimentos cotidianos para responder a diversas perguntas próximas de seu contexto doméstico, de trabalho, de convivência social, etc.;
- ajudar a reconhecer o conhecimento científico como produção sócio-histórica;
- abordar a especificidade do conceito científico, como conhecimento produzido em bases acadêmicas, em relação aos conteúdos escolares, resultantes de um processo de "didatização" do primeiro.

Desta forma, a ciência ensinada na escola média é uma de outras possíveis. Dito de outro modo: como resultado de uma transposição didática, houve escolhas do que ensinar e não ensinar. Eventualmente, essas escolhas poderiam ser revistas. Neste sentido, os PCNEM (Brasil, 1999) alertam que se gasta muito tempo com o que sobrou de uma transposição do ensino superior, cujo significado para uma formação geral é discutível. No caso da Física, insiste-se em aulas de cinemática, de eletrostática, de óptica geométrica, de termologia e outras temáticas disciplinares. Não que tais conteúdos não deveriam ser ensinados, mas eles podem aparecer dentro de assuntos bem mais interessantes e modernos que são relegados ao final dos livros ou a uma papel complementar em seções isoladas pelo livro, e que, geralmente por falta de tempo, não serão trabalhados em aula para serem sugeridos como leitura extraclasse, que raramente será feita pelos estudantes.

Os novos parâmetros curriculares sugerem que os professores realizem um trabalho de reestruturação dos saberes trabalhados e dos métodos utilizados em sala de aula, buscando uma transposição didática de perfil mais interdisciplinar e contextualizado. Uma das estratégias sugeridas para que esta reestruturação seja possível é o trabalho com os chamados temas estruturadores.

#### Temas estruturadores

Os PCNEM destacam que as competências e habilidades são desenvolvidas através de ações concretas, que se referem a conhecimentos, a temas de estudo. Existindo certos assuntos ou tópicos com maior potencial do que outros para os objetivos pretendidos, o que impõe escolhas criteriosas. Os temas de trabalho, na medida em que articulam

conhecimentos e competências, transformam-se em elementos estruturadores da ação pedagógica, ou seja, em temas estruturadores.

*“Dentro dessa perspectiva educacional, não é mais possível considerar listas fixas de conteúdos nas quais a realidade dos estudantes é inserida apenas a título de ilustração. As situações de aprendizagem devem se desenvolver a partir das experiências significativas vividas anteriormente por eles, na escola ou fora dela, pois elas os levam a construir, mais facilmente, idéias a respeito dos fenômenos. Além disso, por estarem baseadas em experiências cotidianas, essas idéias costumam ser sólidas e, muitas vezes, incompatíveis com os conceitos científicos que o professor pretende lhes apresentar”* (Brasil, 2002. p.66).

Assim, a principal intenção da estratégia didática apoiada em temas estruturadores é de que “os temas de trabalho, na medida em que articulam conhecimentos e competências, transformem-se em elementos estruturadores da ação pedagógica” (Brasil, 2002, p.69). Desta forma, com o intuito de exemplificar as possíveis associações entre competências e conhecimentos, oferecendo, portanto, subsídios para a organização dos conteúdos a ensinar, os PCN+ (Brasil, 2002) sugerem para a Física os seguintes temas:

Tema 1: *Movimento, variações e conservações* (unidades temáticas: fenomenologia cotidiana, variação e conservação da quantidade de movimento, energia e potência associada aos movimentos, equilíbrios e desequilíbrios);

Tema 2: *Calor, ambiente e usos de energia* (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social);

Tema 3: *Som, imagem e informação* (unidades temáticas: fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens);

Tema 4: *Equipamentos elétricos e telecomunicações* (unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores);

Tema 5: *Matéria e radiação* (unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática);

Tema 6: *Universo, Terra e Vida* (unidades temáticas: Terra e sistema solar, o Universo e sua origem, compreensão humana do Universo).

No âmbito de cada disciplina pode-se planejar um currículo que constitua uma composição de elementos de várias outras disciplinas. Desta forma, esses temas estruturadores do ensino disciplinar e de seu aprendizado não mais se restringem, de fato, ao que tradicionalmente se atribui como responsabilidade de uma única disciplina, pois incorporam metas educacionais comuns às várias disciplinas da área e às das demais áreas.

Tais modificações de conteúdo implicam modificações em procedimentos e métodos, o que já sinaliza uma nova atitude da escola e do professor.

É a articulação entre competências e conhecimentos que importa. Essa possibilidade de organizar o trabalho escolar reconhecendo a importância das disciplinas, redirecionando as práticas educativas, e objetivando as competências, *“é a idéia que preside a concepção de temas estruturadores do processo de ensino, para se poder apresentar, com contexto, os conhecimentos disciplinares já associados a habilidades e competências específicas ou gerais”* (Brasil, 2002, p.16).

Assim, é preciso reconhecer o caráter disciplinar do conhecimento e, ao mesmo tempo, orientar e organizar o aprendizado, de forma que cada disciplina, na especificidade de seu saber, possa desenvolver as competências gerais. Há nisso uma contradição aparente, que é preciso discutir, pois específico e geral são adjetivos que se contrapõem, dando a impressão de que o ensino de cada disciplina não possa servir aos objetivos gerais da educação pretendida. Em determinados aspectos, a superação dessa contradição se dá em termos destes temas estruturadores, cujo tratamento transita por múltiplas disciplinas; no entanto, nem todos os objetivos formativos podem ser traduzidos em temas. A forma mais direta e natural de se convocarem temáticas interdisciplinares é simplesmente examinar o objeto de estudo disciplinar em seu contexto real, não fora dele.

### Ensino de Física

No caso do ensino de Física, a tradição propedêutica manifesta-se através do trabalho baseado na habilidade de resolução de problemas e no domínio de modelos matemáticos dos fenômenos naturais. Mecânica, Termologia, Óptica, Eletricidade e Eletromagnetismo são as divisões básicas encontradas nos livros didáticos de ensino médio, tornando-se, na verdade, uma versão abreviada daqueles utilizados nos cursos de Física básica do ensino superior, ou uma versão um pouco mais estendida dos que vinham sendo utilizados na oitava série do ensino fundamental. Essa visão pode ser relativizada na medida que o conhecimento de Física deixe de se constituir em um objetivo em si mesmo, mas passe a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo.

*“Os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira ‘o quê ensinar de Física’, passando a centrar-se sobre o ‘para que ensinar Física’, explicitando a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado. Quando ‘o quê ensinar’ é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é*

*indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o 'para que' ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante." (Brasil, 2002, p.79).*

As competências e habilidades sugeridas para a disciplina de Física prevêm em alguns momentos uma relação com outras áreas, incentivando a integração e a interdisciplinaridade. Com este princípio metodológico está se propondo repensar o Ensino Médio. Ao longo de anos, a organização do trabalho escolar tem-se dado por meio das disciplinas, cujo enfoque preserva a identidade, a autonomia e os objetivos próprios de cada uma delas. O princípio da interdisciplinaridade pode mobilizar intensamente os estudantes, assim como os diversos recursos didáticos disponíveis e/ou construídos coletivamente. Algumas abordagens metodológicas podem conferir ao currículo uma perspectiva de totalidade, respeitando-se as especificidades epistemológicas das áreas de conhecimento e das disciplinas. Propõe-se a organização dos planos de estudo de forma interdisciplinar, sugerindo que o processo pedagógico tenha como base (Brasil, 2004):

- o trabalho sistematizado com leituras de publicações diversas, além do livro didático, selecionando temas e construindo objetos de estudo capazes de integrar os conhecimentos trabalhados nas respectivas áreas de conhecimento e interdisciplinarmente; envolvendo os estudantes nesse processo de escolha; valorizando a cultura e o contexto local referenciado na cultura global; levando-se em conta os interesses, a realidade e os projetos pessoais/sociais dos estudantes;
- a produção própria e coletiva dos textos, de acordo com a identidade da escola, dos estudantes e da região, de forma a ultrapassar a perspectiva homogeneizante imposta pelo livro didático;
- a utilização intensa da Biblioteca, como meio de educar para a leitura e desenvolver a criatividade, o espírito crítico, o interesse pela investigação e pelo desenvolvimento de projetos, diluindo a fronteira da leitura como obrigação e como prazer;
- o uso de diversos recursos pedagógicos disponíveis na escola, como meio de levar o estudante a reconhecer as diversas formas e estruturas da linguagem, bem como os processos históricos e sociais que determinaram a construção do

conhecimento científico, utilizando filmes, livros, documentos históricos e outros, que ajudem a relacionar fatos e idéias;

- a exploração de recursos externos à escola, como as Bibliotecas, os Cinemas, os Teatros, os Museus, as Exposições etc, como meio de incentivar o gosto por atividades culturais e como processo de integração entre o conhecimento do estudante e a realidade sócio-cultural de seu contexto de vivência;
- a investigação de problemas de ordem sócio-econômica, do ponto de vista histórico, geográfico, sociológico, filosófico e político;
- a realização de atividades práticas, como aulas em laboratórios e visitas de campo, tais como fábricas, estações de tratamento de água e de esgoto, estações de geração elétrica, áreas de atividades agropecuárias, reservas de preservação ambiental, museus histórico-científicos etc, explorando os recursos externos à escola e aprofundando o conhecimento sobre as realidades econômico-produtivas, sociais e culturais da região;
- o uso de acervos e patrimônios histórico-culturais da região, propiciando o contato direto do estudante com a preservação da memória, incentivando-o a se apropriar dessa memória como cidadão, valorizando-a e preservando-a;
- o uso de recursos e estratégias relativas ao domínio de tecnologias educacionais.

Estas proposições partem da premissa que o conhecimento da sua realidade mais próxima pode motivar o estudante a compreender as complexas relações existentes em nível mais global. Um projeto deste tipo pode se articular em torno de cinco fundamentos da vida societária: físico-ambiental; sócio-histórico, sócio-cultural, sócio-político e econômico-produtivo, sabendo-se que nenhum deles é independente do outro.

#### Críticas mais comuns aos documentos legais

Nesta breve revisão buscamos trabalhos da área de pesquisa em educação e da área de pesquisa em ensino de ciências. Deste levantamento colhemos alguns argumentos que passaremos agora a comentar.

- Critica-se um discurso ideológico, puramente técnico e científico, presente nos textos legais, tratando a educação como um processo social isolado em relação ao contexto em que está situada, como se fosse possível tratar a questão educacional de forma desarticulada das questões culturais, sociais e políticas (Candau, 1999).

- Critica-se também um certo mito associado às reformas curriculares como se fosse possível alcançarmos avanços e novidades na educação apenas com o redimensionamento do papel da escola. Problemas do tipo evasão escolar, índice de reprovação, nível de aprendizado, entre outros, requerem mais do que isso para serem solucionados (Candau, 1999).
- Critica-se a forma como se deu o encaminhamento da reforma, muito dependente do discurso presente nos textos legais e carentes de políticas educacionais concretas que ofereçam condições para que o discurso se transforme em prática. Pois mesmo tratando das mais novas teorias de aprendizagem, de uma nova visão de ensino, de uma nova concepção de conhecimento, de um trabalho interdisciplinar e contextualizado, apenas o discurso não é o suficiente para a implementação de uma reforma. (Ricardo, 2002).
- A grande rotatividade de professores em função do regime de contrato temporário de trabalho, a grande carência de profissionais habilitados para algumas áreas, como a de Ciências, por exemplo, a falta de material didático que esteja de acordo com a proposta dos PCNEM, além da dificuldade das escolas em adequarem suas propostas pedagógicas aos PCNEM, são todos impedimentos para a implementação da reforma curricular que não estão sendo considerados nas políticas educacionais (Ricardo, 2002).
- O papel dos professores na implementação de qualquer processo de mudança educacional é fundamental, neste sentido, critica-se a atual reforma curricular por não se estruturar de forma a contar com um maior comprometimento e envolvimento por parte destes. São imprescindíveis maiores investimentos na formação de professores, na formação continuada, no plano de carreira, na implantação e reestruturação dos laboratórios, fatores que são deixados em segundo plano pela política governamental. A reforma não se concretiza quando não consideramos como ponto central do problema as questões políticas e sociais referentes à classe docente (Candau, 1999 e Ricardo, 2002).
- Critica-se a forma contraditória como os PCNEM, ao mesmo tempo em que propõe a interdisciplinaridade, continuam mantendo a lógica disciplinar como o centro da grade curricular. Não é possível, portanto, uma articulação das áreas se o próprio documento mantém as disciplinas clássicas como elemento central da grade curricular sustentando, assim, a fragmentação do conhecimento (Macedo, 1999).

- Critica-se também o projeto de contextualização colocado pelos PCNEM, pois é preciso fornecer aos estudantes subsídios para um aprendizado significativo em diversos contextos, ou seja, é necessário dar sentido ao que o aluno aprende, não se restringindo apenas ao contexto do mercado de trabalho (Lopes, 2001).
- Critica-se também a visão de “currículo nacional” fortemente transmitida pelos documentos legais, apesar de se argumentar em torno de uma parte “diversificada” que deverá atender às especificidades regionais e locais, os PCNEM em conjunto com outras políticas nacionais como a prova do ENEM, acabam por constituir um “novo currículo nacional”, sem nunca ter questionado à comunidade de educadores sobre qual o perfil que deveria ter este currículo ou mesmo se ele deveria se constituir como nacional (FACED/UFRGS, 1996).
- Critica-se, finalmente, a falta de comprometimento dos PCNEM em tomar uma posição frente aos referenciais teóricos atuais da Filosofia da Ciência, reconhecidos pela área de pesquisa em ensino de Ciências, o que acaba abrindo espaço para que os professores se mantenham em uma visão empirista-indutivista de produção de conhecimento (Pino et. al., 2004)

### **A.3 – PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Na tentativa de nos aproximarmos da forma como o currículo é concebido no contexto de nossa temática específica de estudo, a área de ciências e, em especial, a forma como o ensino de Física aborda o conceito de energia, revisamos alguns estudos relacionados ao currículo no ensino de ciências e propostas curriculares envolvendo o conceito de energia.

A abordagem da energia como uma temática relaciona-se ao fato de acreditarmos que o aprendizado da energia, no conjunto das ciências e demais áreas, deve procurar ser desenvolvido de maneira que a aprendizagem possa se dar a partir de um contexto significativo para o estudante, de forma que ao tentamos abordar a temática da energia nos deparamos com uma diversidade muito grande de considerações científicas, tecnológicas, ambientais, sociais, econômicas, culturais, que se apresentam como relevantes no que diz respeito à elaboração de um currículo escolar significativo para o estudante, não se restringindo este planejamento apenas à disciplina de Física, ou à de Geografia, Química, sugerindo, portanto, um trabalho de caráter interdisciplinar apoiado pelos saberes disciplinares.

## PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

A pesquisa em Ensino de Ciências (EC) tem sido divulgada através de eventos científicos (Tabela A.1) e periódicos nacionais (Tabela A.2 que nos permitem identificar o EC como uma área de pesquisa bastante produtiva. Adaptamos de Delizoicov (2004), fazendo algumas atualizações, as Tabelas A.1 e A.2 onde se destacam os principais eventos e periódicos da área.

Tabela A.1 – Principais eventos da área de pesquisa em Ensino de Ciências, de 1970 a 2005<sup>25</sup>.

EVENTOS	PERÍODO	Nº ENCONTROS
Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)	1970 a 2005	16
Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)	1982 a 2000	9
Encontros Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB)	1984 a 2000	7
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)	1986 a 2002	8
Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)	1997 a 2001	3

Tabela A.2 – Principais periódicos nacionais relativos à pesquisa em Ensino de Ciências.

PERIÓDICOS	ANO DE CRIAÇÃO
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	1978
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)	1984
Química Nova na Escola	1995
Ciência e Educação	1995
Investigação em Ensino de Ciências (IENCI)	1996
Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências	1999
A Física na Escola	2000
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)	2001

Como já se discutiu anteriormente, alguns autores como Barros (2002) e Delizoicov (2004) defendem que, embora a pesquisa em Ensino de Ciências seja feita por físicos, químicos e biólogos em sua maioria, os fundamentos teórico-metodológicos que empregam na pesquisa em ensino têm origem nas Ciências Humanas e não nas Ciências Naturais. Mesmo que os conteúdos característicos da disciplina científica estejam presentes e,

<sup>25</sup> Acrescenta-se ainda a esta lista as Reuniões Anuais da Associação Nacional de Pós-Graduação (ANPED) e os Encontros Nacionais de Didática e Prática de Ensino (ENDIPE).

portanto, de algum modo também as teorias e os procedimentos comuns à mesma, não são apenas eles que instrumentalizam a pesquisa em Ensino.

Para tratar melhor esta questão relativa ao referencial teórico-metodológico básico da pesquisa em Ensino de Ciências, discutiremos alguns pontos relativos à história da área.

### Breve histórico

Como já foi dito, na década de 60, principalmente por influência dos Estados Unidos, teorias curriculares de forte apelo cientificista, buscavam na experiência vivida pelo estudante e no desenvolvimento de “tecnologias pedagógicas” uma formação que garantisse habilidades científicas necessárias ao bom desenvolvimento da nova sociedade industrial (Apple, 1982). Estas teorias ainda estavam sob a égide da visão comportamentalista<sup>26</sup> do processo ensino-aprendizagem e divulgavam uma visão empirista-indutivista<sup>27</sup> de ciência.

A importância de se trabalhar apenas com proposições empiricamente testáveis, produzir um conhecimento objetivo e descrito de maneira neutra, representava um referencial teórico sustentado por um modelo transposto das ciências exatas. Neste momento, as disciplinas da área de exatas, como a Física, sofreram forte influência de uma visão de currículo estruturado através de um planejamento científico. Sua concretização pode ser observada, por exemplo, através de projetos como o PSSC (Physical Science Study Committee)<sup>28</sup>, que, segundo Moreira (2000, p.1):

*“Não era, simplesmente, um novo livro de Física para a escola média. Era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de Física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da Física.”*

O PSSC representava uma mudança de paradigma, com ele se começava a romper com o currículo centrado no livro de texto, da “ciência pronta”, buscava-se uma maior diversidade nos instrumentos didáticos, estimulando principalmente as atividades práticas e

---

<sup>26</sup> O comportamentalismo surgiu no início do século XX com grande força nos Estados Unidos. “Esta idéia fundamentou um enfoque tecnológico à instrução que, durante muito tempo, particularmente nas décadas de sessenta e setenta, dominou as atividades didáticas em qualquer matéria de ensino.” (...) “A tônica da visão de mundo behaviorista está nos comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito, isto é, nas respostas que ele dá aos estímulos externos” (Moreira, 1999).

<sup>27</sup> O empirismo-indutivismo é uma concepção epistemológica que considera a observação como fonte e função do conhecimento. Entende que o conhecimento constitui-se através de uma síntese indutiva dos fenômenos observados, experimentados. Concebem a ciência como neutra, livre de pressupostos ou preconceitos (Silveira, 1992).

<sup>28</sup> “Trata-se de um projeto de renovação do currículo de Física no ensino médio, iniciado em 1956, no M.I.T., com apoio da N.S.F., fruto de uma grande insatisfação, particularmente entre os físicos, com o ensino da Física, naquela época, nas escolas secundárias norte-americanas” (Moreira, 2000, p.1).<sup>282828</sup>

o entendimento de que a “ciência é um assunto em desenvolvimento”. No Brasil este tipo de currículo apoiado em projetos teve seus principais exemplares no “Projeto de Ensino de Física”, desenvolvido pela USP e o “Projeto brasileiro para o ensino de Física”, apresentado por R. Caniato, J. Goldemberg e Teixeira Junior, ambos da década de 70 (Moreira e Axt, 1986).

Entretanto, o foco destes projetos parecia estar muito mais sobre o “como ensinar” do que sobre o “como aprender”, de forma que no final da década de 70 o currículo de Física do nível médio passou a sofrer as influências da pesquisa em ensino de Física preocupada com o estudante e com o processo de aprendizagem, principalmente, pela influência da Epistemologia Genética de Jean Piaget.

Na década de 70 as pesquisas em EC já estavam, portanto, especialmente influenciadas pelo trabalho de Piaget. Sua teoria do desenvolvimento mental e sua visão de que as ações humanas, e não suas sensações, a base de seu comportamento, estabeleceram um novo paradigma para a educação, o cognitivismo construtivista, contrapondo-se e superando de vez o comportamentalismo.

Dentro desta mesma visão cognitivista e construtivista de Piaget está a teoria de aprendizagem proposta por David Ausubel e, posteriormente, pesquisada e desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel desempenhou um papel central nos posicionamentos psicopedagógicos na área de ensino de Física e, conseqüentemente, na forma pela qual se realiza a elaboração e implementação de propostas curriculares para a área. A idéia de conhecimento prévio ou - como mais tarde foi denominado - ecologia conceitual (Hewson, 1993), compreende diferentes tipos de conhecimento e formas de pensamento que juntos formam o contexto no qual o sujeito que aprende interagirá com o novo conhecimento que se apresenta. Assim, a ecologia conceitual<sup>29</sup> consiste em anomalias, analogias, metáforas, modelos, componentes epistemológicas (como a consistência e a capacidade de generalização), crenças metaFísicas, conhecimentos específicos de uma determinada área (sejam compartilhados cientificamente ou não - concepções alternativas), a cultura, as tradições, compondo um todo que se “desenvolve” e “interage” continuamente.

---

<sup>29</sup> Conceito introduzido por Hewson (1993).

### Concepções alternativas

A pesquisa começa a mudar o foco da estrutura cognitiva dos estudantes para suas estruturas conceituais na década de 80. A pesquisa em EC concentrou-se substancialmente nas concepções alternativas dos estudantes. Concepções que persistem mesmo após a conclusão da escolaridade básica. Algumas delas guardam semelhanças com teorias históricas de períodos pré-científicos, outras são de erros em materiais didáticos, da concepção equivocada de um professor, entre outros fatores. Isso constituía um obstáculo didático.

Diversas contribuições que dizem respeito diretamente à sala de aula e à prática do ensino, como o trabalho com mapas conceituais e concepções alternativas, emergem do contexto de pesquisa associado à teoria de aprendizagem de David Ausubel. Neste sentido, a pesquisa sobre as chamadas concepções alternativas de certa forma voltava a nos alertar sobre a relevância do conhecimento prévio do estudante, e de como ele pode apresentar concepções estáveis e resistentes à mudança e que, apesar de serem construções pessoais, mostram-se compartilhadas por um grande número de pessoas das mais diversas culturas e faixas etárias (no caso de concepções sobre os conteúdos de Física especialmente).

### Mudança conceitual

Partindo de uma analogia com a concepção piagetiana de acomodação<sup>30</sup> o primeiro modelo explicativo de mudança conceitual está baseado na idéia de conflito presente na teoria piagetiana. Contudo, como destaca Moreira (1994, p.3):

*“...cabe reiterar que as estratégias de conflito, apesar de aparentemente baseadas em um constructo chave da teoria de Piaget, não representam a visão piagetiana de mudança, pois a mudança piagetiana é estrutural, relativa às operações cognitivas qualitativamente distintas, e não conceitual, referente a conceitos específicos.”*

O “modelo do conflito” para a mudança conceitual (ver exemplo em Silveira, 1991) bastante próximo da epistemologia de Karl Popper, disputa espaço nas pesquisas sobre mudança conceitual com o “modelo de Posner” (Posner et. al., 1982) mais afinado com as visões epistemológicas de Thomas Kuhn e Imre Lakatos.

Segundo o “modelo de Posner” (op. cit., 1982, p.214) existem quatro etapas básicas para a mudança:

1. deve existir uma insatisfação com as concepções existentes;

---

<sup>30</sup> O conceito de acomodação para Piaget referia-se à concepção de que para aprendermos precisamos passar por algum tipo de experiência que provoque um certo estado de desequilíbrio em nossa estrutura cognitiva, de forma que este estado de desequilíbrio nos conduziria a um novo estado de acomodação cognitiva resultando em aprendizagem.

2. a nova concepção deve ser inteligível e permitir ao estudante explorar suas possibilidades;
3. a nova concepção deve parecer plausível, aparentando ser capaz de resolver os problemas associados às concepções já existentes;
4. a nova concepção deve se mostrar frutífera na tentativa de solução de novos problemas e na elaboração de novas questões além daquelas já explicitadas.

Posteriormente Posner e Strike (citados em Moreira, 1994, p.6) consideram importante esclarecer a concepção de ecologia conceitual do estudante, de forma a acrescentar mais cinco pontos ao modelo inicial:

1. a idéia de ecologia conceitual deve levar em conta mais fatores do que apenas os epistemológicos, como os pessoais, sociais, institucionais, etc.;
2. tanto as concepções científicas quanto as alternativas são partes da ecologia conceitual do estudante e interagem entre si e com os demais componentes desta ecologia;
3. as concepções existem em diferentes formas de representação (imagéticas, sonoras, olfativas, táteis, etc.) e com diferentes níveis de articulação (podem existir a partir do momento que passam a ser investigadas, geradas a partir de outros componentes da ecologia conceitual);
4. a ecologia conceitual se desenvolve;
5. a ecologia conceitual tem um perfil interacionista.

Passa-se portanto a se admitir, como sugere Moreira (1994, p.7), que a mudança conceitual promove um desenvolvimento, um enriquecimento conceitual, e que, desta forma, tanto as concepções aceitas quanto as não aceitas fazem parte da nova ecologia conceitual, entretanto os estudantes devem discriminar um do outro a partir dos contextos em que serão aplicados.

Neste sentido também Mortimer (2001, p.32) esclarece:

*“...nos parece inútil o esforço em mudar concepções que têm raízes profundas nas nossas formas cotidianas de falar sobre o mundo e que são compartilhadas pelos indivíduos de uma mesma cultura. Suprimir essas concepções alternativas significaria suprimir uma forma de se expressar sobre o mundo que permite a comunicação entre os diferentes grupos dentro de uma mesma cultura.”*

Firmou-se, assim, durante a década de 90, uma vasta contribuição da pesquisa em Ensino de Física sobre “como se aprende”, estabelecendo a relevância de se considerar o “conhecimento prévio” do estudante a fim de que se possa construir uma “aprendizagem significativa” (Moreira, 1994). Com um perfil fortemente psicológico, dentro de uma visão

cognitivista-construtivista do processo ensino-aprendizagem, estas pesquisas sobre concepções alternativas e mudança conceitual influenciaram e influenciam até hoje o currículo de ensino de ciências, sofrendo, contudo, um desgaste com o final da década de 90 devido às críticas como a apresentada por Mortimer (2001, p.33).

*“A pesquisa em concepções alternativas e os modelos de ensino construtivistas que emergiram dessa pesquisa enfatizaram os aspectos cognitivos da aprendizagem e acabaram negligenciando os aspectos afetivos, emocionais e relacionados ao estabelecimento de novos contratos de trabalho entre professor e estudantes na instauração de práticas pedagógicas inovadoras” .*

### Ênfases curriculares

Uma linha de pesquisa que paralelamente também teve grande influência sobre a análise e o planejamento curricular foi a das ênfases curriculares. Definidas por D. A. Robert (citado em Moreira e Axt, 1986) como: “...um conjunto coerente de mensagens sobre ciências comunicadas, explícita ou implicitamente, ao estudante”, as “ênfases” chamaram a atenção sobre o currículo veiculado pelos livros didáticos.

Discutiremos a seguir alguns dos principais exemplos de ênfase curricular, adaptados do trabalho de Moreira e Axt, 1986.

- *Ciência, Tecnologia e Sociedade*: é a aprendizagem centrada em temas, que possibilita a discussão da relevância de aspectos técnico-científicos em acontecimentos sociais significativos. Envolve ainda reflexões no campo econômico e sua articulação com o desenvolvimento tecnológico e científico. A aprendizagem centrada em temas utiliza fatos de ampla veiculação na mídia e de importância sócio-econômica para explorá-los a partir da ciência e da tecnologia. Está relacionada com a idéia de alfabetização científica e tecnológica visando proporcionar ao estudante certa autonomia para negociar sobre assuntos da ciência e da tecnologia e ter um certo manejo do ambiente para saber fazer e poder fazer.
- *História e Filosofia da Ciência* (estrutura da ciência): o uso da história da ciência para enriquecer e tornar mais interessante o aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos possibilitando uma visão da ciência como uma construção humana. A filosofia da ciência teria maior importância para o professor, permitindo-lhe um melhor desenvolvimento de sua concepção de ciência, com reflexos na hora de abordá-la em sala de aula.
- *Ciência do cotidiano*: entende que a ciência tem de ser apresentada conforme sua utilidade, atendendo às curiosidades e necessidades do dia-a-dia do estudante. O que

interessa é “...o que é prático na vida real, na compreensão do mundo natural e na produção e uso da tecnologia.” Defendida fortemente nos atuais PCNEM, em grande parte por influência do projeto GREF que é um exemplar de material didático desenvolvido a partir da Física do cotidiano.

São citadas ainda as ênfases: na “habilidade científica” a ser desenvolvida pelo estudante, nas “explicações corretas” compartilhadas pela comunidade científica, na capacidade do estudante como “indivíduo explicador”, na “tecnologia educacional” que produza meios para um ensino mais eficiente e na motivação produzida pela possibilidade de “auto-realização” por parte do estudante que se apropria da ciência como parte de sua humanidade.

É preciso destacar a influência do currículo com perfil propedêutico, referenciado numa “formação sólida” para o ensino superior, e que foi o mais tradicional currículo praticado no Brasil até os anos 70 e que continua muito presente nas escolas de nível médio que buscam a melhor preparação para o vestibular e descuidam de outros enfoques curriculares.

Nesta lista podem ainda ser acrescentadas as ênfases em:

- *Conceitos Unificadores*: sugere a elaboração de programas a partir de conceitos supradisciplinares. Como exemplo, os processos de transformações, ciclos e regularidades associados ao conceito de energia. Há ainda, a contribuição dos momentos pedagógicos de problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1992).
- *Física Moderna e Contemporânea*: abordagem das questões Físicas utilizando-se das contribuições mais recentes da ciência, transpostas para o contexto escolar de forma que os estudantes se aproximem mais da visão contemporânea que a ciência constrói do mundo (Ostermann, 2000).

E outras, como a do currículo voltado para o “desenvolvimento cognitivo”, o currículo voltado para o trabalho com as “novas tecnologias”, etc. Contudo, nos parece que o importante não é limitar-se a uma única ênfase, e sim oferecer oportunidades aos estudantes de terem acesso a esta diversidade de enfoques, admitindo que eles se interpenetram, coabitam, se alternam, em um currículo real que poderia oferecer uma visão mais rica de ciência.

Além do que, uma maior diversidade na abordagem curricular pode tornar mais convidativo o ensino de Física de nível médio, pois como destaca Moreira (2000, p.5):

*“A grande maioria dos estudantes do ensino médio não vai estudar Física mais tarde. Por isso, não tem sentido ensinar-lhes Física como se fossem físicos em potencial. (Aliás, este talvez tenha sido um grande erro do PSSC e de outros projetos curriculares.) Eles serão, sobretudo, cidadãos e, como tal, a Física que lhes for ensinada deve servir para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo e da tecnologia.”*

Reafirmando, ainda, a necessidade de mudança que o currículo vem requerendo:

*“Portanto, no ensino médio a perspectiva é também de mudança radical: Física não dogmática, construtivista, para a cidadania, ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do estudante, do concreto para o abstrato, atualização de conteúdos, Física Contemporânea.”* (Moreira, 2000, p.5)

### Pesquisa em Ensino de Física

Outras contribuições específicas da Pesquisa em Ensino de Física para o currículo escolar envolvendo pesquisas sobre atividades experimentais, resolução de problemas, linguagem, história e filosofia da ciência, Física moderna e contemporânea, serão tratados no texto de apoio nº 2, sobre o conceito de energia.

Gostaríamos de, finalmente, destacar apenas a pequena presença que observamos, tanto na pesquisa em Ensino de Física quanto no ensino de ciências em geral, de estudos abordando o papel da interdisciplinaridade no currículo escolar. É interessante ressaltar a pouca tradição nesse tema, que a partir da nova legislação educacional tornou-se bastante presente no discurso e nas preocupações curriculares dos professores de ensino médio, sem que se tenha havido ainda uma resposta por parte dos pesquisadores.

### REFERÊNCIAS

APPLE, M. **Ideologia e currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982.

BARROS, S. S. Reflexões sobre 30 anos da pesquisa em ensino de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8., 2002, Rio de Janeiro. **Atas do ...** 2002. 1 CD-ROM.

BRASIL. Departamento de Políticas de Ensino Médio (Física). **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília: SEB/MEC, 2004.

BRASIL. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ensino médio (PCN+)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 360p.

CANDAU, V. M. Reformas educacionais hoje na América Latina. In: **CURRÍCULO: políticas e práticas**. Campinas: Papyrus, 1999. p. 29-42.

CHERRYHOLMES, C. H. Um projeto social para o currículo: perspectivas pós-estruturais. In: SILVA, T. T. da. **Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993. p.143-172.

COLL, C. **Psicologia e currículo**: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar. São Paulo: Ática, 1996. (Série fundamentos, 123).

DELIZOICOV, D. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 145-175, ago. 2004.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992. (Magistério 2º grau: série formação geral).

FACED/UFRGS. Dossiê parâmetros curriculares nacionais. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 229-241, jan./jun. 1996.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio século XXI**: o dicionário da língua portuguesa: dicionário eletrônico. Versão 3.0. São Paulo: Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM.

FLORES, T. M. V. Reconstruções convergentes com avanços: a interdisciplinaridade. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 53-60, jan./jun. 1993.

FORQUIN, J.-C. As abordagens sociológicas do currículo: orientações teóricas e perspectivas de pesquisa. **Educação & Realidade**. Porto Alegre: v. 21, n. 1, p. 187-198, jan./jun. 1996.

FRIGOTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 63-72, jul/dez. 1993.

GIROUX, H. A.; PENNA, A. N.; PINAR, W. F. **Curriculum and instruction**. Berkeley: McCutchan Publishing, 1981.

GOODSON, I. F. **Currículo**: teoria e história. Petrópolis: Vozes, 1995.

HEWSON, P.W. El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. In: DIEZ años de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias (CIDE). Madri: [s.n.], 1993. p. 332-351.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1977.

LOPES, A. C.; GOMES, M. M.; LIMA, I. S. Diferentes contextos na área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias dos parâmetros curriculares nacionais do ensino médio: integração com o mercado de trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3., 2001, Atibaia, RJ. **Atas do ...** Porto Alegre, 2001. 1 CD-ROM.

MACEDO, E. F. Parâmetros curriculares nacionais: a falácia dos temas transversais. In: **CURRÍCULO: políticas e práticas**. Campinas: Papyrus, 1999. p. 43-58.

MOREIRA, M. A. Cambio conceptual: critica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION FOR THE THE 21<sup>ST</sup> CENTURY: towards innovatory approaches, 1994, Concepcion, Chile. **Proceedings of the ...** [Conception]: Universidad de Concepcion, 1994. p. 81-92.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 33-48, jun. 1986.

MORTIMER, E. F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 25-35, jan./abr. 2002.

OSTERMANN, F. **Tópicos de física contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de física**. 2000. 433 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

OSTERMANN, F. **Análise e planejamento de currículo em física**. [1995] 14f. Trabalho para a disciplina de prática de ensino de física. [Porto Alegre]: Instituto de Física, [1995].

PEDRA, J. A. **Currículo, conhecimento e suas representações**. 6. ed. Campinas: Papirus, 1997. (Coleção Práxis).

PINO, P.; OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de ciências naturais de 5º a 8º série do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p. 5-14, 2005.

POSNER, G. Y, et. al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**. New York, v. 66, n. 2, p. 211-227, Apr. 1982.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCNs em sala de aula: dificuldades e possibilidade. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 8- 11, maio 2003.

SANTOS, L. L. de C. P. História das disciplinas escolares: outras perspectivas de análise. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 60-68, jul./dez. 1995.

SILVA, E. O. da Fragmentação e interdisciplinaridade no ensino: estabelecendo distinções, delimitando conceitos. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 113-126, jan./jun. 1997.

SILVEIRA, F. L da. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 36-41, jul./set. 1992.

SILVEIRA, F. L. da. A filosofia de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. In: MOREIRA, M. A. e AXT, R. (Org.). **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre, SAGRA, 1991. p. 62-78.

SILVEIRA, F. L. da; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, p. 7-27, 2002. n. especial.

TERIGI, F. Notas para uma genealogia do curriculum escolar. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 159-186, jan./jun. 1996.

ZYLBERZTAIN, A. Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. Tópicos em ensino de ciência, Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 47-61.

## APÊNDICE B: O CONCEITO DE ENERGIA

Como nosso foco está no ensino e aprendizagem do conceito de energia, entendemos que seria relevante iniciarmos este texto por uma discussão sobre os problemas que a História e a Filosofia da Ciência mostram terem sido fundamentais para a construção deste conceito; evitando, assim, apresentá-lo de forma arbitrária.

Quando se discute o processo de ensino-aprendizagem em ciências há uma idéia quase consensual entre os pesquisadores de que é preciso evitar uma apresentação do saber científico como se o mesmo fosse algo acabado, dando ênfase apenas à forma como o concebemos atualmente, sem oferecer aos estudantes oportunidades de compreenderem como se deu a evolução histórica deste saber. Neste sentido é preciso esclarecer quais eram os problemas que a comunidade científica buscava solucionar quando emergiu o conceito de energia. Inclusive para que, refletindo sobre estes fatos, os estudantes possam familiarizar-se com critérios e estratégias de elaboração e validação comuns ao trabalho científico, de modo que lhes seja possível comparar suas concepções pessoais com concepções já superadas dentro da própria evolução do saber científico.

Seguindo esta orientação é que estruturamos esta revisão bibliográfica partindo de uma leitura sobre a gênese do conceito de energia. Primeiro investigando o momento que antecede a emergência do conceito e, posteriormente, os principais resultados que nos descrevem a evolução que o mesmo sofreu até os dias de hoje, principalmente, ao que se refere à chamada “descoberta simultânea do princípio de conservação da energia”.

Em seguida procuramos desenvolver uma discussão, referenciada na atual pesquisa em ensino de Física, sobre o estado da arte do modelo conceitual de energia. Dividimos esta tarefa em quatro momentos:

- no primeiro, discutimos a forma como o termo energia apresenta-se no cotidiano da sociedade;
- no segundo, discutimos como este cotidiano, seja por aspectos materiais ou culturais, serve de base para que os estudantes manifestem suas concepções alternativas a respeito do significado e das manifestações Físicas da energia;
- no terceiro, discutimos alguns argumentos relativos a estratégias para uma primeira aproximação ao conceito;
- e no quarto e último momento, apresentamos algumas sugestões para a análise e o planejamento curricular vinculados à temática da energia.

## B.1 – O SABER CIENTÍFICO

Energia, em grego, significa trabalho (do grego *enérgeia* e do latim *energia*) e, inicialmente, foi usado para se referir a muitos dos fenômenos explicados através dos termos: “*vis viva*” (ou “força viva”) e “calórico”. A palavra energia apareceu pela primeira vez em 1807, sugerida pelo médico e físico inglês Thomas Young. A opção de Young pelo termo energia está diretamente relacionada com a concepção que ele tinha de que a energia informa a capacidade de um corpo realizar algum tipo de trabalho (Wilson, 1968).

Antes de 1800 o conceito de força (*vis*) possuía um sentido bastante abrangente, adaptando-se a diferentes campos: força elétrica, força gravitacional, força magnética. Esta abrangência do uso da concepção de força ainda não permitia muitas aproximações entre estas diferentes manifestações, apenas se desenvolviam estudos que buscavam aprofundar a forma como estas forças se manifestavam nos diversos contextos físicos. Contudo, algumas contribuições se orientavam no sentido de identificar regularidades associadas tanto aos fenômenos relativos ao movimento quanto ao calor:

- Galileu Galilei (1564-1642) em sua obra “Diálogos sobre Duas Novas Ciências” chegou a fazer considerações a respeito de regularidades observadas em alguns processos de transformação envolvendo a força gravitacional, mais especificamente sobre o funcionamento do “bate-estacas”; também afirmava conservar-se o que entendia ser o *ímpeto* presente nos corpos em movimento;
- Leibniz (1646-1716) e Huygens (1629-1695) contribuíram para o desenvolvimento da idéia de conservação da *vis viva* nas colisões;
- Lagrange (1736-1813) em 1788 estabelece o que entendemos hoje como o princípio da conservação da energia mecânica;
- Joseph Black (1728-1799), Rumford (1753-1814) e Carnot (1796-1832) desenvolveram uma idéia de conservação dentro da própria “Teoria do Calórico”.

Até que, no início do séc. XIX, o termo energia passou a ser usado com frequência cada vez maior, sobrepondo-se às concepções de “*vis viva*” e de “calórico”. Nas décadas anteriores a 1850, a concepção de energia foi protagonista de uma revolução do pensamento científico europeu, pois estavam ligadas a ela as condições para uma nova visão da natureza, uma visão a partir do Princípio de Conservação da Energia (Kuhn, 1977). Contribuíram decisivamente para a elaboração deste princípio de conservação homens como Julius Robert

von Mayer (1814-1878, Alemanha), Hermann von Helmholtz (1821-1894, Alemanha), L. A. Colding (1815-1888, Dinamarca) e James Prescott Joule (1818-1889, Inglaterra).

### B.1.1 - TEORIAS PREDECESSORAS

Discutiremos as contribuições de dois grandes campos de pesquisa, o do movimento e o do calor, antes de se integrarem e permitirem a emergência do conceito de energia.

#### Vis viva

Galileu Galilei (1564-1642) em seu livro *Dois Novas Ciências* já descrevia experiências em que entendia se conservaria o que ele chamava de *ímpeto*. Christian Huygens (1629-1695) ao estudar a colisão dos corpos identificava algum significado especial na multiplicação da massa pela velocidade ao quadrado dos corpos. Mas foi só em 1683, na sua obra “Discurso de MetaFísica”, que o matemático, filósofo, político e historiador alemão Gottfried Leibniz (1646-1716) introduziu o termo latino “*vis viva*”, que significa “força viva” de forma a dar maior sentido a esta relação. Ele confrontava o conceito de “quantidade de movimento” defendido anos antes por René Descartes (1596-1650), de forma que *vis viva* (matematicamente representada pela relação  $mv^2$ ) e quantidade de movimento (representada por  $mv$ ) passaram a disputar a “verdadeira medida do movimento e da força de um corpo” (Rocha, 2002 e Ponczec, 2000).

A tentativa de Leibniz em resolver o problema encontrado por Descartes ao analisar a conservação da quantidade de movimento a partir de uma grandeza escalar ( $mv$ ), era em parte resolvida pelo termo ao quadrado presente na *vis viva* ( $mv^2$ ), mas não completamente, apenas em colisões ideais se conservaria a *vis viva* (colisões perfeitamente elásticas). Isto se resolveu apenas quando Newton (1642-1727) formulou sua 2ª Lei a partir da variação da quantidade de movimento dando a este um significado vetorial. No entanto, não chegou a orientar seus estudos na direção da elaboração de uma idéia mais clara de conservação. A concepção de Leibniz acabou evoluindo até nossa atual concepção de energia cinética enquanto que a de Descartes consiste em nossa atual concepção de quantidade de movimento. Sendo Christian Huygens que, finalmente, ao estudar as colisões perfeitamente elásticas, chegou junto com Wallis e Wren, em 1669, ao princípio de conservação da quantidade de movimento linear (Michinel y D’Alessandro, 1994, p.376 e Delizoicov e Angotti, 1992, p.59).

Em 1738 Daniel Bernoulli acrescentava: “...a conservação da *vis viva* é a igualdade da descida real com a ascensão potencial” (in Kuhn, 1977, p.121). E, mais de 100 anos

depois de Huygens, em 1803, L. N. M. Carnot, pai de Sadi Carnot, elaborou o que seria o precursor do conceito de energia potencial: a *vis viva* “latente”. Carnot argumentava que todo corpo a uma certa altura do chão possuía *vis viva*, pois poderia cair e entrar em movimento.

Michinel y D’Alessandro (1994, p.376) concluem sobre esta contribuição da teoria da *vis viva* afirmando que, posteriormente, Gaspard de Coriolis (1792-1843) relaciona-a com conceito de trabalho, de forma que dando preferência ao conceito de trabalho se estabelece a seguinte igualdade: Trabalho = Força.Deslocamento =  $\frac{1}{2}(\Delta vis viva)$ , que não é outra coisa se não o teorema do trabalho e da energia cinética aplicado a uma partícula ( $W_{\text{externo}} = \Delta E_{\text{partícula}}$ )

Finalmente, encerrando este breve levantamento de algumas contribuições da área da mecânica para a emergência do conceito de energia, gostaríamos ainda de destacar que a *vis viva* só será substituída pelo termo “energia” a partir de 1807 por influência, principalmente, de Thomas Young (1773-1829) e receberá a denominação moderna de “energia cinética” só a partir de Lord Kelvin (1824-1907). Lembrando que apesar destas questões terminológicas, sob outros termos a energia já era de certa forma considerada, inclusive contando com contribuições como a de Lagrange que, em 1788, em sua obra “Mecânica Analítica” já apresentara uma forma de conservação da energia para sistemas mecânicos (Solbes e Tarín, 1998, p.389).

### Calórico

Durante os séculos XVII e XVIII os cientistas ainda discordavam quanto à natureza do calor, numa investigação que pode ser remetida ao mistério associado ao fogo e à combustão. Segundo Auth e Angotti (2001) as primeiras tentativas de explicar a natureza do fogo provêm da Antigüidade com Heráclito identificando-o como sendo o “ar condensado”. Na modernidade a teoria da calcinação<sup>31</sup> do século XVI e a teoria do termógeno<sup>32</sup> do século XVII, buscaram dar melhores respostas ao mistério associado à conservação da massa durante as combustões. Porém, no início do século XVIII, Stahl (representando a união do saber químico e médico nos Iatroquímicos e Alquimistas) deu o nome de flogisto ao que entendia ser o “princípio do fogo”. Assim “todos os corpos passíveis de combustão continham flogisto, liberado durante a queima”.

<sup>31</sup> Tentava explicar por que algumas substâncias ao serem incineradas tinham um aumento em seu peso justificando que haviam liberado sua parte mais volátil, que lhe dava uma maior leveza.

<sup>32</sup> Tentava explicar o mesmo aumento de peso na combustão de algumas substâncias justificando existir uma substância chamada termógeno que entrava nos corpos ao serem aquecidos.

Mesmo que alguns investigadores (Roger Bacon, Francis Bacon, Kepler, Boyle) influenciados pelas idéias de Platão e Aristóteles afirmassem ser o calor uma forma de movimento, a teoria do flogisto iria se manter com forças até o final do século XVIII quando da revolução da Química. Durante esta revolução foram fundamentais as contribuições de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), considerado pai da química, que, em primeiro lugar, conseguiu “comprovar que o ar era uma composição de elementos, entre eles o oxigênio, o qual, além de conter massa, participava das combustões”, possibilitando-lhe, a partir disso, e da realização de novas experiências de combustão, chegar ao seu famoso enunciado da Lei da Conservação da Massa: “no universo nada se cria nem se destrói, tudo se transforma”. Em segundo lugar, por ter em 1789 publicado um livro, Elementos de Química, onde relacionou 23 substâncias consideradas por ele como autênticas, estando entre elas relacionado também o calor, identificado como um fluido denominado de “calórico” (Wilson, 1968 e Auth e Angotti, 2001).

A teoria que se formou em torno da idéia do calórico tornou-se tão usual que precisou ser confrontada inúmeras vezes até ser superada. Antes disso, no entanto, alguns resultados experimentais contribuíram para a elaboração de uma lei de conservação do calórico: o calor não se cria e nem se destrói, mas pode ser transferido de um corpo para outro (Michinel y D’Alessandro, 1994, p.376).

Um dos principais teorizadores do calórico foi um químico escocês chamado Joseph Black (1728-1799). Black introduziu termos como caloria, capacidade calorífica, calor latente e calor sensível. Ele mostrou como substâncias diferentes atingiam temperaturas diferentes quando aquecidas com a mesma quantidade de calórico, o que foi formalizado pela expressão:

$$\Delta Q \text{ (cal)} = m \text{ (g)} \cdot c \text{ (cal/g}^\circ\text{C)} \cdot \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

O que permitia uma descrição formal para a conservação do calórico, considerando-se dois corpos em contato e a diferentes temperaturas, isolados da vizinhança e livres de modificações químicas ou que os levassem a mudar de estado de agregação:

$$\Delta Q_A + \Delta Q_B = 0$$

Dentre muitos cientistas que buscavam provas experimentais para a conservação do calórico, o americano Benjamin Thompson, mais conhecido como Conde de Rumford (1753-1814), teve um papel de destaque. Rumford baseando-se na observação da fabricação de canhões percebeu que o atrito produzido pela broca em contato com o metal do canhão produzia um aquecimento suficiente para levar à ebulição uma quantidade ilimitada de água que era utilizada para o resfriamento da broca. Isto contradizia a concepção em voga de que

o atrito deveria apenas liberar uma quantidade limitada de calórico armazenado no metal. Com isso Rumford conclui sobre a natureza do calor (in Wilson, 1968, p. 36):

*“...não poderia de modo algum ser uma substância material: e parece-me ser extremamente difícil, senão inteiramente impossível, formar qualquer idéia de algo capaz de ser excitado e transmitido, da maneira por que o calor foi excitado e transmitido nestas experiências, a menos que isso seja movimento”.*

Começava a ser elaborada uma teoria dinâmica do calor a fim de superar as limitações apresentadas pela teoria do calórico. De maneira que em 1824 Sadi Carnot (1796-1832) publicou o livro “Reflexões sobre o poder motor do fogo”, o primeiro livro da nova ciência que passaria a se chamar Termodinâmica. O trabalho de homens como Rumford, perfurando o cano de um canhão com uma broca, de Humphry Davy, atritando duas pedras de gelo até derretê-las, ou ainda Joule, fazendo girar uma roda com palhetas dentro de um recipiente com água de forma a aquecê-la, acabaram por provar que o calor é resultado do movimento microscópico. Para Cotignola et. al. (2002) o declínio da teoria do calórico ocorreu paralelamente à emergência do conceito de energia introduzido por Thomas Young em 1807.

### B.1.2 – O PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO

Aparece de forma muito clara nesta parte da história da ciência a busca pela generalidade e coerência global que caracteriza o trabalho científico e que se traduz pela integração entre campos de saberes aparentemente desconexos. É neste contexto de grande desenvolvimento científico que veremos o surgimento da Termodinâmica, campo teórico resultante da integração entre a mecânica e o estudo do calor, terreno fértil onde também se desenvolveu o Princípio da Conservação da Energia (PCE).

Diversos autores defendem que a atual concepção de energia emergiu, precisamente, a partir do estabelecimento de sua conservação (Tibergien, 1998). Neste processo de emergência do conceito de energia podemos identificar dois momentos fundamentais para elaboração do princípio de conservação (Kuhn, 1977):

*1ª) De 1800 a 1842, envolve a investigação de uma rede de conexões entre estas “forças” e os processos de conversão entre elas.*

Os fenômenos físicos entre 1837 e 1844 são descritos por vários pesquisadores da época (C.F.Mohr, Willian Grove, Faraday, Liebig) como sendo resultado da manifestação de uma única “força” que poderia aparecer sob várias formas: elétrica, térmica, dinâmica, mas nunca poderia ser criada nem destruída. Isto pode ser exemplificado através de algumas citações encontradas em Kuhn (1977):

*“Além dos 54 elementos químicos conhecidos, existe, na natureza das coisas, apenas um outro agente chamado força; pode aparecer em várias circunstâncias como movimento, afinidade química, coesão, eletricidade, luz, calor e magnetismo, e a partir de qualquer um destes tipos de fenômenos podem suscitar-se todos os outros”.* (Mohr em 1839, citado na p.114)

*“Não podemos dizer se alguma [destas forças] é a causa das outras, mas apenas que todas estão conexas e se devem a uma causa comum”* (Faraday em 1834, citado na p.115)

*“A posição que procuro estabelecer neste ensaio é que [cada um] dos vários agentes imponderáveis... isto é, calor, luz, eletricidade, magnetismo, afinidade química e movimento, podem, enquanto força, produzir ou converter-se nas outras”* (Grove em 1843, citado na p.115)

Assim, o princípio de “convertibilidade” estava sendo compartilhado por um número cada vez maior de pesquisadores sem, contudo, envolver ainda a idéia de “conservação”.

Como nos exemplos citados, muitas também foram as pesquisas que apontavam na direção de se reconhecer calor e trabalho (este último identificado na época também como “efeito mecânico”) como sendo “quantitativamente intermutáveis”; o que reforçava ainda mais o princípio da convertibilidade. Sadi Carnot o fez antes de 1832, Marc Séguin em 1839, Karl Holtzmann em 1845 e G.A. Hirn em 1854, todos envolvidos em estudos sobre a máquina a vapor. De forma que para Kuhn, (1977, p.104):

*“Esta dita força é a que foi mais tarde conhecida pelos cientistas como energia. A história da ciência não oferece nenhum exemplo mais marcante do fenômeno conhecido como descoberta simultânea”.*

2ª) *Entre 1842 e 1847, ocorre a descoberta simultânea do princípio de conservação.*

“Generalidade na formulação” e “aplicações quantitativas concretas” foi o que garantiu o status de uma das descobertas mais marcantes da história da ciência: o Princípio da Conservação da Energia.

*“Entre 1842 e 1847, a hipótese da conservação da energia foi publicamente anunciada por quatro cientistas europeus amplamente dispersos – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz -, todos, exceto o último, trabalhando em completa ignorância dos outros”* (Kuhn, 1977, p.101).

Apesar das revelações destes cientistas terem sido feitas em tempos diferentes e de que o que foi dito nelas não seja exatamente a mesma coisa, elas são consideradas como uma descoberta simultânea (Kuhn, 1977). Porque se considerarmos os efeitos daquilo que eles disseram, somos levados a admitir que eles falavam de um mesmo aspecto da natureza e que suas descobertas foram feitas de forma independente e num mesmo contexto histórico.

Ludwig Colding em um trabalho apresentado à Academia Dinamarquesa de Ciências em 1843 afirma sobre a conservação (citado em Auth e Angotti, 2001, p.219):

*“Todas as vezes que uma força parece se aniquilar realizando um trabalho mecânico, químico ou de qualquer outra natureza, ela apenas se transforma, e reaparece sobre uma nova forma, onde ela conserva toda a sua grandeza primitiva.”*

O que estes pioneiros nos proporcionaram, antes de qualquer coisa, foi uma visão geral, integrada, da “...emergência rápida e, muitas vezes, desordenada dos elementos experimentais e conceituais a partir dos quais essa teoria (da conservação) em breve iria se constituir” (Kuhn, 1977).

Segundo Kuhn (1977), três fatores contribuíram para a descoberta da conservação da energia.

*1º) Disponibilidade dos processos de conversão.*

Muitos processos de conversão entre as diferentes formas de energia (ou como eram chamadas à época: entre as diversas “forças”) eram bastante conhecidos até meados do século XIX. No Tabela B.1 procuramos ilustrar algumas destas conversões.

Tabela B.1 – lista ilustrativa de algumas conversões conhecidas até o final das quatro primeiras décadas do século XIX.

Ano	Pesquisador	Conversão
1768	Watt (1736-1819)	Térmica→cinética (máquina térmica)
1800	Volta(1745-1827)	Química→elétrica (pilha)
1820	Oersted (1777-1851)	Elétrica→magnética (eletroímã)
1821	Seebeck (1770-1831)	Térmica→elétrica (termopar)
1831	Faraday (1791-1867)	Magnética→elétrica (indução eletromagnética)
1840	Joule (1818-1889)	Elétrica→térmica (efeito joule)

Assim, existia uma rede de conversões ocorrendo de forma desordenada e isolada, mas que, no entanto, permitiu a alguns homens da época perceberem conexões entre estes diversos fenômenos. As conversões de calor em trabalho recebiam atenção especial pois envolviam a busca de melhorar o rendimento da conversão, produzindo-se cada vez mais trabalho útil. A relação entre trabalho e calor passou a receber destaque na tentativa de se estabelecer o equivalente mecânico do calor. Carnot estudando a potência das máquinas a vapor chegou à relação de que 1cal = 3,62 J. Mayer fez um cálculo semelhante a partir das propriedades dos gases e chegou ao valor de 1cal = 3,6 J.

De forma que para Kuhn (1977, p.112):

*“...a conservação da energia não é nada menos do que a contrapartida teórica dos processos de conversão laboratoriais, descobertos durante as primeiras quatro décadas do século XIX”.*

Um dos principais articuladores desta “contrapartida teórica” foi James Prescott Joule (1818-1889). Joule em 1838 estava preocupado com o funcionamento dos motores elétricos. Em 1840 se aproxima dos investigadores das máquinas a vapor a fim de realizar comparações entre uma e outra forma de se produzir movimento. É quando realiza experiências para provar que o calor não era um fluido, e sim um tipo de força. Em 1841 e 1842 volta-se para o estudo dos problemas químicos associados às baterias que moviam os motores elétricos. E só em 1843 redireciona suas investigações para as transformações entre os diferentes tipos de “forças” (elétrica em calor, mecânica em calor) descobrindo, inclusive, a equivalência entre trabalho e calor. Assim, foi durante os anos 1844-47 que ele conseguiu fazer a integração entre as concepções sobre as diversas conversões conhecidas na época. Conforme Kuhn (1977, p.113):

*“Na medida que o fez, o seu trabalho foi cada vez mais associado ao dos outros pioneiros e só quando muitos desses laços apareceram é que a sua descoberta se assemelhou à conservação da energia”.*

Joule publica o resultado de seus estudos em 1849 afirmando ser o calor uma forma de “força” e dando o valor para seu equivalente mecânico como sendo  $1\text{cal} = 4,15\text{J}$ , com um desvio de apenas 1% do valor atual<sup>33</sup> (Gaspar, 2001, vol.2, p.316). Dado à relevância da contribuição de Joule temos até hoje em sua homenagem a unidade de energia como sendo o Joule (J) (aproximadamente a energia necessária para levantar uma maçã em um metro de altura), contudo Joule, nos trabalhos que publicou sempre usou o termo “força” no lugar de energia.

A concepção de que as “forças” deviam se conservar aparece também em afirmações como a de Faraday em 1840:

*“Temos muitos processos pelos quais a forma do poder se pode mudar de modo a que a conversão aparente de uma tenha lugar noutra. Mas em caso algum existe uma pura criação de força; uma produção de poder sem uma exaustão correspondente de qualquer coisa que lha forneça”* (in Kuhn, 1977, p.116)

Podemos dizer que de certa forma já havia uma concepção qualitativa da conservação da energia, contudo, a quantificação desta conservação revelou-se, como salienta Kuhn (1977, p.118), “...insuperavelmente difícil para estes pioneiros, cujo principal equipamento intelectual consistia em conceitos relacionados com os novos processos de conversão”.

## 2º) Preocupação com motores

---

<sup>33</sup> “Existem três calorias: uma chamada caloria a 15°C, cujo valor é  $1\text{cal}_{15} = 4,1855\text{J}$ ; outra chamada caloria IT (International Table), cujo valor é  $1\text{cal}_{\text{IT}} = 4,1868\text{J}$ ; e, finalmente, a caloria termoquímica, cujo valor é  $1\text{cal}_{\text{th}} = 4,184\text{J}$ .” (Gaspar, 2001, vol.2, p.314)

Como já comentamos existe uma boa razão para o uso da *vis viva* na tentativa de quantificação do princípio de conservação, ela é identificada como sendo obtida a partir do produto da massa pela velocidade ao quadrado ( $mv^2$ ) o que nos sugere uma relação com o conceito moderno de energia cinética ( $\frac{1}{2}mv^2$ ). Todavia, existia uma outra quantidade conhecida que vinha da tradição de engenharia, identificada como sendo obtida a partir do produto da força pelo deslocamento ( $F.d.\cos\theta$ ), ela era denominada de efeito mecânico, ou, como é conhecida atualmente, trabalho.

*“A conservação da vis viva foi importante para a derivação, feita por Helmholtz, da conservação da energia, e um caso especial (a queda livre) do mesmo teorema dinâmico foi, por fim, de grande utilidade para Mayer. Mas estes homens também obtiveram elementos significativos de uma segunda tradição geralmente separada – a da engenharia da água, do vento e do vapor – e esta tradição é muito importante para o trabalho dos outros cinco pioneiros que produziram uma versão quantitativa da conservação da energia”* (Kuhn, 1977, p.120).

Segundo Kuhn só a partir de 1819 é que o conceito de trabalho passará a receber a atenção necessária:

*“Entre outros resultados significativos e típicos desta reformulação estavam a introdução do termo ‘trabalho’ e de unidades para a sua medição, a redefinição da vis viva como  $\frac{1}{2}mv^2$ , foi para preservar a prioridade conceitual da medida trabalho e a formulação explícita da lei da conservação em termos da igualdade de trabalho realizado e da energia cinética criada”*

O fato de os motores serem dispositivos de conversão e de permitirem comparações entre os diferentes tipos (elétricos ou térmicos) apontava para a possibilidade de quantificação. Para fazerem os cálculos, no entanto, precisavam do conceito de trabalho e, conseqüentemente, da tradição em engenharia.

A idéia de que a energia é conservada também foi defendida, pelo físico e médico alemão Julius Mayer (1814-1878) que em 1842 concluiria que:

*“...força [o termo que então prevalecia para designar energia], uma vez existindo, não pode ser aniquilada; pode apenas mudar de forma”*. (citado em Wilson, 1968, p.36)

Mayer conseguiu calcular o “equivalente mecânico” do calor a partir da diferença entre os calores específicos de gases a pressão e volume constantes, dentro já da nova teoria termodinâmica. O trabalho de Mayer, contudo, não alcançou a mesma repercussão que o de Hermann Helmholtz (1821-1894) que em 1847 generalizou o princípio de conservação da energia em uma lei universal e que mais tarde veio a ser conhecida como a Primeira Lei da Termodinâmica. Segundo Angotti:

*“O artigo de Helmholtz, publicado em 1847, sobre a conservação da grandeza, contemplada nas suas distintas formas interconvertíveis, é um clássico reconhecido por muitos cientistas e historiadores da ciência, mas ainda utiliza a terminologia braft (força), no título e em todo o texto.”* (Auth e Angotti, 2001, p.220)

Só depois de Rudolf Clausius (1822-1888) ter, em 1865, demonstrado matematicamente esta lei foi que o termo energia recebeu significado preciso sendo admitido como uma função de estado, mas tendo, inegavelmente, uma gênese fortemente vinculada às relações entre calor e trabalho, dois processos de transferência-transformação de energia.

Joule e Clausius concluíram que o calor estava relacionado com uma certa energia cinética das partículas que constituem os corpos, passando a se estruturar cada vez mais uma Teoria Cinética baseada nas Leis de Newton, que permitia, inclusive, a compreensão das leis da termodinâmica.

### *3º) Filosofia da natureza (Nathurphilosophen)*

Kuhn (1977), finalmente, defende ainda a existência de um terceiro fator que pode ter contribuído para a descoberta simultânea do princípio de conservação da energia: a influência da *Nathurphilosophen*. Esta escola filosófica buscava um princípio unificador de todos os fenômenos naturais. Eles usavam a idéia de “organismo” como a principal metáfora para a ciência, sendo as bases deste movimento levantadas por homens como Kant e Leibniz. Assim, muitos dos pioneiros que citamos até aqui, principalmente os formados dentro da cultura alemã, serão influenciados por esta idéia de princípio unificador que os levará a conclusões que não saem necessariamente de experiências de laboratório ou de deduções matemáticas, mas de inspirações metafísicas baseadas na filosofia natural. Como afirma Kuhn (1977, p.133):

*“A ocorrência persistente de saltos mentais como estes sugere que muitos dos descobridores da conservação da energia estavam profundamente predispostos a ver uma única força indestrutível na raiz de todos os fenômenos naturais”.*

Para muitos filósofos do século XVII a idéia do universo perder seu movimento inicial e imobilizar-se com o tempo era incompatível com a perfeição divina, acreditando que Deus não criaria um mecanismo tão imperfeito. Se o movimento se extinguísse, deveria haver uma grandeza ou quantidade ligada a ele que compensasse essa extinção (Gaspar, 2001, vol.1, p.245). Ou seja, existia uma certa predisposição dos investigadores que talvez tenha acabado por definir o tipo de metáfora que se iria construir da realidade, de forma a remeter-nos a uma concepção de ciência menos rígida, menos focada na experimentação e na indução lógica de fatos que podem ser organizados de forma sistemática por um

pensamento racional e neutro. Mostra um pensamento científico influenciado por questões subjetivas, crenças, e concepções que podem levar a formulações teóricas que influenciam diretamente a maneira como se observa o mundo.

Vamos agora passar a abordar como o conceito de energia chegou aos nossos dias, assumindo, portanto, ter ele passado por um processo de construção histórico-conceitual que não é resultado da aplicação de um “método científico” rígido e fundamentado unicamente nas observações experimentais. Assumimos que o pensamento científico que nos legou o atual conceito de energia envolveu a criatividade, a imaginação e a visão de mundo de muitos homens que contribuíram para a elaboração desta abrangente metáfora da natureza.

### B.1.3 – A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE ENERGIA

#### Contribuições da Termodinâmica

Depois de estabelecida a conservação da energia expressa na primeira lei da termodinâmica pela formulação do conceito de energia interna, os investigadores procuraram expressar sob a forma de outra lei uma proibição existente na natureza: a irreversibilidades dos fenômenos espontâneos. Lorde Kelvin (1824-1907), matemático e físico inglês, já havia contribuído para a formulação do *paradoxo da reversibilidade* e da concepção da *morte térmica do universo*, quando em um enunciado para a segunda lei da termodinâmica “proíbe” a transformação de calor integralmente em trabalho. Pouco antes, em 1850, Clausius procurou expressar de maneira mais simples esta segunda lei afirmando apenas que o calor sempre deverá passar dos corpos mais quentes para os mais frios, afirmando que o contrário não ocorreria de forma espontânea na natureza. Quinze anos depois o próprio Clausius estabelece outro enunciado para a 2ª lei afirmando que a entropia<sup>34</sup> de um sistema isolado só pode aumentar ou permanecer constante (Gaspar, 2001, vol.2, p.361).

A segunda lei da termodinâmica terá, portanto, diferentes enunciados todos tentando expressar o fato de que na natureza há uma busca pelo equilíbrio térmico e que este movimento estabelece um certo sentido temporal para a ocorrência do fenômenos.

Desta forma, em 1872, o físico estatístico austríaco Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906) formula outro enunciado para a segunda lei afirmando que em qualquer sistema

---

<sup>34</sup> Entropia é um termo derivado do grego e significa transformação, matematicamente esta grandeza Física é definida por  $S = Q/T$ , e sua variação por  $\Delta S = \Delta Q/T$ . A entropia de um sistema tende a aumentar com o recebimento de energia e diminuir com a perda de energia.

físico, a tendência natural é o aumento da desordem; o restabelecimento da ordem só é possível mediante o dispêndio de energia. Boltzmann estabelecia que a desordem é uma grandeza termodinâmica fundamental e que a tendência dos fenômenos naturais à irreversibilidade e à degradação era resultado de uma maior probabilidade estatística.

Foi devido ao trabalho de Boltzmann (pai da mecânica estatística) em conjunto com o de James Clerk Maxwell (1831-1879) que foi estabelecida a Teoria Cinética dos Gases que explicava microscopicamente os fenômenos termodinâmicos mesmo antes da descoberta do átomo. As contribuições de Maxwell foram ainda de grande relevância para a Teoria Eletromagnética.

Ainda em 1906 Hermann Walther Nernst (1864-1941) propõe a terceira lei da termodinâmica afirmando não ser possível, por nenhuma série finita de processos, a temperatura de zero kelvin (o zero absoluto). Mesmo que se atinja um estado de ordem absoluta das partículas, isto não significará a inexistência absoluta de movimento, pois continuará existindo uma energia residual, que por não causar desordem, não tem como se transferir sob a forma de calor, e conseqüentemente, não será eliminada.

#### Contribuições da Teoria Eletromagnética

No século XIX, o estabelecimento da teoria eletromagnética abre espaço para considerações sobre a energia presente nos campos elétricos e magnéticos, e confirma a radiação como um novo processo de transferência de energia, sendo a luz uma onda eletromagnética. A conservação da energia no eletromagnetismo considerará que as variações de energia dos campos em uma determinada região do espaço será igual a radiação mais o trabalho realizado pelos campos sobre as cargas no interior desta região. Ou seja, um enunciado muito parecido com o da primeira lei da termodinâmica.

E se seguirá um diversidade de novas manifestações da energia relacionadas às interações entre as cargas elétricas, mas que fogem da proposta desta revisão.

#### Contribuições da Física Moderna e Contemporânea

No início do século XX, o mundo microscópico começa a ser descortinado com maior profundidade, com isso, se começa a questionar, por exemplo, de onde resulta a energia proveniente das reações nucleares? Há transformação de massa em energia ou elas continuam a se conservar de forma independente uma da outra?

A partir da Teoria da Relatividade de Albert Einstein (1879-1955), quando se introduz o conceito de equivalência entre massa e energia ( $E = m.c^2$ ), passa-se a acrescentar



## B.2 – O SABER ESCOLAR

Buscando um contraponto com o que foi discutido na primeira parte do texto, passaremos agora a avaliar algumas questões relativas à transposição didática deste saber científico para a educação escolar, ou seja, vamos avaliar quais são as principais características do saber escolar sobre o conceito de energia.

### B.2.1 - ENERGIA NO COTIDIANO

Energia é um termo amplamente utilizado na descrição e na explicação de fatos cotidianos, sendo um tema de grande relevância para a sociedade moderna. Notícias sobre construções de hidrelétricas e termelétricas, preço do petróleo, uso de fontes renováveis de energia, riscos da energia nuclear, são freqüentes nos meios de comunicação.

Sabe-se que as principais fontes de energia em uso atualmente: movimento das águas e do ar, o calor produzido por reações químicas ou nucleares, e a luz solar, são conversíveis, por meio de dispositivos adequados, em energia elétrica que, depois de servir como “intermediária” até os locais de consumo, é convertida em outras “formas” desejadas. Outra maneira de transportar energia até seu local de consumo é através da energia química ou nuclear “armazenada” nos diversos combustíveis. Estes, da mesma forma que no caso da energia elétrica, deverão passar por um processo de transformação a fim de que possamos dispor da energia neles contida.

Assim, após ser produzida e transportada a energia está disponível para o consumo. Contudo, como nas sociedades modernas atuais o consumo é muito alto, passam a ser relevantes os problemas de ordem ambiental, social, econômica e geopolítica envolvidos em todas estas etapas. Desta forma, a experiência cotidiana nos revela que a energia, além de ser indispensável ao nosso atual modo de vida, precisa ser tratada de modo sustentável desde sua produção, até seu armazenamento, transporte e consumo.

Esta presença da energia em nosso dia-a-dia indubitavelmente nos leva a construir significados para ela. Se formos, por exemplo, consultar um dicionário<sup>35</sup>, encontraremos diversas acepções:

*“S.f. [Do gr. enérgeia, pelo lat. energia.]*

*1. Maneira como se exerce uma força.*

*2. Força moral; firmeza: Notável a energia de seu caráter; Tem agido com grande energia.*

*3. Vigor, força: Com a idade, perdeu a energia.*

---

<sup>35</sup> Dicionário Aurélio Eletrônico, versão 3.0, 1999.

4. *Filos. Segundo Aristóteles (v. aristotélico), o exercício mesmo da atividade, em oposição à potência da atividade e, pois, à forma.*

5. *Fís. Propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho. A energia pode ter várias formas (calorífica, cinética, elétrica, eletromagnética, mecânica, potencial, química, radiante), transformáveis umas nas outras, e cada uma capaz de provocar fenômenos bem determinados e característicos nos sistemas físicos. Em todas as transformações de energia há completa conservação dela, i. e., a energia não pode ser criada, mas apenas transformada (primeiro princípio da termodinâmica). A massa de um corpo pode se transformar em energia, e a energia sob forma radiante pode transformar-se em um corpúsculo com massa [símb.: E].”*

Percebe-se, portanto, que a definição Física de energia é apenas uma das muitas outras que os dicionários trazem, ou que estão presentes em determinada cultura. Além, é claro, da infinidade de definições associadas às adjetivações relativas ao termo: “Energia atômica, Energia nuclear, Energia térmica, Energia cinética, Energia de ativação, Energia de ligação, Energia de repouso, Energia interna, Energia livre, Energia magnetizante, Energia nuclear, Energia potencial, Energia radiante, Energia térmica, Energia vital, Energia eólica, etc.”

Contudo, a concepção Física do conceito de energia não é muito clara, ela está associada a um modelo conceitual compartilhado pela comunidade científica e este modelo, como vimos na breve história da gênese do conceito de energia anteriormente descrita, não é imutável, estático, ele evolui, passa por reelaborações que devem, por isso mesmo, serem contextualizadas historicamente. Na seção B.2.3 discutiremos algumas formas de expressar a concepção científica atualmente aceita, que como veremos, não tem uma versão única, consensual, seja na ciência Física ou na Física escolar, mas antes vamos destacar o papel das chamadas concepções alternativas dos estudantes a respeito da energia.

### B.2.2 - CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Todas as pessoas ao longo de suas vidas se deparam com experiências Físicas, sociais e culturais que, segundo a concepção construtivista de aprendizagem, contribuem para a formação tanto de sua estrutura cognitiva quanto de sua ecologia conceitual<sup>36</sup>. Esta construção, contudo, não se estabelece dentro de uma lógica científica, ela está dominada

---

<sup>36</sup> Estrutura cognitiva diz respeito às condições do estudante em relação ao seu desenvolvimento mental. Segundo Piaget, um estudante de nível médio precisa estar em plenas condições de trabalhar no nível das operações formais para dominar conceitos abstratos como é o caso do conceito de energia. Ecologia conceitual (Hewson, 1993), compreende diferentes tipos de conhecimento e formas de pensamento que juntos formam o contexto no qual o sujeito que aprende interagirá com o novo conhecimento que se apresenta. A ecologia conceitual consiste em anomalias, analogias, metáforas, modelos, componentes epistemológicas (como a consistência e a capacidade de generalização), crenças metaFísicas, conhecimentos específicos de uma determinada área (sejam compartilhados cientificamente ou não - concepções alternativas), a cultura, as tradições, compondo um todo que se “desenvolve” e “interage” continuamente.

pela percepção pessoal, por uma visão parcial que não busca explicações coerentes e rigorosas para os fatos do cotidiano, apenas explicações funcionais, utilitárias, sem maiores cuidados inclusive com a linguagem utilizada para expressá-las (Hierrezuelo e Montero, 1988).

Assim, quando pretendemos ensinar concepções científicas, temos de considerar uma ecologia conceitual característica de cada estudante, que por sua vez acabará tendo forte influência sobre a forma como eles aprenderão e utilizarão o saber científico (Moreira, 1983). As chamadas concepções alternativas, portanto, fazem parte desta ecologia, e podem ser identificadas com estruturas conceituais que podem preceder ou formar-se durante o processo de escolarização, levam a interpretações da realidade que não estão inteiramente de acordo com as concepções cientificamente aceitas, tornando-se motivo de confusão, e induzindo a erros na interpretação e solução de problemas da ciência.

Estas concepções alternativas caracterizam-se por serem superficiais e coerentes com o ponto de vista do estudante, explicando, equivocadamente, situações do dia-a-dia ou questões colocadas pela educação formal. Também são resistentes à mudança, manifestando-se mesmo após o ensino formal, revelando-se como estruturas conceituais que não estão isoladas e que podem estar explícitas ou implícitas para os estudantes.

A partir da década de 70, com muita força na década de 80 e entrando em declínio com o fim da década de 90, as pesquisas neste campo foram realizadas na tentativa de identificar e produzir a chamada mudança conceitual destas concepções alternativas para as científicas. A maioria destas pesquisas entendia ser a experiência que o estudante tem com o mundo físico a principal origem destas concepções, contudo, autores como Mortimer (2001) defendem a idéia de que a origem destas concepções é muito mais cultural do que da interação com o mundo físico. Não nos interessa aqui aprofundar este debate, mas sim posicionarmo-nos frente a ele para o caso específico das concepções alternativas sobre o conceito de energia.

Sendo o conceito de energia um conceito original, resultado de um processo de evolução da leitura de mundo feita pelas teorias científicas, e de uso bastante disseminado na sociedade atual, entendemos que os estudantes acabam por construir concepções alternativas sobre o mesmo não apenas por sua experiência direta com manifestações da energia no mundo físico, mas, principalmente, pela influência cultural da linguagem fortemente difundida pelos meios de comunicação em torno do conceito de energia. Desta forma, concordamos com Mortimer (2001, p.32) quando afirma que:

*“...nos parece inútil o esforço em mudar concepções que têm raízes profundas nas nossas formas cotidianas de falar sobre o mundo e que são compartilhadas pelos indivíduos de uma mesma cultura.”*

Admite-se, com isso, que a maior parte das concepções alternativas associadas ao conceito de energia deverá conviver com a concepção cientificamente aceita dentro da ecologia conceitual do estudante, de forma que no lugar de se buscar uma mudança conceitual, como se tentou durante muito tempo sem muito sucesso, deve-se buscar uma estratégia mais desenvolvimentista, procurando enriquecer as concepções alternativas de forma que gradualmente o estudante adquira condições de diferenciar melhor os significados (Moreira, 1994).

Hierrezuelo y Montero (1988, p.137) também posicionam-se desta forma argumentando que não é tarefa do professor evitar que os estudantes utilizem o termo energia na linguagem cotidiana com o significado que tem nestas ocasiões, mas sim procurar fazer com que os mesmos saibam utilizá-la como conceito científico abstrato que pode ser útil na descrição de numerosos fenômenos físicos, químicos e biológicos.

O conceito de energia é muito abstrato e como já se disse, bastante difícil de se definir com precisão, a ponto de alguns autores preferirem não defini-lo, a não ser matematicamente, de forma bastante operacional, apreendendo-o através do estudo e quantificação de suas diversas manifestações. Porém, se não temos muita facilidade em afirmar o que é a energia, por outro lado temos boas condições de esclarecer aquilo que a energia não é. Por isso, passaremos a enumerar algumas concepções alternativas de energia, adaptadas das pesquisas com estudantes<sup>37</sup>, de forma a avaliar como elas podem influenciar a construção da concepção científica sobre energia.

#### *1. Energia como vida, ou como algumas manifestações específicas dos seres vivos*

Além de toda forma de vida ser identificada como possuindo energia, também qualidades humanas como força, vigor e disposição, também são associadas à energia. Por tratar-se de uma associação com claras referências à linguagem e à cultura, poderá ser diferenciada do conceito científico de energia sem necessariamente ser substituída por outra concepção. Usar o termo energia num contexto associado à vida ou a algumas emoções caracteriza uma metáfora válida se explicitamente identificada como metáfora.

#### *2. Energia confundida com outras grandezas Físicas*

A associação energia-força talvez seja uma das mais presentes entre os estudantes. A própria história da ciência, como já vimos, nos mostra que o termo força durante muito

---

<sup>37</sup> Adaptado de Duit, 1984; Sevilla, 1986; Gallastégui y Lorenzo, 1993; Solomon, 1985; Watts, 1983; Hierrezuelo y Montero, 1988.

tempo foi utilizado para representar aquilo que hoje denominamos de energia. A própria concepção cotidiana de energia, expressa nos dicionários, está claramente vinculada à idéia de força. Deve-se, portanto, dedicar-se bastante atenção a esta associação. Dar oportunidade ao estudante para que em diversos momentos ele possa refletir sobre a necessária diferenciação dos dois conceitos. Vejamos alguns argumentos e exemplos que podem contribuir para esta reflexão:

- destacar o caráter vetorial da força em comparação ao caráter escalar da energia, desta forma energia é um estado e força é uma ação, se diz “eu tenho energia” e “eu fiz uma força”, e não o contrário;
- usando um exemplo do estudo de máquinas simples (alavancas ou roldanas), pode-se comprovar que é possível elevar um corpo fazendo uma força, por exemplo, seis vezes menor que o peso do mesmo. Para o estudante que confunde força com energia, pareceria estar sendo utilizada uma menor quantidade de energia nesta situação. Neste momento, se for evidenciada que a força menor só foi possível de ser feita às custas de um deslocamento seis vezes maior do que a elevação que se produziu no corpo, evidenciando que a energia utilizada não é proporcional apenas à força, mas ao produto da força pelo deslocamento a ela associado, mostramos a ele além da conservação da energia seu significado diferenciado do de força.

### 3. *O movimento ou a atividade*

Esta concepção identifica a energia com tudo aquilo que demonstra atividade, movimento. Assim, por exemplo, um brinquedo de corda só é visto como possuindo energia quando está em movimento e nunca no momento em que lhe “dão corda”. Identificações da energia com algum tipo de exercício físico, algo que se percebe como possuindo movimento, devem ser trabalhadas de forma a aproximá-las do conceito de energia cinética, dando destaque para o caráter de latência, da energia potencial.

### 4. *Algo concreto, material*

Superada cientificamente com a queda da “teoria do calórico”, a concepção de energia como algo material vai desde a tradicional confusão com algum tipo de combustível até a identificação com as mais diversas coisas como o Sol, a água, o vento. Num claro processo de “coisificação” da energia, isto é, de dar a este conceito abstrato um caráter concreto, os estudantes podem identificar como energia tanto a substância em si (a gasolina, o carvão, o álcool) como também darem materialidade a algo que estaria dentro destas substâncias, como se houvesse um fluido a ser liberado. Parece ser importante partir destes

tipos de concepção para se introduzir o conceito de energia interna, energia térmica e energia química.

#### 5. *Alguns fenômenos físicos ou tecnológicos*

A associação da energia com alguns fenômenos físicos facilmente observados como a luz, o som, o calor, ou com as máquinas ou outros mecanismos tecnológicos que manifestem algum dos fenômenos físicos citados. Aqui se faz necessária a diferenciação entre a energia e o fenômeno a ela associado, ou ao dispositivo responsável pelos processos de conversão. Mas de forma geral o importante é poder partir destas concepções, para que possamos acompanhar o caminho a ser percorrido pelos estudantes até chegarem aos modelos cientificamente aceitos.

### B.2.3 – A DEFINIÇÃO DE ENERGIA

A educação científica tradicionalmente praticada na grande maioria das nossas salas de aula, embasada por uma visão propedêutica do ensino médio, tem um forte apelo matemático e conceitual, desenvolvendo o conteúdo como se todos os estudantes fossem se tornar especialistas e precisassem dominar os conceitos, princípios e leis comuns às disciplinas da área; especialmente quando se fala em ensino de Física. No Apêndice A identificamos esta orientação curricular como tendo sido largamente disseminada a partir da década de 60, principalmente por teóricos americanos, referenciados em uma representação racional-cientificista de currículo.

Questiona-se o quanto esta abordagem realmente contribuiu para formar bons cientistas, pois a falta de interesse que os estudantes vêm demonstrando ter por este tipo ensino acaba por desarticular sua eventual motivação para buscar uma formação superior na área de ciências (Matthews, 1994; Solbes e Vilches, 1997).

No caso do ensino do conceito de energia esta abordagem assume um certo “reducionismo conceitual” ao apresentá-lo como uma idéia abstrata, inventada pelos cientistas para que lhes ajudasse na investigação quantitativa dos fenômenos (Hierrezuelo y Molina, 1990, p.23).

Apresentada desta forma, a concepção científica de energia parece ter pouco a ver com o dia-a-dia dos estudantes, de maneira que acabará sendo assumida apenas como uma ferramenta matemática, associada mais com o domínio de uma série de estratégias para resolução de problemas comuns à disciplina de Física, do que ao desenvolvimento de uma poderosa visão não só do mundo físico, mas também de questões tecnológicas, sociais,

econômicas e geopolíticas relacionadas à forma como a energia participa da cultura e da sociedade atual.

Além de não oferecer uma visão qualitativa, descritiva, do conceito, a abordagem tradicional não evita que os estudantes construam suas próprias visões sobre o conceito, sem, contudo, disporem da necessária reflexão mais aprofundada, ficando sujeitos a um provável estímulo a diferentes concepções alternativas, que, como vimos, acabarão por constituir-se em obstáculo para o uso adequado do saber científico.

Esta crítica vem se fortalecendo não só no meio acadêmico, através da pesquisa em Ensino de Ciências, mas também no meio jurídico, através da nova legislação educacional (Brasil, 1999, 2002, 2004). Como alternativa apresenta-se uma abordagem mais abrangente, com vistas à preparação não só para os estudos posteriores, mas também para o mundo do trabalho e a construção da cidadania. Uma educação que proporcione uma visão de ciência em seu contexto histórico, que preste mais atenção a aspectos relacionados à Ciência, à Tecnologia, à Sociedade e ao Ambiente (CTSA), não se limitando apenas aos aspectos conceituais e formais.

Busca-se, portanto, superar o “reducionismo conceitual”, e alcançar uma prática curricular no ensino de ciências que se aproxime mais do contexto de vida do estudante, de seu conhecimento prévio, agregando aos aspectos conceituais e formais, aspectos procedimentais e atitudinais, oferecendo mais oportunidades e apoio para a reflexão não só sobre o significado, mas também sobre a relevância destes conceitos.

Como alternativa, portanto, alguns autores defendem que se deva partir de uma definição descritiva de energia, evitando as definições formais, operacionais, para gradualmente ir agregando novos atributos. Hierrezuelo e Molina (1990, p.23) adotam este ponto de vista e sugerem a seguinte definição como uma primeira aproximação ao conceito de energia:

*“La energía es una propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación.”<sup>38</sup>*

A partir de definições iniciais como esta, espera-se desenvolver um tratamento mais abrangente da energia, não se limitando apenas ao campo da mecânica, como quando se apresenta o conceito de energia como “a capacidade de realizar trabalho”. Esta definição, contudo, apesar de ser útil em termodinâmica, pois inclui os processos associados ao calor, é

---

<sup>38</sup> A energia é uma propriedade ou atributo de todo corpo ou sistema material em virtude da qual este pode transformar-se, modificando sua situação ou estado, assim como atuar sobre outros originando neles processos de transformação.

equivocada na medida que sugere a necessidade de assumirmos que “a capacidade de produzir mudanças” é algo que se conserva. A capacidade de produzir mudanças “macroscópicas” não é algo que se conserve, assim, por exemplo, um corpo situado a uma certa altura tem uma energia potencial (capacidade para realizar trabalho) que irá se transformando em energia cinética a medida que ele cai. Quando ele chega ao solo a energia cinética se converte em energia sonora, térmica, etc., de tal forma que a energia se conserva mas a capacidade de realizar trabalho (macroscópico) não.

Nesta linha de procurar uma definição alternativa para esta primeira aproximação do conceito de energia, Michinel y D’Alessandro (1994, p.370) também apresentam sua definição descritiva:

*“Energía es una magnitud Física que se presenta bajo diversas formas, está involucrada en todos los procesos de cambio de estado, se transforma y se transmite, depende del sistema de referencia y fijado éste se conserva.”<sup>39</sup>*

Estas definições podem não ser uma unanimidade entre físicos e professores, mas permitem uma interpretação mais rica, que estimula a reflexão do estudante, e permita a ele reconhecer um horizonte mais amplo para o conceito, podendo rever suas próprias concepções pessoais sobre o conceito de energia. Ou seja, entendemos que definições introdutórias de caráter descritivo sobre o conceito de energia permitirão um maior diálogo entre as chamadas concepções alternativas dos estudantes e a concepção científica que a educação escolar deseja apresentar.

#### B.2.4 – TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Das diversas propostas de análise e planejamento curricular encontradas na literatura referentes à pesquisa em ensino de Física, três trabalhos destacam-se como referência básica para as propostas apresentadas a seguir para uma introdução do conceito de energia no ensino médio: Solbes e Tarín, 1998; Doménech et. al., 2003; Hierrezuelo e Montero, 1988 e Moreira, 1999.

Buscando uma primeira abordagem que ofereça condições frutíferas para futuras complementações mais detalhadas e mais aprofundadas do conceito de energia, entendemos que algumas orientações básicas devem direcionar o planejamento curricular que introduz o conceito de energia no ensino médio:

---

<sup>39</sup> Energia é uma magnitude Física que se apresenta sob diversas formas, está envolvida em todos os processos de mudanças de estado, se transforma e se transmite, depende do sistema de referência e, fixado este, se conserva.

*1. Energia como propriedade que expressa as alterações ocorridas nos sistemas devido aos processos de transferência e transformação realizados através de interações*

As mudanças pelas quais passa um determinado sistema estão diretamente relacionadas com as interações que envolvem o mesmo, nestas mudanças manifesta-se uma propriedade comum a qualquer tipo de sistema denominada energia. As interações se referem às forças fundamentais da natureza (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca). A energia se refere à configuração (energia potencial) e movimentação (energia cinética), tanto do ponto de vista macroscópico quanto microscópico, que serão alteradas durante as mudanças.

Todos os sistemas, através de interações, podem produzir alterações em sua configuração inicial (ou movimentação inicial), ou na configuração (movimentação) de outros sistemas através de processos que envolvem transferências ou transformações. Estas transferências ou transformações promovidas pelas interações (forças) podem ser analisadas observando-se as modificações ocorridas na energia (configuração/movimentação) dos sistemas.

*2. Quatro formas básicas da energia podem se manifestar nos mais diversos tipos de sistemas*

O conceito de energia admite quatro formas básicas: a cinética, a potencial, a da massa (energia de repouso) e a dos campos (Solbes e Tarín, 1998, p.391); apesar de que talvez as duas últimas possam ser incorporadas pelas duas primeiras. Termos como: energia química, energia elétrica, energia mecânica, etc., não devem ser entendidos como novas formas de energia, mas sim como manifestações das formas básicas em diferentes sistemas. Havendo, inclusive, a possibilidade de conversão entre estes diferentes tipos de manifestação da energia, conforme a possibilidade de interação entre as diferentes configurações/movimentações possíveis de serem assumidas pelos sistemas.

*3. Energia com uma grandeza sistêmica e relativa*

O caráter sistêmico da energia está fortemente vinculado às interações de forma que a energia do ponto de vista da configuração é sistêmica. Neste sentido é bastante comum o equívoco de se falar na energia potencial da pedra, e não da energia potencial do sistema pedra-Terra. Neste caso, o sistema a ser analisado não se resume apenas à pedra, mas envolve a pedra e a Terra, pois a energia potencial gravitacional está relacionada a uma interação gravitacional entre as duas.

Da mesma forma, a energia no que diz respeito à movimentação é relativa. Assim, ao nos referirmos à energia cinética precisamos ter claro seu caráter relativo, não há sentido em falar na energia cinética sem estabelecer um sistema de referência.

Quando não deixamos claro este caráter sistêmico e relativo da energia, acabamos por dar oportunidade ao desenvolvimento de concepções sobre a energia que a associam a um corpo isolado. Por trás de tudo isto está a idéia equivocada de se querer interpretar as medidas de energia como se fossem valores absolutos, sem ter claro que só podemos medir a energia quando ocorre alguma variação em seu valor, justamente devido à ocorrência de algum processo de transformação ou transferência.

#### *4. A energia e seu relacionamento com os conceitos de calor e trabalho*

Sabemos que para a transferência de energia será necessária “alguma coisa”, seja esta coisa uma onda, uma partícula ou um sistema de partículas, e que esta transferência será denominada de trabalho, se envolver interações macroscópicas, ou de calor, se envolver interações microscópicas (incluindo aqui a radiação eletromagnética como uma forma de calor). Sabe-se também que a energia é uma função de estado, e o calor e o trabalho não, são processos que envolvem mudanças de estado. Sabe-se ainda que enquanto a energia se conserva, o calor e o trabalho não se conservam (Michinel e D’Alessandro, 1994, p.373). Assim, após uma primeira aproximação do conceito de energia, é preciso que o mesmo seja diferenciado e integrado com os conceitos de trabalho e calor.

Apesar da maioria dos livros de texto introduzirem o conceito de trabalho antes do conceito de energia, sugerimos aqui apresentar-se o conceito de trabalho após uma primeira aproximação qualitativa do conceito de energia cinética. Esta opção por definições qualitativas visa estabelecer uma linguagem menos abstrata e formal, que faça mais sentido para os estudantes e lhes permita, inclusive, iniciar uma diferenciação entre o conceito científico e o conceito cotidiano de trabalho. As pesquisas sobre concepções alternativas (Hierrezuelo y Montero, 1988; Driver y Warrington, 1985) mostram que os estudantes tendem a associar o conceito de trabalho à idéia de esforço físico, com uma clara influência da linguagem cotidiana. Sugere-se, portanto, buscar inicialmente uma diferenciação entre esta linguagem cotidiana e a científica. Apresentá-lo de forma operacional, a partir de sua definição matemática  $W=F.d.\cos\theta$ , e geralmente antes do conceito de energia, parece não favorecer esta diferenciação. Alguns autores (Doménech, 2003) sugerem então que se utilize também para o trabalho uma definição mais qualitativa do tipo: “trabalho corresponde ao ato

de transformar a matéria aplicando forças”, esclarecendo seu caráter de processo de transferência de energia e não o limitando apenas às situações específicas da mecânica.

No caso do conceito de calor, considerando uma perspectiva de aprendizagem que busque a construção do conhecimento por parte do estudante, temos de dar uma atenção muito especial às concepções alternativas associadas ao termo. A confusão entre calor e temperatura<sup>40</sup>, a concepção de calor como um fluido material<sup>41</sup> e a concepção de calor como uma forma de energia, desempenham um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Sugere-se, portanto, partindo destas concepções alternativas, procurar levar o estudante a perceber como, no processo de construção de conhecimento científico, avançamos da “teoria do calórico” até a equivalência entre calor e trabalho da termodinâmica com um modelo “cinético-molecular”.

Doménech (2003, p.298) esclarecem que tanto o calor quanto o trabalho não são formas de energia, mas sim processos de transferência de energia, equivalentes, só que um em nível macroscópico e o outro em um nível microscópico, respectivamente. Entendendo o calor a partir da teoria cinético-molecular que o considera uma grandeza que representa o processo de transferência de energia resultante do conjunto de um grande número de (micro)trabalhos realizados em nível microscópico como consequência das (micro)forças exteriores que atuam sobre as partículas do sistema interagente.

Afirmações como a que devido ao atrito a energia cinética se transforma em calor, ou que parte da energia elétrica se transforma em calor durante sua transmissão, revelam-se um uso inadequado da linguagem que tende a gerar confusão para o estudante. Estabelecer que o calor é um processo de transferência de energia não é suficiente, é preciso buscar uma linguagem científica adequada a esta visão.

Assim, o uso de algumas expressões deveria ser revisto, justamente por serem confusas:

- a) Fluxo de calor ( $Q/\Delta T$ ) – se o calor é um processo de transferência de energia, enquanto processo ele não pode fluir. Deve-se, portanto, adotar a expressão fluxo de energia térmica, ou taxa de transferência de energia térmica para designar tal grandeza.
- b) Formas de propagação do calor (condução, convecção e irradiação) – novamente trata-se o calor como uma forma de energia. Deve-se usar a denominação:

---

<sup>40</sup> Ver Apêndice E.1.

<sup>41</sup> Ver Apêndice B, teorias predecessoras do conceito de energia.

formas de propagação (ou transferência) de energia térmica, ou simplesmente formas de calor.

- c) Calor cedido ou absorvido – novamente, o que se cede ou se absorve não é o calor e sim a energia térmica.
- d) Energia térmica é uma parte da energia interna que depende exclusivamente da temperatura do sistema, identificada pela energia cinética média das partículas do sistema ou, para um gás ideal, pela expressão  $E=3KT/2$  (Michinel e D’Alessandro, 1994, p.372)
- e) Energia interna não é sinônimo de energia térmica, pois ela é resultado de uma componente cinética, associada à parte térmica, mas também a uma parte potencial, associada às ligações entre as partículas.

##### 5. *Energia e os princípios de conservação e degradação*

A energia pode se apresentar sob diversas formas, sendo que estas estão diretamente associadas ao tipo de interação existente no sistema. As transformações existentes entre estas diferentes formas de energia ocorrerão, justamente, através de alterações nestas diferentes formas de interação. Durante estas transformações vale o “Princípio de Conservação da Energia” (1ª Lei da Termodinâmica) que estabelece que “a energia *total* de um sistema *isolado* permanece constante”, ou seja, a energia se conserva. A energia total, portanto, inclui todas as formas de energia, principalmente a energia térmica; o que muitas vezes não é bem esclarecido, parecendo ser o princípio de conservação válido apenas para fenômenos mecânicos onde não exista atrito (dissipação e degradação da energia).

Deve ser esclarecido para o estudante que o surgimento do princípio de conservação deve-se mais às contribuições da termodinâmica do que da mecânica, ou melhor, da integração entre o estudo do movimento e do calor (como já discutimos anteriormente). E que o princípio de conservação é geral, válido para todos os campos da Física, não se restringindo à mecânica.

Solomon (1985) propõe uma forma mais afirmativa para a expressão do Princípio de Conservação de Energia:

*“En todas las transformaciones energéticas que ocurren en un sistema aislado, cambia la forma en la que se presenta la energía pero no cambia la cantidad total*

*de energía, es decir, la energía antes de la transformación es la misma que hay después de la transformación, sólo que estará localizada en distintas partes.”<sup>42</sup>*

Alerta-se ainda para uma interpretação incorreta da primeira lei da termodinâmica que considera o calor e o trabalho como formas de energia e não como possíveis processos que poderão produzir variações de energia. Assim, na equação  $\Delta E = Q - W$ , o trabalho e o calor não indicam o valor da energia de um dado sistema, e sim que tanto o trabalho quanto o calor são capazes de produzir variações no valor da energia de um dado sistema (Michinel y D’Alessandro, 1994, p.376)

Deve ficar claro, também, que mesmo que a energia total de um sistema permaneça constante, sempre que este sistema sofrer algum tipo de mudança deverão ocorrer transformações ou transferências de energia em seu interior. Diante disto, talvez seja mais adequado apresentarmos a expressão  $\Delta E = 0$  ou  $E = \text{constante}$  (para um sistema isolado) de maneira mais completa, deixando claro o envolvimento de diversas variações internas ao sistema das diferentes formas de energia, de forma que a variação total seja nula:

$$\Delta E_c + \Delta E_{p\text{grav}} + \Delta E_{p\text{elétr.}} + \Delta E_{p\text{elást.}} + \Delta E_{\text{interna...}} = 0$$

Como consequência da idéia de que as transformações pelas quais passa um sistema deverão ocorrer de forma que sua energia total se conserve, surge a necessidade de se discutir a forma pela qual a energia, apesar de conservada, pode assumir formas que não são mais úteis, ou seja, a forma como a energia se degrada.

Neste momento parece ser adequada a introdução do conceito de entropia,  $S$ , associando-o à impossibilidade de um sistema em converter completamente sua energia térmica em trabalho, por exemplo. Ou seja, “é impossível construir uma máquina térmica que, funcionando ciclicamente, converta em trabalho toda a energia recebida através do calor que recebe de uma fonte térmica” (2ª Lei da Termodinâmica). Assim a energia convertida em trabalho é energia útil e a energia cedida ao sistema responsável pela conversão é inútil, isto é degradada.

Segundo, Candel et. al. (1984, p.201) podemos identificar o aumento da entropia de um sistema que evolui de forma isolada com a diminuição da quantidade de energia útil, ou seja, com a degradação. A idéia de degradação contribui para alterar à idéia de consumo, ressignificando-a, e garantindo a concepção de que a energia não pode nem ser criada nem destruída.

---

<sup>42</sup> Em todas as transformações energéticas que ocorrem em um sistema isolado, muda a forma pela qual se apresenta a energia mas não muda a quantidade total de energia, quer dizer, a energia antes da transformação é a mesma que existe depois da transformação, só que estará localizada em diferentes partes.

A idéia de entropia traz consigo outra consideração importante, qual seja, a de que as diversas formas de energia não são equivalentes. Ou seja, sabemos ser possível a transformação total da energia mecânica em energia térmica, contudo, o processo inverso, de térmica em mecânica nunca terá rendimento máximo. Assim, temos energias com qualidades diferentes, a energia potencial gravitacional é de melhor qualidade, permite mais transformações do que a energia térmica, por exemplo. Podemos afirmar que o grau de entropia aumenta da primeira para a segunda.

Tabela B.2 – Ordem de mérito de algumas manifestações da energia segundo a entropia associada a cada unidade energética. Sendo a entropia ( $\Delta S = \Delta Q/T$ ) uma grandeza que varia com o inverso da temperatura, como nas três primeiras formas de energia não existe uma temperatura associada a entropia para elas é zero. A energia geralmente fluirá das formas superiores de energia para as inferiores (adaptado de Dyson, 1975).

FORMA DE ENERGIA	ENTROPIA POR UNIDADE ENERGÉTICA ( $eV^{-1}$ )
Gravitacional	0
Rotação planetária	0
Translação orbital	0
Reações nucleares	$10^{-6}$
Interna das estrelas	$10^{-3}$
Luz solar	1
Reações químicas	1-10
Radiação térmica da Terra	10-100
Radiação cósmica de microondas	$10^4$

Candel et. al. (1984) ainda argumentam que esta interpretação da entropia associada com a degradação da energia é mais adequada que outra muito comum que é de se associar entropia com aumento de desordem. É bastante comum no ensino médio introduzir-se o conceito de entropia associando-o com o grau de desordem em que se encontra o sistema, de maneira que, para um sistema isolado, apesar da energia total permanecer constante, sua entropia cresce, ou seja, o nível de desordem em que se encontram as partículas que constituem o sistema aumenta. Argumenta-se que os sistemas evoluem para estados mais prováveis de configuração, que de forma geral são configurações mais desordenadas que as anteriores. Estas configurações mais desordenadas que o sistema vai assumindo diminuem as possibilidades de se realizar novas transformações (Moreira, 1999). No entanto, existem

alguns exemplos (cristalização espontânea de líquidos e misturas de RNA com algumas proteínas que permitem a formação espontânea de alguns tipos de vírus) em que aparentemente houve um aumento da ordem no sistema. Isto se deve ao fato da entropia possuir duas componentes, uma espacial, outra energética, sendo que normalmente na metáfora da entropia com a desordem se destaca apenas uma destas componentes, a espacial.

Candel et.al (1984, p.200) destacam que quando um sistema isolado evolui com aumento da entropia, este aumento provém de dois termos: de uma entropia “configuracional” e de uma entropia “térmica”. Cada uma destas pode aumentar ou diminuir, mas a entropia total aumenta  $dS = dS_c + dS_t$ . Podem ocorrer, portanto, processos que se traduzam em uma ordenação espacial do sistema as expensas de uma ampliação da distribuição energética.

Doménech et. al (2003, p.302) destacam ainda o cuidado que se deve ter em considerar que o aumento de entropia diminui a possibilidade de transformações macroscópicas, e apenas elas, porque, microscopicamente, as interações que mantêm a energia total constante continuarão se produzindo.

Conclui-se que serão duas as condições que um sistema isolado precisa satisfazer para que ocorram mudanças: primeira, é a de que deverão ocorrer transferências ou transformações de energia entre partes do sistema de forma que as mesmas satisfaçam globalmente o princípio de conservação, e, segunda, é a de que será necessário que a energia existente não esteja distribuída de maneira muito uniforme, havendo possibilidades para que o sistema evolua para configurações mais uniformes (de maior entropia), mesmo que a entropia de algumas partes do sistema ainda venha a diminuir (Doménech et. al., 2003, p.303).

## REFERÊNCIAS

AUTH, M. A.; ANGOTTI, J. A. P. O processo de ensino aprendizagem com aporte do desenvolvimento histórico de universais: a temática das combustões. In: PIETROCOLA, M. (Org). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 197-232.

BÉCU-ROBINAULT, K.; TIBERGUIEN, A. Integrating experiments into the teaching of energy. **International Journal of Science Education**, London, v. 20, n. 1, p. 99-114, Jan. 1998.

BRASIL. Departamento de Políticas de Ensino Médio (Física). **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília: SEB/MEC, 2004.

BRASIL. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais:** ensino médio (PCN+). Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais:** ensino médio (PCNEM). Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 360p.

CANDEL, A. R.; SATOCA, J. V.; SOLER, J. B. L. Interpretación errónea del concepto de entropía (revisión del concepto de orden). **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 15, n. 2, p. 198-201, jun. 1984.

COTIGNOLA, M. I. et al. Difficulties in learning thermodynamic concepts: are they linked to the historical development of this field? **Science & Education**, Dordrecht, v. 11, n. 3, p. 279-291, May 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992. (Magistério 2º grau: série formação geral).

DOMÉNECH, J. L. et al. La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 3, p. 285-311, dez. 2003.

DRIVER, R.; WARRINGTON, L. Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. **Physics Education**, London, v. 20, n. 4, p.171-176, July 1985.

DUIT, R. Learning the energy concept in school: empirical results from the Philippines and west Germany. **Physics Education**, London, v. 19, n. 2, p. 59-66, Mar. 1984.

DYSON, F. J. La energía en el universo. In: SCIENTIFIC American, **La energía**. Madri: Aliança Editorial, 1975.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio século XXI:** o dicionário da língua portuguesa: dicionário eletrônico. Versão 3.0. São Paulo: Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ed. Atica, 2001. 3v.

HEWSON, P.W. El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. In: DIEZ años de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias (CIDE), Madri: [s. n.], 1993. p. 332-351.

HIERREZUELO, J. M.; MOLINA, E. G. Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 8, n. 1, p. 23-30, 1990.

HIERREZUELO, J. M; MONTERO, A. M. **La ciencia de los alumnos:** su utilización en la didáctica de la física y química. Barcelona: Ed. Laia, 1988.

KUHN, T. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1977.

MATTHEWS, M. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.

MICHINEL, J. L. M.; D'ALESSANDRO, A. M. El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 369-380, nov. 1994.

MOREIRA, M. A. Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION FOR THE THE 21<sup>ST</sup> CENTURY: towards innovatory approaches, 1994, Concepcion, Chile. **Proceedings of the ...** [Conception]: Universidad de Concepcion, 1994. p. 81-92.

MOREIRA, M. A. **Energia, entropia e irreversibilidade**. Porto Alegre, Instituto de Física UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de física, n. 9).

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de física**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1983.

MORTIMER, E. F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 25-35, jan./abr. 2002.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p.151-170.

PÉREZ-LANDEZÁBAL, M. C. et al. La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 13, n. 1, p. 55-65, enero 1995.

PONCZEC, R. L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos:  $mv$  ou  $mv^2$ ? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 336-347, dez. 2000.

ROCHA, J. F. (Org.). **Origens e evolução das idéias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SEVILLA, C. S. Reflexiones en torno al concepto de energía: implicaciones curriculares. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 3, p. 247-252, nov. 1986.

SNEDDEN, R. **Energia**. São Paulo: Moderna, 1996. (Coleção polêmica, série horizonte da ciência)

SOLBES, J.; TARÍN, F. Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 3, p. 387-397, nov. 1998.

SOLBES, J.; TARÍN, F. La conservación de la energía: un principio de toda la física: una propuesta y unos resultados. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 22, n. 2, p. 185-194, jun. 2004.

SOLBES, J.; VILCHES, A. STS interactions and the teaching of physics and chemistry. **Science Education**, New York, v. 81, n. 4, p. 377-386, July 1997.

SOLOMON, J. Teaching the conservation of energy. **Physics Education**, London, v. 20, n. 4, p. 165-170, July 1985.

WATTS, M. Some alternative views of energy. **Physics Education**, London, v. 18, n. 5, p. 213-220, Sept. 1983.

WILSON, M. **A energia**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968. 200p.

## APÊNDICE C: COMPONENTES CURRICULARES – IEDP (DIURNO)

Esta proposta é resultado das implementações realizadas no Instituto nos anos de 2004 e 2005. Os componentes curriculares constam nas Tabelas abaixo. Os relativos a coluna esquerda terão 2 horas-aula semanais para serem desenvolvidos e os da coluna direita 1 hora-aula semanal.

A abordagem que parte do princípio da conservação da quantidade de movimento para depois aproximar-se do princípio de conservação de energia, além de representar melhor a seqüência histórica destes eventos científicos, também permite dar melhor continuidade à seqüência do currículo. A proposta curricular desenvolvida pelo professor-pesquisador ao longo de todo o primeiro ano envolveu o acompanhamento de uma linha do tempo histórico-científica. Dos gregos, passa-se pela Idade Média, o Renascimento, o Iluminismo. Nesta linha do tempo o debate em torno dos conceitos de quantidade de movimento e *vis viva*, antecipa a afirmação do conceito de energia através de seu princípio de conservação. E, como a seqüência proposta para o 2º ano do ensino médio inclui começar abordando prioritariamente a temática da energia, a seqüência seria melhor estabelecida com o conceito de energia encerrando o currículo do 1º ano.

### 1º ANO

#### 1º trimestre

FÍSICA	ORIGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hidrostática</b></li> <li>- Grécia: Physiké (a Física aristotélica). A lógica e a prática de Arquimedes.</li> <li>- Densidade e empuxo.</li> <li>- Pressão. Teorema de Stevin. Pressão atmosférica. Princípio de Pascal.</li> <li>• <b>Cinemática I: conceitos básicos.</b></li> <li>- Posição, deslocamento, tempo, velocidade e aceleração.</li> <li>- MU, MUV(MQL) e MCU.</li> <li>- Grandezas escalares e vetoriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Universo</b></li> <li>- Visão mística dos fenômenos naturais e o desenvolvimento da matemática.</li> <li>- Alexandre. Roma. Idade Média. O obscurantismo ocidental e o brilho oriental.</li> <li>- Renascimento (séc. XIII a XVI): Copérnico (heliocentrismo x geocentrismo), Galileu (experimentação-verificação).</li> <li>- A revolução científica.</li> <li>- Cosmologia: mitos, hipóteses e o pensamento científico. Teoria do “Big-Bang”.</li> <li>- Astronomia: estrelas, galáxias, e sistemas planetários.</li> <li>- Constituição da matéria: nucleossíntese e formação dos elementos químicos.</li> </ul>

## 2º trimestre

FÍSICA	ORIGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dinâmica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Séc. XVI e XVII: o Iluminismo e o determinismo científico.</li> <li>- Newton e as Leis do Movimento.</li> <li>- Modelagem matemática do mundo através da mecânica clássica.</li> <li>- Principais tipos de forças mecânicas: elástica, gravidade, tração, normal, atrito, resistência.</li> </ul> </li> <li>• <b>Máquinas Simples</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vantagem mecânica.</li> <li>- Alavancas e Roldanas.</li> <li>- Engrenagens e Plano Inclinado.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Terra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Gravitação:</b> Lei de Gravitação de Newton. Movimento de planetas e satélites. Leis de Kepler.</li> <li>- <b>Geologia:</b> evolução e estrutura da Terra; rochas e minerais; deriva continental.</li> <li>- <b>Geografia:</b> movimentos da Terra, evolução da atmosfera, do clima, da vegetação e da hidrografia através dos tempos primordiais até os dias de hoje.</li> </ul> </li> </ul>

## 3º trimestre

FÍSICA	ORIGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quantidade de movimento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução histórica dos conceitos de Quantidade de Movimento e Energia Cinética (<i>vis viva</i>).</li> <li>- Teorema do Impulso e Teorema Trabalho-Energia Cinética.</li> <li>- Lei da conservação da quantidade de movimento.</li> <li>- Estudo das colisões</li> </ul> </li> <li>• <b>Energia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O contexto histórico da Revolução Industrial e o pensamento Iluminista;</li> <li>- O avanço tecnológico no funcionamento das máquinas e o uso do vapor como fonte de energia.</li> <li>- Processos de transformação e transferência de energia.</li> <li>- Contextualização histórica da descoberta simultânea do Princípio de Conservação de Energia e sua validade universal.</li> <li>- Definição descritiva do conceito de energia.</li> <li>- Forças conservativas e energia potencial.</li> <li>- Limitação da conservação da Energia Mecânica e as forças dissipativas.</li> <li>- A degradação da energia. Potência e rendimento;</li> <li>- 2ª Revolução Industrial (os motores elétricos).</li> <li>- Energia e o Eletromagnetismo. Energia e a Ondulatória.</li> <li>- Energia e a Física Moderna e Contemporânea</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vida</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Biologia:</b> Origem da vida; Darwinismo; Mutação; Diversidade.</li> <li>- <b>Paleontologia:</b> Datação de fósseis; Linha do tempo; Paleoantropologia;</li> <li>- <b>Arqueologia:</b> mapeamento das principais civilizações pré-históricas.</li> </ul> </li> </ul>

- **Cinemática II (em colaboração com a MATEMÁTICA)**

- Representação gráfica da posição, da velocidade e da aceleração em função do tempo.
- Análise das equações da cinemática a partir do ponto de vista matemático das funções lineares e quadráticas.

**2º ANO****1º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>ENERGIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Termologia</b></li> <li>- Teoria cinética da matéria.</li> <li>- Temperatura, escalas termométricas (Lei Zero da Termodinâmica).</li> <li>- Dilatação (sólidos e líquidos)</li> <li>- Calor: Condução, convecção e irradiação.</li> <li>- Mudanças de estado: capacidade térmica, calor específico e calor latente.</li> <li>- Cálculos de equilíbrio térmico e trocas de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Formas de energia.</b></li> <li>- Energia Química</li> <li>- Energia Térmica</li> <li>- Energia Elétrica</li> <li>- Energia Nuclear</li> </ul>

**2º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>ENERGIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Termodinâmica</b></li> <li>- Relação entre energia cinética e temperatura.</li> <li>- Transformações isobáricas, isovolumétricas, isotérmicas e adiabáticas.</li> <li>- Primeira Lei da Termodinâmica.</li> <li>- Máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica</li> <li>- Conceito de entropia e degradação de energia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fluxo de energia.</b></li> <li>- O fluxo de energia na biosfera.</li> <li>- O fluxo de energia na sociedade.</li> </ul>

**3º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>ENERGIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ondulatória</b></li> <li>- Energia das ondas. Tipos de ondas e suas características.</li> <li>- Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração, interferência e polarização.</li> <li>• <b>Acústica</b></li> <li>- Ondas sonoras: intensidade, altura e timbre.</li> <li>- Fenômenos sonoros: batimentos, ressonância, efeito Doppler-Fizeau.</li> <li>- Ouvido humano: audição e equilíbrio.</li> <li>- Instrumentos musicais: percussão, corda e tubos sonoros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ambiente e Sociedade</b></li> <li>- Ciclos do ar e da água e os agentes químicos: camada de ozônio e efeito estufa; ilhas de calor, inversão térmica e chuva ácida, contaminação por plásticos.</li> <li>- Poluição ambiental e reciclagem.</li> <li>- Revolução Verde. Protocolo de Kyoto. Agenda 21.</li> <li>- A tecnologia dos motores a combustão e dos refrigeradores.</li> <li>- Balanço Energético Nacional</li> </ul>

**3º ANO****1º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>FMC</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Óptica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Óptica geométrica: reflexão (espelhos) e refração (lentes). Localização de imagens e a equação dos pontos conjugados.</li> <li>- Cores. Formação do arco-íris</li> <li>- O olho humano e os problemas de visão.</li> <li>- Instrumentos ópticos de observação: microscópio composto, luneta, binóculo, telescópios.</li> <li>- Processos luminosos na máquina fotográfica</li> <li>- Óptica Física: características das ondas eletromagnéticas. O espectro eletromagnético. Interferência e difração.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Estrutura da matéria</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos atômicos.</li> <li>- Radioatividade: partículas alfa, beta e gama.</li> <li>- Radiação dos corpos e a quantização da energia</li> <li>- Efeito fotoelétrico.</li> <li>- Princípio da incerteza;</li> <li>- Dualidade onda-partícula;</li> <li>- Modelo probabilístico e os números quânticos.</li> <li>- Partículas fundamentais da matéria e antimatéria.</li> </ul> </li> </ul>

**2º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>FMC</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eletricidade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eletrostática: carga elétrica e processos de eletrização. Lei de Coulomb. Campo elétrico. Energia potencial e diferença de potencial elétrico.</li> <li>- Eletricidade atmosférica.</li> <li>- Energia elétrica e corrente elétrica. Resistência e Efeito Joule. Condutores e isolantes. Conservação da energia e da carga.</li> <li>- Circuitos elétricos e associação de resistores. Medidas elétricas: princípios de funcionamento de medidores de intensidade de corrente, de diferença de potencial e de resistência.</li> <li>- Geradores, receptores e capacitores. Eletrotécnica: circuitos elétricos residenciais, aparelhos elétricos de uso doméstico e choque elétrico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eletrônica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eletrônica: Revolução Tecnológica, materiais semicondutores (diodo e transistor), componentes eletroeletrônicos e supercondutividade</li> </ul> </li> </ul>

**3º trimestre**

<b>FÍSICA</b>	<b>FMC</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eletromagnetismo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ímãs e campo magnético. Magnetismo terrestre.</li> <li>- Campo magnético das correntes elétricas.</li> <li>- Força magnética. Indução eletromagnética. Geradores (fontes de energia elétrica).</li> <li>- Motores elétricos e instrumentos de medida com ponteiro.</li> <li>- Aplicações da indução eletromagnética: alternadores, transformadores, medidor residencial, microfone, alto-falante, gravador de fita, cartão magnético, detector de metais.</li> <li>- Descrição da geração, modulação e da recepção das ondas de rádio.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Teoria da Relatividade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A relatividade: de Newton a Einstein.</li> <li>- A relatividade da simultaneidade, a dilatação do tempo e a contração do espaço.</li> <li>- Relação massa e energia.</li> <li>- Espaço-tempo e Relatividade Geral.</li> </ul> </li> </ul>

## APÊNDICE D: COMPONENTES CURRICULARES – IER (NOTURNO)

Esta proposta envolve os resultados da implementação de projetos curriculares feitos no IER durante os anos de 2004 e 2005. Visa, especificamente, o currículo do ensino médio noturno e foca o 1º e 2º semestres do 1ºano que estarão sobre a coordenação em 2006 do professor pesquisador.

### 1º ANO

#### 1º SEMESTRE

ORIGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Universo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Visão mística dos fenômenos naturais e o desenvolvimento da matemática.</li> <li>- Grécia: Physiké (a Física aristotélica). A lógica e a prática de Arquimedes.</li> <li>- Densidade e empuxo. Pressão. Teorema de Stevin. Pressão atmosférica. Princípio de Pascal.</li> <li>- Alexandre. Roma. Idade Média. O obscurantismo ocidental e o brilho oriental.</li> <li>- Renascimento (séc. XIII a XVI): Copérnico (heliocentrismo x geocentrismo), Galileu (experimentação-verificação).</li> <li>- Cinemática básica (MU, MUV, MQL).</li> <li>- A revolução científica. Cosmologia: mitos, hipóteses e o pensamento científico. Teoria do “Big-Bang”.</li> <li>- Astronomia: estrelas, galáxias, e sistemas planetários.</li> <li>- Constituição da matéria: nucleossíntese e formação dos elementos químicos.</li> </ul> </li> <li>• <b>Terra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravitação: Lei de Gravitação de Newton. Movimento de planetas e satélites. Leis de Kepler. MCU e Leis do Movimento.</li> <li>- Geologia: evolução e estrutura da Terra; rochas e minerais; deriva continental.</li> <li>- Geografia: movimentos da Terra, evolução da atmosfera, do clima, da vegetação e da hidrografia através dos tempos primordiais até os dias de hoje.</li> </ul> </li> <li>• <b>Vida</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biologia: Origem da vida; Darwinismo; Mutação; Diversidade.</li> <li>- Paleontologia: Datação de fósseis; Linha do tempo; Paleoantropologia;</li> <li>- Arqueologia: mapeamento das principais civilizações pré-históricas.</li> </ul> </li> </ul>

**2º SEMESTRE**

<b>ENERGIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fontes de energia</b>            Combustíveis fósseis: petróleo, gás natural e carvão mineral.            Fontes renováveis: biomassa, eólica, hidráulica, solar.            Baterias (da pilha comum até o hidrogênio).            Fontes ígneas, das marés, etc.            Energia dos alimentos;            Fissão e Fusão nuclear. Lixo nuclear            Energia Mecânica e modelos matemáticos na solução de problemas de conservação</li> <li>• <b>Distribuição e consumo</b>            O fluxo de energia na biosfera.            O fluxo de energia na sociedade.            A tecnologia dos motores a combustão e dos refrigeradores.            Balanço Energético Nacional</li> <li>• <b>Ambiente e sociedade</b>            Ciclos do ar e da água e os agentes químicos: camada de ozônio e efeito estufa; ilhas de calor, inversão térmica e chuva ácida, contaminação por plásticos.            Poluição ambiental e reciclagem.            Revolução Verde. Protocolo de Kyoto. Agenda 21.</li> </ul>

**2º ANO****1º SEMESTRE**

<b>FÍSICA</b>
<p><b>Propriedades da matéria</b></p> <p>Sólido: cristalinos, amorfos, densidade, elasticidade, tensão e compressão</p> <p>Líquidos: pressão, empuxo e o Princípio de Arquimedes, flutuação, Princípio de Pascal, tensão superficial e capilaridade, Princípio de Bernoulli.</p> <p>Gases e Plasmas: pressão atmosférica e barômetros, atmosfera, plasma, auroras boreais, plasma no cotidiano e a energia do plasma.</p> <p><b>Energia Interna</b></p> <p>Teoria cinética da matéria.</p> <p>Temperatura, escalas termométricas (Lei Zero da Termodinâmica).</p> <p>Dilatação (sólidos e líquidos)</p> <p>Calor: Condução, convecção e irradiação.</p> <p>Mudanças de estado: capacidade térmica, calor específico e calor latente.</p> <p>Cálculos de equilíbrio térmico e trocas de calor.</p>

**2º SEMESTRE**

<b>FÍSICA</b>
<p><b>Termodinâmica</b>            Relação entre energia cinética e temperatura.            Transformações isobáricas, isovolumétricas, isotérmicas e adiabáticas.            Primeira Lei da Termodinâmica.            Máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica            Conceito de entropia e degradação de energia</p> <p><b>Ondulatória</b>            Energia das ondas. Tipos de ondas e suas características.            Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração, interferência e polarização.</p> <p><b>Acústica</b>            Ondas sonoras: intensidade, altura e timbre.            Fenômenos sonoros: batimentos, ressonância, efeito Doppler.            Ouvido humano: audição e equilíbrio.            Instrumentos musicais: percussão, corda e tubos sonoros.</p>

**3º ANO****1º SEMESTRE**

<b>FÍSICA</b>
<p><b>Óptica Geométrica</b>            Fenômenos: reflexão (espelhos) e refração (lentes). Localização de imagens e a equação dos pontos conjugados.            Cores. Formação do arco-íris            O olho humano e os problemas de visão.            Instrumentos ópticos de observação: microscópio composto, luneta, binóculo, telescópios.            Processos luminosos na máquina fotográfica</p> <p><b>Eletrostática</b>            Carga elétrica e processos de eletrização. Lei de Coulomb. Campo elétrico.            Energia potencial e diferença de potencial elétrico.            Eletricidade atmosférica.            Magnetismo            Imãs e campo magnético. Magnetismo terrestre.</p> <p><b>Óptica Física</b>            Óptica Física: características das ondas eletromagnéticas. O espectro eletromagnético. Interferência e difração.</p>

**2º SEMESTRE****FÍSICA****Eletricidade**

Energia elétrica e corrente elétrica. Resistência e Efeito Joule. Condutores e isolantes. Conservação da energia e da carga.

Circuitos elétricos e associação de resistores. Medidas elétricas: princípios de funcionamento de medidores de intensidade de corrente, de diferença de potencial e de resistência.

Geradores, receptores e capacitores.

Circuitos elétricos residenciais, aparelhos elétricos de uso doméstico e choque elétrico.

**Eletromagnetismo**

Campo magnético das correntes elétricas.

Força magnética.

Indução eletromagnética.

Geradores (fontes de energia elétrica).

Motores elétricos e instrumentos de medida com ponteiro.

Aplicações da indução eletromagnética: alternadores, transformadores, medidor residencial, microfone, alto-falante, gravador de fita, cartão magnético, detector de metais.

Descrição da geração, modulação e da recepção das ondas de rádio.

## APÊNDICE E: MATERIAIS DE APOIO À IMPLEMENTAÇÃO

### E.1 – TEXTO 1: ENERGIA INTERNA

#### PROPRIEDADES INTENSIVAS E EXTENSIVAS

A definição de temperatura a caracteriza como uma propriedade intensiva da matéria, isto é, aquela que não depende da quantidade de substância do sistema, ou seja, da massa. Já a energia interna é uma propriedade extensiva, ou seja, dependente da massa do sistema. Como exemplo imaginemos dois sistemas: um com massa  $M$  e outro com massa  $2M$ . Podemos ter estes dois sistemas a uma mesma temperatura  $T$ , mas, neste caso, necessariamente, o sistema com massa  $2M$  terá uma energia interna maior. Esta diferença entre energia interna e temperatura é fundamental e talvez possa ser mais bem entendida a partir de uma análise microscópica.

A energia interna é a soma da energia cinética de cada uma das partículas do sistema e da energia potencial de ligação entre elas. Se aumentarmos o número de partículas - e, conseqüentemente, a massa da substância - estaremos incrementando tanto a soma da energia cinética das partículas como a energia potencial total entre elas, o que levará a um aumento da energia interna, correspondendo, portanto, a uma propriedade extensiva. A temperatura, por sua vez, não é uma “soma” de energias cinéticas, ela é uma “média” das energias cinéticas de cada uma destas partículas. Desta forma, se aumentarmos o número de partículas, mas a energia cinética média se mantiver constante, a temperatura não variará, caracterizando, portanto, o que se entende por propriedade “intensiva”.

#### EQUILÍBRIO TÉRMICO

Desconsiderando a interação sistema-vizinhança muitos estudantes tendem a interpretar mal e generalizar a experiência cotidiana que temos quando paramos de aquecer uma determinada substância (água, leite, metais, etc.), e elas acabam resfriando-se com o tempo. O problema está no fato de que muitos deles entendem que o fim do processo de aquecimento por si só é o suficiente para o começo do resfriamento, independentemente de qual seja a temperatura da vizinhança. Nestas situações, como também no exemplo da barra de gelo - onde os estudantes não sabem justificar porque uma barra derrete, argumentando apenas que ela se aquece e derrete, sem compreenderem de onde o gelo toma a energia para fundir-se - encontram-se as primeiras barreiras para a compreensão do equilíbrio térmico. Este problema provavelmente está associado à tendência em considerar um único sistema apenas para explicar estes processos, tanto de aquecimento como de resfriamento, o que

mais tarde implicará ainda na dificuldade de compreensão do calor como um processo que “necessariamente” envolve dois sistemas.

Ao serem interrogados quanto à temperatura do apoio de madeira e das pernas de metal de uma mesa da sala de aula, é comum que os estudantes argumentem que a parte metálica da mesa está a uma temperatura mais baixa que a parte de madeira, isto é, está mais “fria”. Mesmo que estes estudantes já tenham estudado o conceito de temperatura e também o de equilíbrio térmico, suas concepções, fortemente influenciadas pela sensação térmica que experimentam ao tocar a parte metálica, comparando-a com a de madeira, leva-os ao engano.

Este tipo de concepção é apresentada mesmo por aqueles estudantes que demonstram conhecer bem o conceito de temperatura, até mesmo em nível microscópico. Parece que a dificuldade maior reside em compreender a situação de equilíbrio térmico em que se encontra o objeto, no caso a mesa. Assim, parece que o primeiro passo para compreender esta situação consiste em admitir que o objeto esteja em equilíbrio térmico e, conseqüentemente, que todas as suas partes, independentemente do material, estejam à mesma temperatura. Mas admitir isto implica contrariar a própria experiência sensível que temos ao tocar o objeto, pois o metal, sem dúvida alguma, mostra-se mais “frio” que a madeira. Para isso teremos de dar uma segunda explicação baseada na “condutibilidade térmica” dos materiais.

#### CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

A sensação térmica que experimentamos não nos permite, como a um termômetro - que mede a temperatura baseado em variações de certas propriedades Físicas: volume, resistência elétrica, cor, etc. - medir a temperatura do objeto. O que sentimos é o calor, ou seja, a transferência de energia de um corpo para outro. Como sabemos, esta transferência se dá do corpo a temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa. Assim, quando tocamos um objeto e sentimos “frio” é porque ele está a uma temperatura mais baixa que a do nosso corpo e estamos “cedendo” energia para ele. Ou se o sentimos ele “quente” é porque está a uma temperatura mais alta do que a do nosso corpo e estamos “recebendo” energia dele. Mas isto não é tudo, ainda temos que considerar que quanto maior for o fluxo de energia mais frio ou mais quente sentiremos o outro corpo. E é aí que entra o fator “condutibilidade térmica” dos materiais. Se olharmos uma tabela de condutibilidade térmica veremos que o ferro, ou os metais em geral, têm uma condutibilidade térmica maior que a da madeira. Desta forma, para entendermos o porquê de sentirmos o metal mais frio que a madeira, temos de considerar que apesar de estarem em equilíbrio térmico a parte de metal é

melhor condutora térmica que a de madeira, e que por isso permite um fluxo maior de energia, propiciando, assim, a sensação de estar mais fria (ou mais quente se o equilíbrio térmico do objeto fosse atingido a uma temperatura maior que a do nosso corpo).

### CALOR E ENERGIA TÉRMICA

Cientificamente o conceito de calor é definido como sendo “um processo de transferência de energia entre corpos a diferentes temperaturas.” Esta energia que está sendo transferida pode ser identificada como sendo uma energia térmica, associada inicialmente à energia cinética das partículas que compõe o sistemas em interação. Esta energia térmica pode ser transferida por:

- condução - através dos micro-trabalhos realizados pelas partículas de um meio material, transmitindo a agitação presente nas partículas do sistema de temperatura mais elevada para o de temperatura menos elevada;
- convecção - através de massas de fluidos que devido às suas diferentes densidades acabam por deslocar-se, levando consigo sua energia térmica e produzindo transferências de energia pelos mesmos micro-trabalhos citados anteriormente;
- irradiação - através das ondas eletromagnéticas, identificada também como energia radiante.

Apesar desta concepção científica de calor ser relativamente simples de ser assimilada pelos estudantes, algumas concepções alternativas disputam com ela a referência para resolução de problemas e de situações práticas. Assim, seguimos agora com a discussão de algumas das principais concepções alternativas dos estudantes sobre calor:

#### *1. Calor como fonte ou produto da fonte*

O calor pode ser associado diretamente com a fonte. Geralmente são fontes quentes como o sol, o fogo, etc. Em um segundo momento o calor passa a ser associado com o produto das fontes: “é o que produzem os raios do sol” ou o que sentimos quando nos aproximamos do fogo, etc. (Burghi et al., 1985 e Albert, 1978).

#### *2. Calor como propriedade de estado*

Aqui se incluem todas aquelas situações onde calor e temperatura são confundidos um com o outro. Nestes casos o calor é entendido como uma variável de estado, pois, ou é confundido com temperatura ou é tido como uma quantidade intrínseca ao corpo, que é medida pela temperatura.

Um desdobramento interessante da concepção de calor como uma propriedade de estado ocorre quando os estudantes caracterizam-no como uma propriedade de estado “intensiva”. Exemplo disto são as respostas dadas por um grupo de estudantes do nível

médio quando questionados sobre se uma xícara de café e a sala onde a xícara estava, ambas à mesma temperatura, continham o mesmo Calor? Mais de 50% responderam que sim, que ambos possuíam o mesmo calor, pois estavam à mesma temperatura. Mas, se o café, que tem uma massa muito menor que o restante da sala, tem o mesmo calor que ela, trata-se de uma propriedade intensiva, ou seja, que não depende da massa do corpo. Da mesma forma, depois de observarem massas iguais de álcool e água serem aquecidas até a temperatura de 30°C, mesmo que para isso o álcool tenha sido aquecido durante apenas 2 min., enquanto que a água levou 4 min. para atingir esta mesma temperatura, ainda assim, 44% dos estudantes afirmavam que ambos tinham o mesmo calor. Evidenciando a forte concepção de temperatura como uma medida do calor (Duit, 1993).

Da mesma forma, quando se associa o calor ao clima: “Como está calor hoje”, “Não dá para agüentar o calor daquela sala”, “No verão faz um calor insuportável naquela cidade”, etc. são todas expressões que utilizamos no dia-a-dia e que tendem a associar calor com o clima atmosférico, com o “tempo”. Esta associação contribui para fortalecer a idéia de calor como uma propriedade de estado, pois se refere à temperatura do local (Hewson, 1984 e Burghi et al., 1985).

### 3. *Calor como substância*

Até o início do século XIX o fato de colocarmos em contato dois corpos a diferentes temperaturas e de que, após um certo tempo, eles atingiam uma mesma temperatura (equilíbrio térmico), era explicado em termos de uma substância fluida, invisível, de peso desprezível e que todos os corpos continham em seu interior; a esta substância foi dado o nome de “Calórico”. De acordo com este modelo quando dois corpos, a temperaturas diferentes, fossem colocados em contato haveria a passagem de calórico do corpo mais quente para o mais frio, acarretando uma diminuição da temperatura do primeiro e um aumento da temperatura do segundo. Assim, quando os corpos atingiam a mesma temperatura o fluxo de calórico era interrompido e eles permaneciam, a partir deste instante, em equilíbrio térmico.

Este modelo constitui a base não só da linguagem cotidiana: “... estou com Calor”, como também dos próprios termos científicos: Capacidade Térmica, Calor Específico, Calor absorvido e cedido, formas de propagação do calor, etc., são todos termos que têm sua origem nesta antiga teoria do calor e que hoje continuamos a utilizar por motivos históricos (Hourcade et al., 1985).

Apesar das experiências de Rumford no século XVIII<sup>43</sup>, a Teoria do Calórico permaneceu nos meios científicos até boa parte do século XIX e hoje parece ser a principal concepção alternativa sobre calor mantida pelos estudantes.

Relacionada, ainda, à Teoria do Calórico, estão concepções como as que dizem ser o calor algo material e definido, como um fluido: vapor, ar quente, etc., ou algo material, porém, indefinido, como algo oposto ao frio ou que "protege do frio", ou mesmo quando um corpo quente é entendido como "contendo" calor.

Esta oposição entre frio e calor é bastante comum nos estudantes mais jovens. Há concepções que entendem os objetos como possuindo uma mistura de calor e frio, sendo ambos tidos como substâncias, e a maior quantidade de um sobre o outro determinará se o corpo estará quente ou frio (Erickson, 1979).

Outras concepções associam às diferentes substâncias a característica de "absorver" mais o frio ou o calor. Os metais, por exemplo, são tidos como bons "absorvedores de frio", enquanto que a lã e a madeira - ou os isolantes em geral - são bons "absorvedores de calor" (Driver et al., 1985 e Lewis, 1994).

#### 4. *Calor como efeito*

É comum também associar o calor com efeitos térmicos:

a) associado a efeitos fisiológicos devidos a atividade e ao esforço físico, como o cansaço, a transpiração, etc. (Hewson et al., 1984 e Albert, 1978);

b) associado a fenômenos físicos: fusão, evaporação, dilatação, etc. (Burghi et al., 1985)

c) associado com processos mecânicos que aquecem os objetos: atrito, choques mecânicos, etc. (Shayer et al., 1981 e Albert, 1978);

d) associado às coisas que sobem: gás aquecido, leite ao ferver, o fogo, e outros fenômenos que envolvam movimento ascendente, etc.(Erickson, 1979).

## REFERÊNCIAS

ALBERT, E. Development of the concept of heat in children. **Science Education**, New York, v. 62, n. 3, p. 389-399, July/Sept. 1978.

---

<sup>43</sup>"Engenheiro militar que, em 1798, trabalhava na perfuração de canos de canhão. Ao observar o aquecimento das peças ao serem perfuradas, Rumford teve a idéia de atribuir este aquecimento ao trabalho que era realizado pelo atrito na perfuração. Em outras palavras, a energia empregada na realização daquele trabalho era transferida para as peças, provocando uma elevação em suas temperaturas." (Máximo e Alvarenga, 2000, vol.2).

BURGH, B. M.; SOUSSAN, G. Estudió de los conocimientos pré-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 3, n. 2, p. 83-90, jun. 1985.

CLOUGH, E. E.; DRIVER, R. Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. **Physics Education**, London, v. 20, n. 4, p. 176-182, July 1985.

ERICKSON, G. L. Children's conceptions of heat and temperature. **Science Education**, New York, v. 63, n. 2, p. 221-230, Apr. 1979.

HEWSON, M. G. A. B.; HAMLIN, D. The influence of intellectual environment on conception of heat. **European Journal of Science Education**, London, v. 6, n. 3, p. 245-262, July/Sept., 1984.

HOURCADE, J. L. G.; AVILA, C. R. de. Preconcepciones sobre el calor en 2º de B.U.P. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 3, n. 3, p. 188-193, nov. 1985.

KESIDOU, S.; DUIT, R. Students' conceptions of the second law of thermodynamics: an interpretative study. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 30, n. 1, p. 85-106, Jan. 1993.

LEWIS, E. L. Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: implications for curricular improvements. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 6, p. 657-677, Aug. 1994.

SHAYER, M.; WYLAN, H. The development of the concepts of heat and temperature in 10-13 year-olds. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 18, n. 5, p. 419-434, Sept. 1981.

## E.2 – TEXTO 2: QUANTIDADE DE MOVIMENTO E ENERGIA CINÉTICA\*

Desde as antigas concepções gregas sobre o Universo já existia a idéia de que havia algo primordial, comum a todas as coisas, que era indestrutível, e que deveria se conservar. São exemplos destas concepções: a teoria dos quatro elementos primordiais – terra, ar, água e fogo – de Empédocles ou a teoria dos atomistas de que toda a mudança e diversidade presentes no Universo poderiam ser explicadas pela combinação de elementos imutáveis e indivisíveis: os átomos.

Mais tarde, já no século XVI, os recentes avanços da ciência contribuíram para o fortalecimento de uma visão de mundo que pode ser denominada de Racionalista. Para o racionalismo, a visão herdada da Idade Média de que o Universo é resultado da ação direta e permanente de um Criador, passa a ser substituída pela concepção de que o Universo é regido por leis universais, que apesar de terem sido criadas por uma Inteligência Superior, poderiam ser expressas matematicamente pelos seres humanos.

Um dos mais importantes racionalistas foi o filósofo francês René Descartes (1596-1650) que em seu livro *Princípios de Filosofia* postula que: “Deus é a primeira causa do movimento, e que é Ele quem conserva uma mesma quantidade de movimento no universo”. A quantidade de movimento para Descartes era expressa matematicamente pela multiplicação da massa pela velocidade do corpo ( $m.v$ ). Descartes chegou a estabelecer um princípio de conservação desta quantidade de movimento para algumas colisões. Mas, sua concepção ainda estava incompleta, pois além de, naquela época, ainda não se ter um conceito de massa como o de hoje - pois se confundia ainda massa com peso e volume - trabalhava com a quantidade de movimento como sendo uma grandeza escalar (o que veremos mais adiante que é um equívoco, e que só foi superado anos mais tarde por Newton).

Outro grande racionalista foi o filósofo, matemático, político e historiador alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Ele também, como Descartes, tentava descobrir a melhor forma de expressar a medida do movimento dos corpos. Tanto Leibniz quanto Descartes acreditavam que todo corpo em movimento possuía uma força que lhe era “imaneante”, isto é, que lhe acompanhava e produzia o movimento até esgotar-se<sup>44</sup>. Assim,

---

\* Texto adaptado de Ponczek, R.L. (2000). A polêmica entre Leibniz e os cartesianos:  $mv$  ou  $mv^2$ ? *Cad. Cat. Ens.Fís.*, 17(3)336-347.

<sup>44</sup> Esta visão de uma força que acompanha os corpos e vai se desgastando vem desde Aristóteles e só foi superada quando Newton (1642-1727) conseguiu formular suas três leis do movimento situando a força como

quando Leibniz tenta expressar o movimento dos corpos o faz tentando associá-lo ao impacto produzido durante as colisões, pois se a todo movimento se associa uma força, o impacto é uma forma de medir esta força. Assim, para Leibniz havia uma identificação entre a força “imane” (presente no corpo) e o impacto que o mesmo produz numa colisão. Desta forma, através desta associação entre força e impacto, ele chega à conclusão de que a *vis viva* (a força viva, como era chamada esta força imane que acompanha e gera o movimento dos corpos) deve ser expressa matematicamente pela multiplicação da massa pelo quadrado da velocidade ( $m.v^2$ )<sup>45</sup>, sendo ela, e não a quantidade de movimento ( $m.v$ ) de Descartes, que deveria representar “a verdadeira medida do movimento e da força de um corpo”.

Como se sabe hoje a *vis viva* de Leibniz é o dobro da grandeza hoje conhecida como energia cinética ( $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ ). A energia cinética foi assim denominada por Lord Kelvin (1824-1907) no sentido de substituir a inadequada terminologia de *vis* (ou força) ainda associada com a visão aristotélica, que foi absorvida tanto por Descartes quanto por Leibniz, de que o movimento se deve a uma força que acompanha os corpos. E, da mesma forma, a quantidade de movimento também se mantém válida até hoje, só que acrescida de uma reformulação feita posteriormente por Newton, que demonstrou ser a quantidade de movimento, da mesma forma que a velocidade, não uma grandeza escalar, como entendia Descartes, mas uma grandeza vetorial ( $\mathbf{Q} = m.v$ ).

Portanto, estas duas grandezas Físicas são fruto de uma longa lista de pensadores que na tentativa de darem sentido ao Universo criaram teorias, conceitos, que podem hoje nos ajudar a compreender melhor não só os fenômenos associados ao movimento, mas à própria forma como se processa o pensamento científico. Dois princípios físicos muito importantes estão relacionados a estes dois conceitos: o princípio da conservação da quantidade de movimento e o princípio de conservação da energia.

Esta idéia de conservação, como já dissemos, é fruto de um entendimento de que na natureza existe algo que lhe é inerente, que lhe constitui e que não pode ser criado e nem destruído, algo que, portanto, se conserva. Seja isto devido à observação de uma série de padrões, de transformações, que além de observados puderam ser inclusive medidos; ou seja pela crença, intuição ou imaginação comuns ao homem, não há como negar que os princípios de conservação são fundamentais para o entendimento que temos atualmente dos

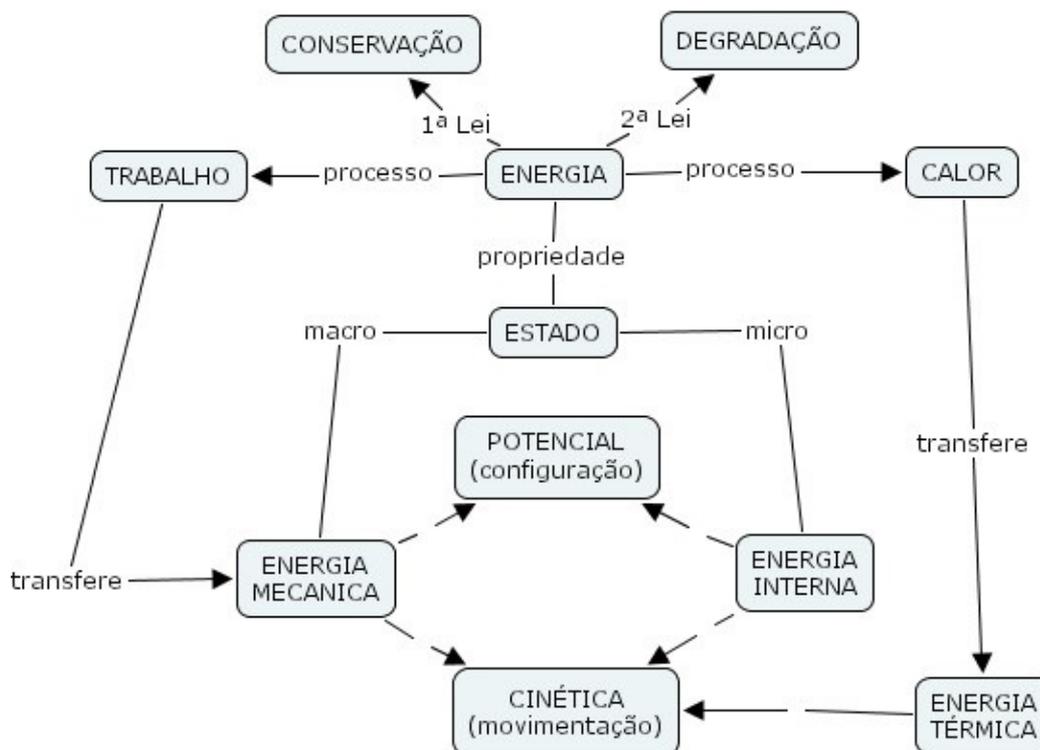
---

sendo externa aos corpos. Da mesma forma, só depois de Newton que os conceitos de volume, peso e massa foram completamente definidos.

<sup>45</sup> Antes mesmo de Leibniz, o matemático e físico holandês Christian Huygens (1629-1695) já defendia a idéia da conservação da *vis viva*, o que teve grande influência sobre Leibniz.

fenômenos físicos e da natureza como um todo. Será sobre estes princípios então, em especial o princípio de conservação da quantidade de movimento e o princípio de conservação da energia, que estaremos falando nas próximas aulas.

### E.3 – TEXTO 3: MAPA CONCEITUAL DE ENERGIA



#### SISTEMA E VIZINHANÇA

Sistema, em Física, designa uma porção de matéria, localizada em uma certa região do espaço, que separamos mentalmente do meio externo, ou vizinhança, a fim de que se possa estudá-lo. Um sistema, portanto, é definido arbitrariamente e associado a objetos materiais. No entanto, um sistema não engloba todas as características do(s) objeto(s) que representa, ele é um caso ideal, onde são consideradas apenas aquelas características que entendemos serem importantes para o estudo. Assim, quando estudamos sistemas de um ponto de vista térmico podemos desconsiderar influências elétricas, magnéticas e químicas; se entendermos que elas não são relevantes para o estudo.

#### ESTADO E PROCESSO

Um sistema pode ser definido a partir de propriedades que caracterizem seu estado (ou situação em que se encontra em determinado instante) . Algumas destas propriedades são a energia interna, a massa, a carga, a temperatura e a pressão.

Os sistemas também podem ter seu estado modificado, o que acarreta alterações em suas propriedades. Estas mudanças ocorrem através de processos que necessariamente envolvem transferência ou conversão de energia. Exemplos de processos são o trabalho, o calor e a combustão.

## PROCESSOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Processos físicos são aqueles nos quais se mantém a identidade das substâncias envolvidas. As partículas<sup>46</sup> da substância que sofre a mudança permanecem intactas de forma a ser possível retornar à situação inicial utilizando também processos físicos como a variação de temperatura. Exemplos são: a fusão, a evaporação e a dilatação.

Processos químicos, no entanto, modificam a identidade das substâncias envolvidas, dando lugar a substâncias diferentes. Assim, um processo químico recebe o nome de reação e implica sempre uma mudança na estrutura das partículas participantes.

### ENERGIA POTENCIAL ( $E_p$ )

É a forma de energia que depende da configuração presente no sistema. Em um campo gravitacional fala-se em energia potencial gravitacional ( $E_{pg}=m.g.h$ ). Em sistemas elásticos fala-se em energia potencial elástica ( $E_{pe} = \frac{1}{2}k.x^2$ ). Energia potencial do ponto de vista microscópico é associada às ligações entre as partículas.

### ENERGIA CINÉTICA ( $E_c$ )

É a forma de energia que depende da velocidade. Um corpo de massa “m” e velocidade “v” tem sua energia cinética dada pela relação  $E_c = \frac{1}{2}m.v^2$ . Em nível microscópico ela também pode ser entendida como a energia de agitação das partículas.

### TEMPERATURA (T)

Nos permite avaliar se o sistema está ou não em equilíbrio térmico (mesma temperatura) com outro sistema ou com a vizinhança. Em nível microscópico ela pode ser entendida como a energia cinética média das partículas do sistema. De forma que, quanto maior a agitação média das partículas de um sistema maior será sua temperatura.

### ENERGIA MECÂNICA ( $E_m$ )

É a energia vista de um ponto de vista macroscópico, onde são consideradas as interações do sistema com sua vizinhança. Assim, para um certo sistema temos que:  $E_m=E_p+E_c$ .

### ENERGIA INTERNA (U)

É a energia vista de um ponto de vista microscópico, onde são consideradas as interações internas do sistema. Assim, a energia interna, de forma semelhante à energia mecânica, é a soma da energia cinética (ou de agitação) e da energia potencial (ou de ligação) das partículas de um certo sistema. Para este caso microscópico, não é possível medirmos a  $E_c$  ou a  $E_p$  de todas as partículas, de forma que a energia interna é calculada a

---

<sup>46</sup> Partículas aqui refere-se tanto aos átomos quanto às moléculas.

partir da relação  $\Delta U = Q - W$  (que será vista no estudo da 1ª Lei da Termodinâmica).

#### TRABALHO (W) E POTÊNCIA (P)

Trabalho é a medida da transferência de energia necessária para deslocar um certo corpo de uma distância “d” mediante a aplicação de uma força  $F = \text{cte.}$  ( $W = F \cdot d \cdot \cos\theta$ ). E Potência é o trabalho realizado em um certo intervalo de tempo ( $P = W/\Delta t$ )

#### CALOR (Q)

É a energia transferida de um sistema para outro até que atinjam o equilíbrio térmico. Essa transferência sempre ocorre, naturalmente, do corpo de maior temperatura para o de menor. Ela se dá de três formas:

- condução, choques entre partículas;
- convecção, deslocamento de massas de fluido;
- radiação, emissão de ondas que fazem com que as partículas vibrem.

#### CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A energia pode ser convertida de uma forma em outra, ela pode ser transferida de um sistema para outro, mas não pode ser criada nem destruída; a energia total de um sistema isolado ou de todo o universo é constante.

#### DEGRADAÇÃO DA ENERGIA

Na conversão ou transferência da energia ela pode assumir um estado de “menor qualidade”, isto é, um estado com menores condições de produzir novas transformações. Isto ocorre quando, por exemplo, a energia mecânica de um corpo se degrada sob a forma térmica devido a forças dissipativas como o atrito com o ar ou com contato entre superfícies.

### REFERÊNCIAS

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2001. 3v.

REF. **Física**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1990. 3v.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LUZ, A. M. R. da; ALVARES, B. M. **Curso de física**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000. 3v.

RAMALHO JUNIOR, F. **Os fundamentos da física**. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 3v.

TORRES, C. M. A. et al. **Física: ciência e tecnologia**. São Paulo: Moderna, 2001.

#### E.4 – AVALIAÇÃO 1: (HFS) QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Instrução: as questões 01 e 02 referem-se ao enunciado abaixo.

Um par de carrinhos idênticos, cada um com massa igual a 0,2 kg, move-se sem atrito, da esquerda para a direita, sobre um trilho de ar reto, longo e horizontal. Os carrinhos, que estão desacoplados um do outro, têm a mesma velocidade de 0,8 m/s em relação ao trilho. Em dado instante, o carrinho traseiro colide com um obstáculo que foi interposto entre os dois. Em consequência dessa colisão, o carrinho traseiro passa a se mover da direita para a esquerda, mas ainda com velocidade de módulo igual a 0,8 m/s, enquanto o movimento do carrinho dianteiro prossegue inalterado.

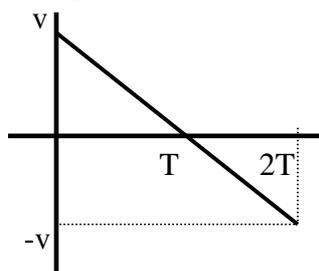
01. (UFRGS 2005 – 07) Em relação ao trilho, os valores, em kg.m/s, da quantidade de movimento linear do par de carrinhos antes e depois da colisão são, respectivamente,

- (A) 0,16 e zero.
- (B) 0,16 e 0,16.
- (C) 0,16 e 0,32.
- (D) 0,32 e zero.**
- (E) 0,32 e 0,48.

02. (UFRGS 2005 – 08) Qual é o valor do quociente da energia cinética final pela energia cinética inicial do par de carrinhos, em relação ao trilho?

- (A) 1/2.
- (B) 1.**
- (C) 2.
- (D) 4.
- (E) 8.

03. (UFRGS 2002 - 07) O gráfico de velocidade contra tempo mostrado abaixo representa o movimento executado por uma partícula de massa  $m$  sobre uma linha reta, durante um intervalo de tempo  $2T$ .



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas nas afirmações abaixo, referentes àquele movimento, na ordem em que elas aparecem.

I - Em módulo, a quantidade de movimento linear da partícula no instante  $T$  é igual a .....

II - Em módulo, a variação da quantidade de movimento da partícula ao longo do intervalo de tempo  $2T$  é igual a .....

- (A) zero – zero
- (B) zero –  $2Mv$**
- (C) zero –  $Mv$
- (D)  $mV$  – zero
- (E)  $mV$  –  $2mV$

04. (UFRGS 2000 – 09) Dois vagões de trem, de massas  $4 \cdot 10^4$  kg e  $3 \cdot 10^4$  kg, deslocam-se no mesmo sentido, sobre uma linha férrea retilínea. O vagão de menor massa está na frente, movendo-se com uma velocidade de 0,5 m/s. A velocidade do outro é 1 m/s. Em dado momento, se chocam e permanecem acoplados. Imediatamente após o choque, a quantidade de movimento do sistema formado pelos dois vagões é

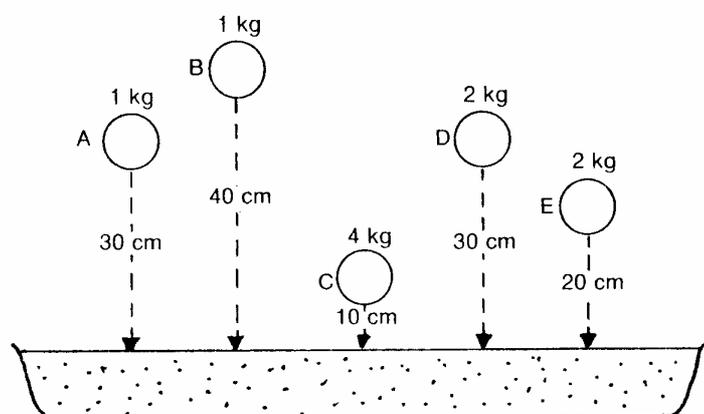
- (A)  $3,5 \cdot 10^4$  kg.m/s
- (B)  $5,0 \cdot 10^4$  kg.m/s
- (C)  **$5,5 \cdot 10^4$  kg.m/s**
- (D)  $7,0 \cdot 10^4$  kg.m/s
- (E)  $10,5 \cdot 10^4$  kg.m/s

05. (UFRGS 97 – 07) Um sistema formado por duas massas,  $m_1$  e  $m_2$ , com uma mola de massa desprezível comprimida entre elas, encontra-se inicialmente em repouso. Quando as massas são liberadas, elas se afastam uma da outra, impulsionadas pela mola, e atingem velocidades máximas cujos módulos são  $v_1$  e  $v_2$ , respectivamente. Supondo que não sejam exercidas forças externas sobre o sistema, o quociente  $m_1/m_2$  é dado por

- (A)  **$v_2/v_1$**
- (B)  $v_1/v_2$
- (C)  $(v_1/v_2)^{1/2}$
- (D)  $(v_2/v_1)^{1/2}$
- (E)  $(v_2/v_1)^2$

### E.5 – AVALIAÇÃO 2: (HFS) CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

1. Ao se deixar cair uma bola sobre solo ela bate e volta até uma altura menor do que a que foi solta, neste caso há conservação de energia? Justifique.
2. Para um corpo de 10kg situado a 10m do solo pode-se associar uma energia potencial gravitacional de 1000J. A que se deve a existência desta energia?
3. Cinco bolas de metal de igual tamanho mas de diferentes massas caem sobre uma caixa de areia úmida. As alturas da onde caem cada uma das bolas estão indicadas no desenho. Qual das bolas fará o buraco maior e qual fará o buraco menor? Justifica tuas respostas.

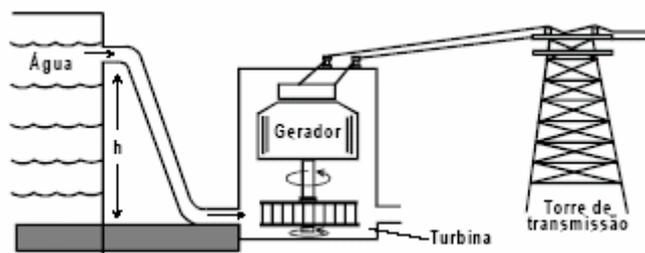


4. Qual das quatro transformações de energia abaixo é impossível que ocorra?
  - (A) Em uma lâmpada: 100J de energia elétrica se transformam em 40J de energia luminosa.
  - (B) Em uma arma: 200J de energia química da pólvora se transformam em 250J de energia cinética relativa ao movimento do projétil.
  - (C) Em uma termelétrica a carvão mineral: 280.000J de energia química do carvão se transformam em 70.000J de energia elétrica.
  - (D) Em um alto-falante: 3J de energia elétrica se transformam em 0,5J de energia sonora.
5. (UFRGS 2004 – 07) Um menino desce a rampa de acesso a um terraço dirigindo um carrinho de lomba. A massa do sistema menino-carrinho é igual a 80 kg. Utilizando o freio, o menino mantém, enquanto desce, a energia cinética do sistema constante e igual a 160 J. O desnível entre o início e o fim da rampa é de 8 m. Qual é o trabalho que as forças de atrito exercidas sobre o sistema realizam durante a descida da rampa? (Considere a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .)
  - (A) - 6.560 J.
  - (B) - 6.400 J.
  - (C) - 5.840 J.
  - (D) - 800 J.
  - (E) - 640 J.

6. (UFRGS 2002 - 08) Uma pessoa em repouso sobre um piso horizontal observa um cubo, de massa 0,20 kg, que desliza sobre o piso, em movimento retilíneo de translação. Inicialmente, o cubo desliza sem atrito, com velocidade constante de 2 m/s. Em seguida, o cubo encontra pela frente, e atravessa em linha reta, um trecho do piso, de 0,3 m, onde existe atrito. Logo após a travessia deste trecho, a velocidade de deslizamento do cubo é de 1 m/s. Para aquele observador, qual foi o trabalho realizado pela força de atrito sobre o cubo?
- (A)  $-0,1$  J  
(B)  $-0,2$  J.  
(C)  $-0,3$  J.  
(D)  $-0,4$  J.  
(E)  $-0,5$ J.
7. O princípio de conservação da energia mecânica é válido sempre, em qualquer situação? Justifique.
8. O que você entende que ocorre com a energia quando se diz que ela se degrada?
9. Sabe-se que a descoberta do Princípio de Conservação da Energia Mecânica foi realizada de forma relativamente simultânea por quatro grandes cientistas (Joule, Mayer, Colding e Helmholtz). Você acha que estes cientistas por terem chegado à mesma descoberta devem ter partido todos das mesmas observações? Comente.
10. Você acha que mudou alguma coisa no conceito de energia depois da sua descoberta até os dias de hoje? Comente.

## E.6- AVALIAÇÃO 3: (CTSA) FONTES DE ENERGIA

1. (ENEN98.11) Na figura abaixo está esquematizado um tipo de usina utilizada na geração de eletricidade.



Analisando o esquema, é possível identificar que se trata de uma usina:

- (A) hidrelétrica, porque a água corrente baixa a temperatura da turbina.
- (B) hidrelétrica, porque a usina faz uso da energia cinética da água.**
- (C) termoeétrica, porque no movimento das turbinas ocorre aquecimento.
- (D) eólica, porque a turbina é movida pelo movimento da água.
- (E) nuclear, porque a energia é obtida do núcleo das moléculas de água.

2. (ENEN98.13) No processo de obtenção de eletricidade, ocorrem várias transformações de energia. Considere duas delas:

- I. cinética em elétrica
- II. potencial gravitacional em cinética

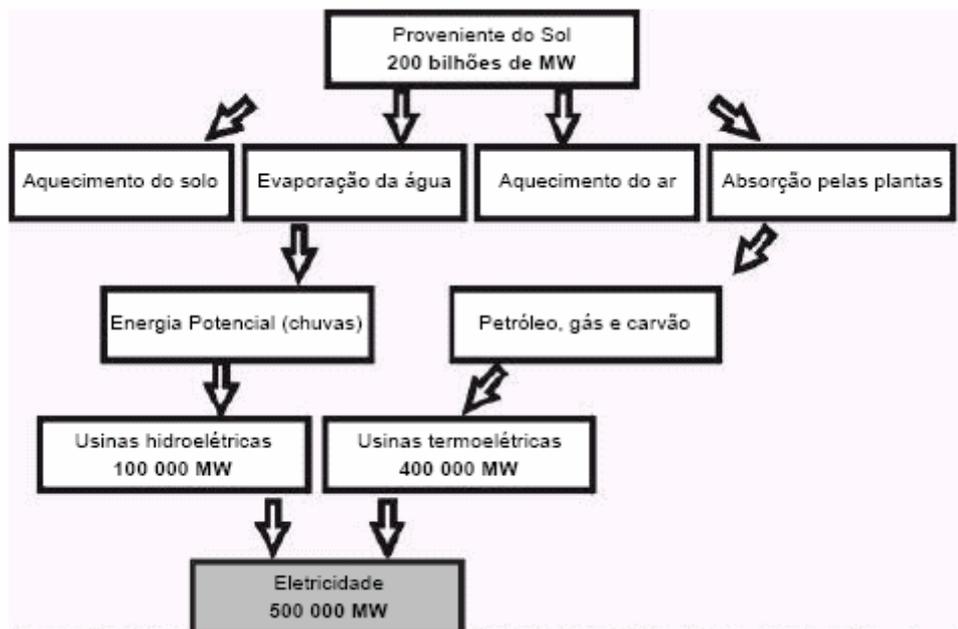
Analisando o esquema, é possível identificar que elas se encontram, respectivamente, entre:

- (A) I- a água no nível  $h$  e a turbina, II- o gerador e a torre de distribuição.
- (B) I- a água no nível  $h$  e a turbina, II- a turbina e o gerador.
- (C) I- a turbina e o gerador, II- a turbina e o gerador.
- (D) I- a turbina e o gerador, II- a água no nível  $h$  e a turbina.**
- (E) I- o gerador e a torre de distribuição, II- a água no nível  $h$  e a turbina.

3. (ENEM99.34) A construção de grandes projetos hidroelétricos também deve ser analisada do ponto de vista do regime das águas e de seu ciclo na região. Em relação ao ciclo da água, pode-se argumentar que a construção de grandes represas

- (A) não causa impactos na região, uma vez que a quantidade total de água da Terra permanece constante.
- (B) não causa impactos na região, uma vez que a água que alimenta a represa prossegue depois rio abaixo com a mesma vazão e velocidade.
- (C) aumenta a velocidade dos rios, acelerando o ciclo da água na região.
- (D) aumenta a evaporação na região da represa, acompanhada também por um aumento local da umidade relativa do ar.**
- (E) diminui a quantidade de água disponível para a realização do ciclo da água.

4. (ENEN99.35) O diagrama abaixo representa a energia solar que atinge a Terra e sua utilização na geração de eletricidade. A energia solar é responsável pela manutenção do ciclo da água, pela movimentação do ar, e pelo ciclo do carbono que ocorre através da fotossíntese dos vegetais, da decomposição e da respiração dos seres vivos, além da formação de combustíveis fósseis.



De acordo com este diagrama, uma das modalidades de produção de energia elétrica envolve combustíveis fósseis. A modalidade de produção, o combustível e a escala de tempo típica associada à formação desse combustível são, respectivamente,

- (A) hidroelétricas - chuvas - um dia
- (B) hidroelétricas - aquecimento do solo - um mês
- (C) termoeletricas - petróleo - 200 anos
- (D) termoeletricas - aquecimento do solo - 1 milhão de anos
- (E) termoeletricas - petróleo - 500 milhões de anos**

5. (ENEN1999.37) No diagrama estão representadas as duas modalidades mais comuns de usinas elétricas, as hidroelétricas e as termoeletricas. No Brasil, a construção de usinas hidroelétricas deve ser incentivada porque essas

- I. utilizam fontes renováveis, o que não ocorre com as termoeletricas que utilizam fontes que necessitam de bilhões de anos para serem reabastecidas.
- II. apresentam impacto ambiental nulo, pelo represamento das águas no curso normal dos rios.
- III. aumentam o índice pluviométrico da região de seca do Nordeste, pelo represamento de águas.

Das três afirmações acima, somente

- (A) I está correta.**
- (B) II está correta.
- (C) III está correta.
- (D) I e II estão corretas.
- (E) II e III estão corretas.

6. (ENEM2002.43) Em usinas hidrelétricas, a queda d'água move turbinas que acionam geradores. Em usinas eólicas, os geradores são acionados por hélices movidas pelo vento. Na conversão direta solar-elétrica são células fotovoltaicas que produzem tensão elétrica. Além de todos produzirem eletricidade, esses processos têm em comum o fato de

- (A) não provocarem impacto ambiental.
- (B) independerm de condições climáticas.
- (C) a energia gerada poder ser armazenada.

**(D) utilizarem fontes de energia renováveis.**

(E) dependerem das reservas de combustíveis fósseis.

7. (ENEN99.41) Muitas usinas hidroelétricas estão situadas em barragens. As características de algumas das grandes represas e usinas brasileiras estão apresentadas no quadro abaixo.

Usina	Área alagada (km <sup>2</sup> )	Potência (MW)	Sistema Hidrográfico
Tucuruí	2 430	4 240	Rio Tocantins
Sobradinho	4 214	1 050	Rio São Francisco
Itaipu	1 350	12 800	Rio Paraná
Ilha Solteira	1 077	3 230	Rio Paraná
Furnas	1 450	1 312	Rio Grande

A razão entre a área da região alagada por uma represa e a potência produzida pela usina nela instalada é uma das formas de estimar a relação entre o dano e o benefício trazidos por um projeto hidroelétrico. A partir dos dados apresentados no quadro, o projeto que mais onerou o ambiente em termos de área alagada por potência foi

(A) Tucuruí.

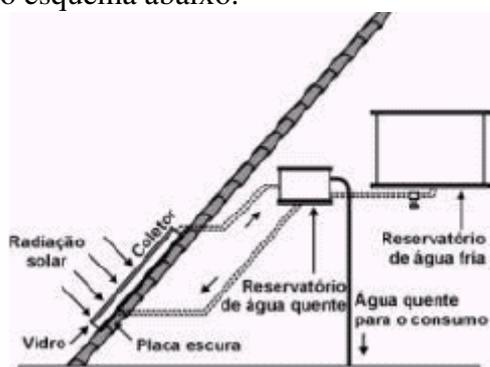
(B) Furnas.

(C) Itaipu.

(D) Ilha Solteira.

**(E) Sobradinho.**

8. (ENEM2000.07) O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo.



Fonte: Adaptado de PALZ, Wolfgang. *Energia solar e fontes alternativas*. Hemus, 1981.

São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:

**I** o reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.

**II** a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.

**III** a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s):

(A) I.

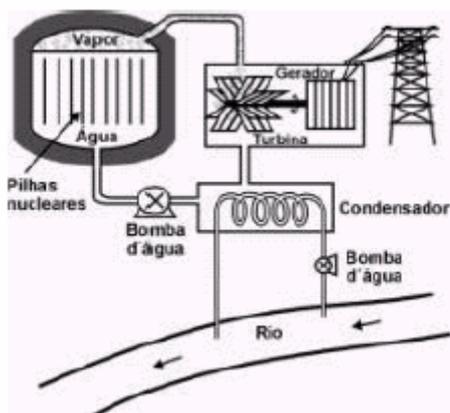
(B) I e II.

(C) II.

(D) I e III.

**(E) II e III.**

9. (ENEM2000.12) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.



A partir do esquema são feitas as seguintes afirmações:

**I** a energia liberada na reação é usada para ferver a água que, como vapor a alta pressão, aciona a turbina.

**II** a turbina, que adquire uma energia cinética de rotação, é acoplada mecanicamente ao gerador para produção de energia elétrica.

**III** a água depois de passar pela turbina é pré-aquecida no condensador e bombeada de volta ao reator.

Dentre as afirmações acima, somente está(ão) correta(s):

- (A) I.
- (B) II.
- (C) III.
- (D) I e II.**
- (E) II e III.

10. (ENEM2000.51) Para compreender o processo de exploração e o consumo dos recursos petrolíferos, é fundamental conhecer a gênese e o processo de formação do petróleo descritos no texto abaixo.

*“O petróleo é um combustível fóssil, originado provavelmente de restos de vida aquática acumulados no fundo dos oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram esses restos em massas viscosas de coloração negra denominadas jazidas de Petróleo.”*

(Adaptado de TUNDISI. *Usos de energia*. São Paulo: Atual Editora, 1991)

As informações do texto permitem afirmar que:

- (A) o petróleo é um recurso energético renovável a curto prazo, em razão de sua constante formação geológica.
- (B) a exploração de petróleo é realizada apenas em áreas marinhas.
- (C) a extração e o aproveitamento do petróleo são atividades não poluentes dada sua origem natural.
- (D) o petróleo é um recurso energético distribuído homogeneamente, em todas as regiões, independentemente da sua origem.
- (E) o petróleo é um recurso não renovável a curto prazo, explorado em áreas continentais de origem marinha ou em áreas submarinas.**

## APÊNDICE F: MATERIAIS DE APOIO À PESQUISA

Fazem parte deste anexo os principais materiais escritos utilizados como apoio à pesquisa.

### F.1 – QUESTIONÁRIO I: CURRÍCULO E LEGISLAÇÃO

1. Quais são as principais restrições que influenciam o seu planejamento curricular?
2. Quais seriam os fatores que você entende serem de maior relevância para o bom desenvolvimento de sua prática escolar?
3. Você teve recentemente (últimos 5 anos) alguma oportunidade de formação-atualização que tenha contribuído para a melhoria de seu planejamento e desenvolvimento curricular? Se afirmativo, que tipo de oportunidade?
4. Você teve acesso ao texto dos PCN? E ao dos PCN+?
5. De que maneira você percebe a influência dos atuais Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) na sua atuação profissional? Já participou de alguma atividade de formação ou debate sobre nossa atual legislação educacional? Você pode descrever alguma atividade promovida pela sua escola que buscasse um melhor entendimento desta proposta de reforma curricular?
6. Você adota algum livro didático em seu trabalho de sala de aula? Você usa como fonte de pesquisa algum livro didático em especial? Que tipo de material didático você costuma utilizar em aula? Você teve acesso a materiais didáticos alternativos compatíveis com os pressupostos gerais dos PCN? Você tem acesso aos materiais paradidáticos elaborados pelas editoras?
7. Você se sente motivada para empreender a implementação das propostas de reforma educacional presentes nos documentos do MEC? Você já visitou a página do MEC na internet?
8. Você acha que tem uma compreensão adequada dos temas centrais das Diretrizes Curriculares e dos PCNs? (competências e habilidades, interdisciplinaridade, contextualização...)

**F.2 – QUESTIONÁRIO II: ENERGIA E INTERDISCIPLINARIDADE**

1. O termo energia faz parte da estrutura conceitual de sua disciplina? Qual a relevância que você dá ao conceito no contexto de sua disciplina? E no contexto da sociedade em geral, qual a relevância que você vê?
2. Você acha que a abordagem que tradicionalmente se faz em sua disciplina do conceito de energia é algo relevante para o contexto de vida dos estudantes? Eles demonstram alguma motivação especial para este aprendizado?
3. O que você entende por atividade interdisciplinar? Poderia comentar algum momento de seu trabalho que possa servir de exemplo de uma experiência interdisciplinar?
4. Considerando uma visão geral de currículo, em que momentos, ao longo dos três anos do ensino médio, você acha que poderíamos realizar uma abordagem temática da energia? Na sua escola a estratégia adotada é parecida com esta? Comente.
5. Como você realizou as avaliações relativas ao conceito de energia na última vez que deu aulas sobre o assunto?

### F.3 – ENQUETE I: CONCEPÇÕES SOBRE O CONCEITO DE CURRÍCULO

Tab.F1 - Enquete realizada com 7 professores do IEDP, sendo os resultados expressos em percentuais.

CONCEPÇÃO	CF	C	SO	D	DF
1.currículo é uma sucessão de experiências escolares adequadas a produzir, de forma satisfatória, a contínua reconstrução da experiência	00	72	00	28	00
2.currículo abrange todas as experiências do educando sob a orientação do professor	00	56	00	44	00
3.currículo é uma série estruturada de objetivos para a aprendizagem que se pretende alcançar	00	44	14	28	14
4.currículo é um documento escrito que circunscreve o âmbito e a estruturação do programa educativo projetado para uma escola	00	44	28	28	00
5.currículo é, em essência, um plano de aprendizagem	14	44	14	28	00
6.currículo é o projeto que preside as atividades educativas da escola, precisa suas intenções e proporciona guias de ação adequadas e úteis para os professores que têm a responsabilidade direta de sua execução	14	86	00	00	00
7.o currículo traz a marca da cultura na qual foi produzido, por tal razão é que se pode entender que no currículo estão contidos mais que os conteúdos que constituem as disciplinas, pois o currículo também abriga as concepções de vida social e as relações sociais que animam aquela cultura	14	72	14	00	00
Observações:					

1. Kilpatrick (1918)

2. Caswell e Campbell (1935)

3. Johnson (1967)

4. Beuchamp (1968)

5. Taba (1974)

6. Coll (1996)

7.Pedra (2002)

CF (Concordo Fortemente)

C (Concordo)

SO (Sem Opinião)

D (Discordo)

DF (Discordo Fortemente)

#### F.4 – ENQUETE II: DIFICULDADES APONTADAS PELOS PROFESSORES

Este levantamento foi realizado com um grupo de 10 professores do IEDP e 20 professores do IER, e foi tabelado em termos de percentuais para fins de comparação.

##### DIFICULDADES COM A INSTITUIÇÃO E COM COLEGAS

	GRANDE		MEDIA		PEQUENA	
	IEDP	IER	IEDP	IER	IEDP	IER
• Falta de professores	00	80	00	15	100	05
• Pouca motivação profissional dos professores	00	25	80	45	20	30
• Desarticulação entre os professores	40	30	40	25	10	45
• Falta de apoio aos professores por parte da escola	20	20	00	30	80	50
• Falta de cursos de capacitação e atualização	40	45	60	40	00	15
• Carga horária reduzida das disciplinas	20	15	00	40	80	45
• Infra-estrutura precária da escola	00	60	60	20	40	20
• Falta de recursos e materiais didáticos	20	75	20	15	60	10
• Não participação da família na escola	20	50	60	10	20	40

##### DIFICULDADES COM O PLANEJAMENTO CURRICULAR

	GRANDE		MEDIA		PEQUENA	
	IEDP	IER	IEDP	IER	IEDP	IER
• Seleção e transposição didática de conteúdos	00	20	40	45	60	35
• Preparação para o vestibular	00	20	80	65	20	15
• Implementação de práticas interdisciplinares	60	50	40	25	00	25
• Contextualização do conteúdo	00	15	60	50	40	35
• Adoção de inovações curriculares	00	30	80	45	20	25
• Trabalho com Projetos	00	20	80	60	20	20
• Uso de livro-texto	00	30	00	30	100	40
• Uso do laboratório	00	40	40	35	60	25
• Uso de novas tecnologias	00	20	20	40	80	40
• Embasamento em teorias de aprendizagem	20	30	60	30	20	40
• Avaliação da aprendizagem	40	40	20	35	40	25

##### DIFICULDADES COM OS ESTUDANTES E COM O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

	GRANDE		MEDIA		PEQUENA	
	IEDP	IER	IEDP	IER	IEDP	IER
• Deficiências cognitivas	00	20	60	45	40	35
• Atitude desfavorável	20	35	20	25	60	40
• Falta de perspectiva e interesse	00	30	60	40	40	30
• Baixo nível socioeconômico e cultural	00	25	20	40	80	35
• Indisciplina	20	35	40	30	20	35
• Didática de sala de aula	00	15	40	45	60	40
• Relacionamento afetivo	40	20	00	30	60	50
• Motivação dos estudantes	20	45	80	35	00	20

## F.5 - ENERGIA NO VESTIBULAR DA UFRGS E NAS PROVAS DO ENEM (1998-2004)

### VESTIBULAR DA UFRGS

#### PROVA VESTIBULAR 1998 (35 QUESTÕES)

- 98.8 – Questão sobre unidades de energia. Trabalho elétrico medido em watt-hora.
- 98.9 – Questão envolvendo gráfico de energia cinética versus tempo. Velocidade constante equivale a energia cinética constante.
- 98.13 – Questão de calorimetria envolvendo cálculo do calor específico.
- 98.15 – Questão de termodinâmica envolvendo um diagrama P-V. Envolve cálculo do trabalho e análises de transferência de energia e variação da energia interna; necessário fazer uso da equação de estado de um gás ideal.
- 98.16 – Questão de termodinâmica envolvendo balanço energético através da 1ª Lei da Termodinâmica.
- 98.17 – Questão de termodinâmica envolvendo uso da equação de estado de um gás ideal.
- 98.20 – Campo elétrico e cálculo do trabalho realizado sobre carga elétrica.
- 98.21 – Cálculo da resistência elétrica a partir da potência.
- 98.22 – Cálculo da potência dissipada em circuitos elétricos.

#### PROVA VESTIBULAR 1999 (30 QUESTÕES)

- 99.06 – Questão envolvendo o teorema trabalho-energia cinética.
- 99.10 – Cálculo do trabalho em diagramas P-V.
- 99.12 – Diagrama V-T e uso da equação de estado de um gás ideal.
- 99.13 – Questão sobre características das transformações termodinâmicas.
- 99.14 – Questão envolvendo a segunda lei da termodinâmica e o rendimento de máquinas térmicas.
- 99.15 – Questão sobre campo elétrico e potencial elétrico.
- 99.17 – Cálculo da força elétrica e da energia potencial elétrica para um átomo de hidrogênio.
- 99.19 – Cálculo envolvendo potência elétrica.
- 99.29 – Questão que aborda a relação entre a frequência e a energia de fótons.

## PROVA VESTIBULAR 2000 (30 QUESTÕES)

- 00.01 – Análise adimensional envolvendo o conceito de potência.
- 00.08 - Cálculo da energia cinética.
- 00.11 – Questão envolvendo as formas de calor: condução, convecção e radiação.
- 00.12 – Questão de calorimetria envolvendo cálculo de transferência de energia.
- 00.13 – Questão envolvendo do diagrama P-T e cálculos com a equação de estado de um gás ideal.
- 00.15 – Questão envolvendo cálculo de rendimento de máquinas térmicas.
- 00.28 – Questão sobre a quantização da energia.
- 00.30 – Questão sobre o Sol e a fusão nuclear.

## PROVA VESTIBULAR 2001 (30 QUESTÕES)

- 01.08 – Cálculo envolvendo o teorema trabalho-energia cinética.
- 01.09 – Energia cinética e potencial elástica num sistema massa-mola.
- 01.11 – Questão de calorimetria envolvendo uso das equações do calor sensível e do calor latente.
- 01.12 – Questão de termodinâmica envolvendo uso da primeira lei.
- 01.13 – Questão de calorimetria envolvendo calor específico e mudanças de estado.
- 01.14 – Questão envolvendo a segunda lei da termodinâmica.
- 01.15 – Questão de diagrama P-V envolvendo equação de estado de um gás ideal.
- 01.17 – Cálculo envolvendo potência elétrica.
- 01.18 – Questão sobre circuito elétrico envolvendo o brilho das lâmpadas (potência).
- 01.20 – Questão com temática de CTSA sobre transformações de energia magnética em elétrica em dispositivos de gravação e leituras magnéticas.
- 01.30 – Questão envolvendo o efeito fotoelétrico.

## PROVA VESTIBULAR 2002 (30 QUESTÕES)

- 02.08 – Cálculo do trabalho realizado pela força de atrito (dissipação de energia).
- 02.09 – Conceito energia cinética e potencial.
- 02.12 – Calorimetria.
- 02.13 – Transformações termodinâmicas.
- 02.19 – Intensidade luminosa em circuitos elétricos (potência elétrica).

02.23 – Intensidade sonora.

02.29 – Níveis de energia.

02.30 – Níveis de energia e ondas eletromagnéticas.

#### PROVA VESTIBULAR 2003 (35 QUESTÕES)

03.07 – Energia cinética e conservação da energia.

03.13 – Cálculo de Transformações termodinâmicas e lei dos gases.

03.28 – Energia do fóton.

03.29 – Efeito fotoelétrico.

03.30 – Níveis de energia.

#### PROVA VESTIBULAR 2004 (35 QUESTÕES)

04.07 – Cálculo de dissipação da energia mecânica

04.11 – Trocas de calor (HFS)

04.12 – Cálculos de Calorimetria

04.13 – Cálculo Termodinâmico, Lei Geral dos Gases

04.14 – Conceito de radiação (HFS)

04.28 – Energia do fóton

04.29 – Níveis de energia.

#### PROVA VESTIBULAR 2005 (35 QUESTÕES)

05.12 – Cálculos calorimetria

05.13 – Efeito Joule (CTSA)

05.14 – Transformações termodinâmicas e Lei Geral dos Gases.

05.16 – Trabalho elétrico e potência.

### **PROVAS DO ENEM**

#### PROVA ENEM 1998 (63 QUESTÕES)

98.06 – Transformações de energia no ciclo da água.

98.11 – Questão sobre esquema de hidrelétrica.

98.12 – Cálculo envolvendo transformação de energia potencial gravitacional em elétrica em uma usina hidrelétrica.

- 98.13 – Processos de conversão e geração de energia elétrica.
- 98.22 – Cálculos financeiros sobre uma conta de energia elétrica.
- 98.23 - Cálculos financeiros sobre uma conta de energia elétrica.
- 98.24 – Interpretação gráfica da relação custo e consumo de uma conta de água.
- 98.28 – Análise da conservação da energia nas engrenagens de uma bicicleta.
- 98.48 – Análise da transformação de energia elétrica em térmica em um chuveiro.
- 98.49 – Poluição causada pelo uso das fontes de energia.

#### PROVA ENEM 1999 (63 QUESTÕES)

- 99.12 – Cálculo do consumo de energia elétrica comparado com a energia utilizada para produção de alumínio.
- 99.33 – Questão sobre calor e mudanças de estado.
- 99.34 – Questão sobre hidrelétricas e o ciclo da água.
- 99.35 – Questão sobre o fluxo da energia na sociedade, aproveitamento do sol para geração de energia elétrica.
- 99.36 - Questão sobre o fluxo da energia na sociedade, combustíveis fósseis e energia elétrica.
- 99.37 – Questões sobre hidroeletricidade.
- 99.38 – Questão de interpretação de texto abordando acidentes em hidrelétricas.
- 99.41 – Questão sobre custo/benefício em hidrelétricas, comparando área alagada com potência fornecida.
- 99.45 – Questão sobre transformação e conservação da energia.
- 99.51 – Questão sobre energia elétrica e potência.

#### PROVA ENEM 2000 (63 QUESTÕES)

- 00.03 - Formas de calor, condução.
- 00.04 – Bioenergética, fermentação do pão: liberação de energia e alteração na densidade da massa.
- 00.07 – Questões sobre transformação de energia solar em térmica.
- 00.11 – Fontes de energia, usinas nucleares e conseqüências ambientais.
- 00.12 – Fontes de energia, usinas nucleares, transformações de energia e esquema de funcionamento.

- 00.14 – Fluxo de energia na sociedade. Análise das transformações sofridas pelos combustíveis para movimentar um automóvel.
- 00.15 – Consumo de energia e indicadores sociais.
- 00.23 – Hidrelétricas e ciclo da água.
- 00.30 – Transferência de energia, sensação térmica e condutibilidade.
- 00.34 – Poluição ambiental versus consumo de energia.
- 00.51 – Questão sobre combustíveis fósseis: origens do petróleo.
- 00.58 – Questão de análise de proporcionalidade usando a temática do consumo de energia versus distribuição de renda.

#### PROVA ENEM 2001 (63 QUESTÕES)

- 01.07 – Fontes de energia e poluição ambiental, queima do carvão.
- 01.13 – Consumo de energia elétrica pelo setor residencial brasileiro.
- 01.16 – Consumo de energia elétrica e potência de aparelhos domésticos.
- 01.17 – Consumo de energia elétrica e uso do chuveiro.
- 01.21 – Fontes de energia e combustíveis: adição de água no álcool combustível.
- 01.22 – Ciclo do enxofre, reações químicas e fluxo de energia na biosfera.
- 01.35 – Poluição do ambiente, radioatividade e gases tóxicos.
- 01.36 – Questão sobre consumo de energia elétrica em nível residencial.
- 01.37 – Consumo de energia e energia nuclear.
- 01.43 – Questão relacionada com o consumo de água pela indústria e para a produção de energia.
- 01.47 – Questão sobre unidades de potencial energético gerado a partir de fontes alternativas.
- 01.49 – Transferências de energia e isolamento térmico.
- 01.50 – Transferências de energia e perdas por baixo isolamento térmico.

#### PROVA ENEM 2002 (63 QUESTÕES)

- 02.05 – Poluição ambiental e ciclo do carbono.
- 02.06 – Fontes de energia e poluição ambiental, comparação das emissões de CO pela gasolina e pelo álcool.
- 02.18 – Energia radiante e riscos da radiação ultravioleta.

- 02.26 – Fontes de energia comparação da eficiência do uso direto do gás natural ou seu uso indireto através da energia elétrica gerada por termelétricas a gás.
- 02.29 – Fontes de energia: comparação entre geração de energia elétrica em hidrelétricas e em termelétricas.
- 02.33 – Fontes de energia e energia da biomassa para abastecimento de termelétricas.
- 02.34 – Fluxos de matéria e energia na biosfera e convecção na beira mar.
- 02.35 – Fontes de energia e economia de energia elétrica.
- 02.43 – Fontes de energia renováveis.
- 02.47 – Fontes de energia e eficiência na transformação de fontes primárias em energia elétrica.
- 02.48 – Poluição ambiental e ciclo do carbono.
- 02.62 – Fontes de energia e fim da era do petróleo.

#### PROVA ENEM 2003 (63 QUESTÕES)

- 03.31 – Hidrelétricas e o ciclo da água.
- 03.32 – Racionamento energético e a reutilização das águas.
- 03.33 – Eficiência em sistemas de reutilização das águas.
- 03.34 – Fontes de energia e poluição ambiental: energia nuclear e aquecimento das águas.
- 03.37 – Fontes de energia e eficiência dos diversos combustíveis utilizados para o aquecimento de fogões domésticos.
- 03.40 – Fontes de energia e uso de biodiesel no transporte rodoviário.
- 03.41 – Fontes de energia e dispositivos de transformação de energia em veículos (máquinas térmicas).
- 03.42 – Fontes de energia e eficiência no uso do GNV (gás natural veicular) e a gasolina, questão sobre a densidade.
- 03.44 – Fontes de energia e desenvolvimento urbano sustentável.
- 03.45 – Fontes de energia, distinção entre fontes renováveis e não renováveis.
- 03.56 – Fontes de energia e estratégias energéticas do Brasil no comércio do petróleo.

#### PROVA ENEM 2004 (63 QUESTÕES)

- 04.19 – Ciclo da água e processos de mudanças de estado.
- 04.21 – Fontes de energia e termelétricas: prós e contras.

- 04.22 – Fontes de energia e sistemas de cogeração da indústria sucro-alcooleira.
- 04.23 – Fontes de energia e uso da energia nuclear.
- 04.24 – Racionamento de energia elétrica.
- 04.25 – Fontes de energia e vantagens do gás natural sobre o petróleo.
- 04.26 – Fontes de energia e combustíveis renováveis.
- 04.27 – Fluxo de energia na sociedade e eficiência no transporte.
- 04.28 – Cálculo avaliando o rendimento do álcool com a gasolina em carros domésticos.
- 04.55 – Fluxo de energia na sociedade em diferentes contextos históricos.

**F.6 - TABELA DE AVALIAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS**

	<b>Os Fundamentos da Física (3 vol.) Ed. Moderna Ramalho(2003)</b>	<b>Física (3 vol.) Ed. Ática Gaspar (2001)</b>	<b>Curso de Física (3 vol.) Ed. Scipione Máximo e Alvarenga (2000)</b>	<b>Física (3 vol.) Edusp GREF (1990)</b>	<b>Física. Ed. Cortez Delizoicov e Angotti (1992).</b>	<b>Física: Ciência e Tecnologia Ed. Moderna Torres (2001)</b>	<b>Física Conceitual Ed. Bookman Hewitt (2002)</b>
1. INTRODUZ O CONCEITO DE ENERGIA A PARTIR DO CONCEITO DE TRABALHO?	SIM, com destaque para a energia cinética.	SIM, destaca o trabalho como uma medida da energia.	SIM, como a capacidade de realizar trabalho	NÃO, apresenta a partir de exemplos de transformações	NÃO, apresenta a partir de processos de transformação	SIM, usa uma definição descritiva equivalente <sup>47</sup>	SIM, como a capacidade de realizar trabalho
2. DESTACA QUAL O INTERESSE E A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DA ENERGIA TANTO PARA A CIÊNCIA QUANTO PARA O CIDADÃO COMUM?	NÃO, aborda de forma apenas conceitual	EM PARTE, pois destaca apenas a presença das diversas formas de energia na sociedade	EM PARTE, pois destaca apenas a forma como a energia está presente nos meios de comunicação	SIM, pois além de considerar a relevância dos princípios de conservação para a ciência apresenta o conceito de energia a partir de fatos do cotidiano.	SIM, pois apresenta a energia a partir de fenômenos cotidianos relevantes para a sociedade como um todo	SIM, contextualiza historicamente e dá exemplos do cotidiano	NÃO, aborda de forma apenas conceitual
3. DESTACA AS RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)?	NÃO, faz o foco apenas nos aspectos conceituais	EM PARTE, pois limita-se a alguns textos isolados	EM PARTE, pois limita-se a alguns textos isolados	EM PARTE, pois não destaca os aspectos sociais e ambientais	EM PARTE, pois não destaca aspectos ambientais	SIM, dá grande destaque a estas relações	NÃO, faz o foco apenas nos aspectos conceituais

<sup>47</sup> “...é a capacidade de realizar uma mudança em si mesmo ou em sua vizinhança.” (Torres et. Al, 2001, p.126)

	<b>Os Fundamentos da Física (3 vol.) Ed. Moderna Ramalho(2003)</b>	<b>Física (3 vol.) Ed. Ática Gaspar (2001)</b>	<b>Curso de Física (3 vol.) Ed. Scipione Máximo e Alvarenga (2000)</b>	<b>Física (3 vol.) Edusp GREF (1990)</b>	<b>Física. Ed. Cortez Delizoicov e Angotti (1992).</b>	<b>Física: Ciência e Tecnologia Ed. Moderna Torres (2001)</b>	<b>Física Conceitual Ed. Bookman Hewitt (2002)</b>
4. FAZ USO DAS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA?	EM PARTE, pois faz uso de alguns textos, contudo muito desconexos.	SIM, com comentários espalhados pelo texto	EM PARTE, principalmente através de pequenas biografias	NÃO	SIM, traz estas contribuições sobre a forma de informações ao professor.	EM PARTE, geralmente introduz os capítulos com textos históricos	NÃO
5. LEVA EM CONTA AS CONTRIBUIÇÕES DA EPISTEMOLOGIA NA MENSAGEM QUE PASSA SOBRE CIÊNCIA?	NÃO, estimula visão empirista-indutivista	SIM	EM PARTE	EM PARTE	EM PARTE	EM PARTE	SIM
6. DESTACA A ORIGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DO PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA?	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
7. DÁ DESTAQUE AO CARÁTER UNIFICADOR DO CONCEITO DE ENERGIA DENTRO DO ENSINO DE CIÊNCIAS?	EM PARTE	EM PARTE	EM PARTE	SIM, através da discussão de diversos tipos de energia	SIM, estrutura todo o texto em torno deste caráter unificador	EM PARTE	EM PARTE
8. ABORDA O CARÁTER INTERDISCIPLINAR DA ENERGIA DENTRO E FORA DA ÁREA DE CIÊNCIAS?	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO



**APÊNDICE G: ORGANIZADORES PRÉVIOS ELABORADOS POR ESTUDANTES**  
**(disponível em CD)**

Este CD contém, além dos organizadores prévios elaborados por estudantes do 2º ano do IEDP e apresentados sob a forma de páginas para a Internet, também o texto completo da dissertação em formatos “doc” e “pdf” e uma apresentação de slides sobre moto contínuo, elaborada também por estudantes destas mesmas turmas de 2º ano.